

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки (специальность) 12.03.01 – Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Инклинометрический модуль забойной телесистемы

УДК 622.243.272.8:531.746

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Брантов Артем Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков Анатолий Николаевич	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	К.Т.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков Анатолий Николаевич	К.Т.Н., доцент		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОПК-1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10); ОК-3,9; ПК-2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11.12, 13, 14, 15, 16,17, 18), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-7; ПК-8,9,10, 11, 12, 13-18) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-9, ОПК-3; ППК-14, 15, 16). Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК-3,ОК-6, ОПК-2, 3,4, 5, 6, 7,8,9, ПК-1,2,9,14). Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6 ОПК-2, 3,4,5,6; ПК-1,2,3,4). Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-6,8,14,17), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-17), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-2, 4, 8, 9,10; ОПК-9) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки (специальность) 12.03.01 – Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Брантову Артёму Александровичу

Тема работы:

Инклинометрический модуль забойной телесистемы

Утверждена приказом директора (дата, номер)

17.04.2018 №2647/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

15.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к

работе (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.).

МЭМС - акселерометры фирмы Colybris, TS1002T и гироскопы ВГ91А, со следующими характеристиками: зенитный угол от 0-180°, азимутальный угол 0-360°, угол установки отклонителя 0-360°, погрешностью зенитного угла ±0, рабочий диапазон температур: от -30 до + 130 °С;

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Аналитический обзор литературных источников, патентов, журналов, статей, сайтов производителей. Цель работы – разработать конструкцию инклинометрического модуля на основе акселерометров и гироскопов, произвести обзор и выбор чувствительных элементов для инклинометра. Дополнительные разделы: финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Чертёж общего вида инклинометрического модуля Рабочий чертёж корпуса блока чувствительных элементов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Спицын Владислав Владимирович
«Социальная ответственность»	Анищенко Юлия Владимировна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:	
Все	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.02.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гормаков А.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Брантов А.А.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Брантову Артему Александровичу

Инженерная школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Научно-техническое исследование проводится в 4 корпус, ИШНКБ, ТПУ, отделение электронной инженерии. В работе над проектом задействованы 2 человека: научный руководитель и студент-дипломник</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»; Минимальный размер оплаты труда в 2018 году составляет 9750 рублей.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Потенциальные потребители результатов исследования; - Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, и организация закупок</i>	- Структура работ в рамках научного исследования; - Определение трудоемкости выполнения работ; - Разработка графика проведения научного исследования; - Бюджет научно-технического исследования (НИИ).
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Оценка научно-технического уровня следования, - Оценка рисков

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и смета затрат
2. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	к.т.н. Доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Брантов Артем Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Б4В	Брантову Артему Александровичу

Инженерная школа	ИШНКБ	Отделение	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является модуль инклинометрической забойной телесистемы.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта исследования: 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследования: 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	1.1. Вредные факторы при разработке и эксплуатации: – Повышенный уровень электромагнитных излучений; – Отклонение параметров микроклимата; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Повышенный уровень шума и вибраций 1.2. Опасные факторы при разработке и эксплуатации: – Электрический ток
2. Экологическая безопасность: Анализ воздействия модуля на окружающую среду	— физическое нарушение почвенно-растительного покрова, фунтов, природных ландшафтов на буровых площадках и по трассам линейных сооружений (дорог, трубопроводов);
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможны чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства;

	4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя;
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимровна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б4В	Брантов Артем Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 80 с., 19 рис., 19 табл., 20 источников, 3 прил.

Ключевые слова: забойный инклинометр, инклинометрический модуль, направленное бурение, гироскоп, акселерометр, азимутальный угол, зенитный угол.

Объектом исследования является (ются) инклинометрический модуль забойной телесистемы.

Цель работы – на основе гироскопов и МЭМС-акселерометров разработать инклинометрический модуль забойной телесистемы с параметрами, соответствующими требованиям технического задания

В процессе исследования проводились расчет и вывод уравнений для определения местоположения скважинного прибора на основе выбранных чувствительных элементов

В результате исследования разработан модуль инклинометрический забойного инклинометра на базе МЭМС - акселерометров фирмы Colybris, TS1002T и гироскопов ВГ091А, со следующими характеристиками: зенитный угол от 0-180°, азимутальный угол 0-360°, угол установки отклонителя 0-360°, погрешностью зенитного угла, не более $\pm 0,15^\circ$; диаметр охранного кожуха 45 мм; рабочий диапазон температур: от -30 до + 130 °С;

Степень внедрения: стадия разработки эскизного проекта.

Область применения: направленное бурение газовых и нефтяных скважин.

Экономическая эффективность/значимость работы: повышение надежности и снижение стоимости модуля инклинометрического.

В будущем планируется создание экспериментального образца модуля инклинометрического.

Оглавление	
Введение.....	12
1 Глоссарий.....	13
2 Принцип построения системы инклинометрической буровой системы.....	16
2.1 Инклинометрия скважин.....	16
2.2 Инклинометрия во время бурения.....	17
2.3 Магнитное поле Земли.....	19
2.4 Существующие сложности.....	20
3 Обзор существующих инклинометров забойных телесистем.....	22
3.1 Магнитометрические системы.....	22
3.2 Гироскопические ЗТС.....	25
4 Проектирование модуля инклинометрического забойной телесистемы.....	26
4.1 Структурная схема.....	26
4.2 Обзор чувствительных элементов для МИ.....	27
4.2.1 Акселерометры.....	27
4.2.2 Гироскопы.....	28
4.2.3 Выбор акселерометра.....	32
4.2.4 Выбор гироскопов.....	34
5 Алгоритм вычисления зенитного ν , азимутального α и апсидального углов по данным ЧЭ.....	35
5.1 Представление кинематических уравнений через измеряемые углы.....	40
6 Оценка погрешностей определения угла β	40
7 Конструкторская проработка модуля инклинометрического.....	43
8 Охранный кожух.....	44
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	45
10 Социальная ответственность.....	63

Заключение	76
Список публикаций студента.....	77
Список литературы	78
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	

Введение

Инклинометрия – это способ определения положения ствола скважины в пространстве, с помощью которого можно установить правильность бурения.

В настоящее время, направленное бурение постепенно становится наиболее распространенным видом бурения, как на суше, так и на море при бурении скважин со стационарных морских платформ. Тем не менее, существуют определенные требования к точности бурения забоя скважин в заданную точку, а также к соблюдению проектного профиля скважины.

Забойные телесистемы позволяют проводить измерения, не прерывая процесс бурения. При создании инклинометрических приборов и систем основными задачами являются: повышение точности измерительной аппаратуры, сокращение временных затрат при проведении инклинометрических работ, а также оперативность получения инклинометрической информации. Поэтому, на данный момент, разработка новых приборов и информационно-измерительных систем в этой области является актуальной проблемой.

В первую очередь целью направленного бурения является достижение проектной точки забоем скважины. Во-вторых, чтобы был подготовлен ствол скважины такого профиля и качества, которые смогли бы обеспечить нормальную дальнейшую эксплуатацию скважины. Следовательно, существуют и требования, как к профилю ствола скважины, так и к допустимому отклонению забоя от проектной точки. Поэтому для соблюдения данных требований используются приборы, которые предоставляют информацию о положении ствола скважины в пространстве – инклинометры.

Для измерения угла наклона используется трёхосный акселерометр, измеряющий проекции ускорения свободного падения g на три взаимно перпендикулярные оси пространства. Для измерения азимута обычно используется трёхосный магнитометр, который, аналогично акселерометру,

измеряет проекции напряженности магнитного поля земли на три взаимно перпендикулярные оси пространства. Однако, напряженность и направление силовых линий магнитного поля Земли не могут быть определены с высокой степенью достоверности для конкретных месторождений. Это обуславливает повышенную погрешность в измерении, расчете и формировании инклинометрической (навигационной) информации. Таких недостатков лишены гироскопы. Поэтому, в последнее время все больше внимания уделяется разработке забойных телесистем на основе гироскопов. Согласно этим данным, после соответствующих вычислений, получают значение азимута и угла наклона в любой точке ствола скважины и его пространственную траекторию.

1 Глоссарий

Азимутальный угол (азимут плоскости наклонения касательной к оси скважины) – угол в горизонтальной плоскости, отсчитываемый от опорного направления (на магнитный Север, истинный Север или Север координатной сетки) до горизонтальной проекции касательной к оси скважины в данной точке, по часовой стрелке, если смотреть сверху. Азимут плоскости наклонения может принимать значения от 0 до 360°.

Акселерометр – прибор, измеряющий кажущееся ускорение (разность между абсолютным линейным ускорением движения корпуса акселерометра вдоль его оси чувствительности и проекции на эту ось гравитационного ускорения).

Апсидальный угол (угол поворота, угол установки отклонителя) – третий (кроме азимута плоскости наклонения и зенитного угла) угол, характеризующий угловое пространственное положение скважинного прибора. Это угол в поперечной плоскости скважинного прибора, характеризующий положение скважинного прибора относительно апсидальной плоскости. Отсчитывается от прямой, перпендикулярной продольной оси скважинного прибора и при этом лежащей в вертикальной

плоскости наклона прибора (апсидальной плоскости), к выбранной определенным образом в приборе и привязанной к нему поперечной прямой. Апсидальный угол может принимать значения в диапазоне от 0 до 360°. При значении угла, равного нулю или 180° (скважинный прибор занимает строго вертикальное положение) понятие «апсидальный угол» теряет смысл, поскольку исчезает понятие «плоскость наклона» или «апсидальная плоскость».

Апсидальная плоскость – вертикальная плоскость, содержащая в себе продольную ось скважинного прибора; другими словами, это плоскость наклона скважинного прибора. При значении угла, равном 0 или 180° (скважинный прибор занимает строго вертикальное положение) понятия «апсидальная плоскость», «плоскость наклона» теряют свой смысл.

Вектор магнитной индукции – вектор, являющийся силовой характеристикой магнитного поля (его действия на движущиеся заряженные частицы) в данной точке пространства.

Забойный инклинометр – скважинный инклинометр, предназначенный для определения ориентации забойных устройств с целью осуществления управления наклонно-направленным, в том числе горизонтальным бурением, а также определения траектории скважины.

Забой скважины – самая нижняя часть ствола скважины, находящейся в бурении или эксплуатации.

Зенитный угол – угол в вертикальной плоскости между вертикалью места и касательной к оси скважины (продольной оси скважинного прибора). Сторонами угла являются: отрезок вертикали, направленной вниз, и отрезок касательной к оси скважины от конца, обращенного к устью скважины к концу, обращенному в сторону забоя. При зенитном угле, равном 0° скважина на данном отрезке вертикальна, при угле, равном 90° – горизонтальна. Зенитный угол может принимать значения от 0 до 180°.

Инклинометрические работы – работы, которые позволяют определить и уточнить пространственное положение ствола скважин как в необсаженном стволе, так и в колонне.

Инклинометр – прибор, предназначенный для измерения угла наклона различных объектов относительно вертикали места. В горном деле инклинометры определяют, кроме величины отклонения от вертикали (зенитного угла) ещё и направление этого отклонения (азимут плоскости отклонения). В некоторых случаях инклинометры определяют и третий угол (апсидальный), характеризующий положение скважинного прибора по отношению к апсидальной плоскости.

Магнитное наклонение – угол между вектором магнитной индукции в данной точке околоземного пространства и плоскостью горизонта. Магнитное наклонение может принимать значения в диапазоне от -90° до $+90^\circ$. На южном и северном магнитных полюсах Земли углы магнитного наклонения равны соответственно -90° и $+90^\circ$.

Магнитометр – прибор для измерения напряжённости магнитного поля (в основном постоянного или медленно меняющегося).

Магнитное склонение – угол в горизонтальной плоскости между направлением плоскости истинного меридиана и горизонтальной проекцией вектора напряженности магнитного поля Земли в данной точке. Отсчитывается от направления на истинный (географический) Север к направлению на магнитный Север по часовой стрелке, если смотреть сверху. Поэтому магнитное склонение считается положительным, если направление на магнитный Север отклонено на Восток (восточное склонение), и отрицательным, если на Запад (западное склонение).

Угол установки отклонителя – угол между апсидальной плоскостью и плоскостью действия отклонителя. Если принять, что главная полуплоскость скважинного прибора инклинометра совпадает с плоскостью действия отклонителя и, соответственно, ось ОУ лежит в плоскости действия отклонителя, апсидальный угол (угол поворота) тождественно равен углу

установки отклонителя. Угол установки отклонителя может принимать значения в диапазоне от 0 до 360°.

При вертикальном скважинном приборе понятия «апсидальный угол» не существует. В этом случае положение плоскости действия отклонителя определяют по отношению к вертикальной опорной плоскости (магнитного или истинного меридиана).

2 Принцип построения системы инклинометрической буровой системы

2.1 Инклинометрия скважин

Инклинометрия может быть определена как метод, используемый для определения положения скважины [1]. Инклинометрия дает возможность определить текущее положение забоя скважины, показать графически траекторию скважины до текущего момента (рисунок 1), составлять план направления скважины, обеспечивать ориентационные данные с целью спуска прочих скважинных приборов.

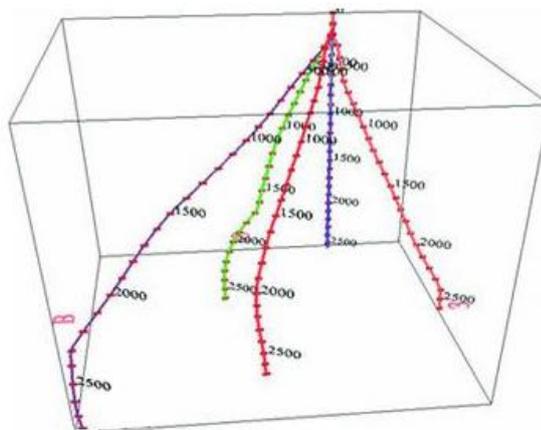


Рисунок 1 – Траектории скважин

Целями инклинометрии скважин являются:

Определение точного местоположения забоя скважины. Выполнение контроля траектории скважины во время бурения, для того, чтобы быть уверенным в достижении поставленной цели.

Правильная ориентация приборов (таких как компоновки направленного бурения), которые обеспечивают изменение траектории бурения скважины в заданном направлении при выполнении коррекции.

Предотвращение пересечения пробуриваемой скважины с ранее имеющимися скважинами.

Расчёт глубины по вертикали залегания различных формаций с целью точного построения геологических карт.

Оповещение бурильщика, ведущего направленное бурение, о возможных трудностях во время бурения скважины (резкое искривление ствола скважины).

Соблюдение предписания органов, осуществляющих контроль.

При выбросах и возгорании рабочих скважин инклинометрия скважины помогает определить возможность бурения отводной скважины до пересечения с забоем скважины, из которой произошел выброс, для закачивания воды или раствора в скважину, и управления ею.

С возникновением направленного бурения, инклинометрия начала выполнять более значимую роль, чем это было при бурении вертикальных скважин. Посредством измерения зенитного угла и азимута ствола скважины на различных глубинах, исследование позволяет достигнуть направления бурения скважины в необходимую точку.

Исследование может осуществляться как в процессе бурения, так и после его завершения.

2.2 Инклинометрия во время бурения

Одноточечные (разовые) замеры возможно производить в процессе бурения для определения зенитного угла и азимутального направления ствола скважины. В процессе направленного бурения благодаря разовым замерам возможно направлять инструмент, применяемый с целью изменения направления бурения. Это выполняется посредством временной остановки бурения, спуском исследовательских приборов до забоя скважины и

проведением исследования. Кроме того, исследование может также быть проведено во время наращивания бурового инструмента (добавления свечи) с помощью системы

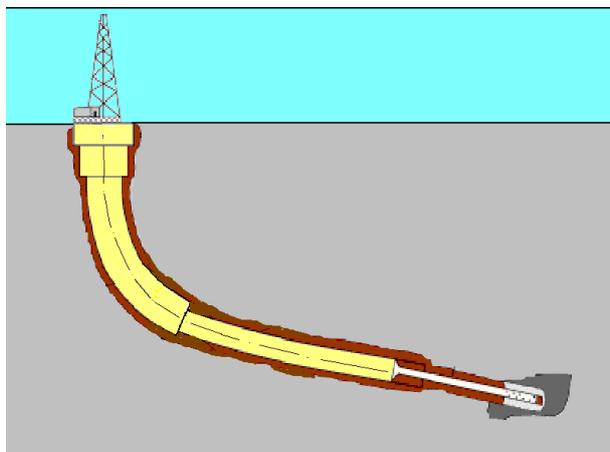


Рисунок 2 – Бурение наклонно – направленной скважины измерений во время бурения (MWD), входящей в состав забойной компоновки. В зависимости от типа применяемого прибора, инклинометрическая информация может регистрироваться и храниться на пленке или в памяти компьютера в условиях скважины или передаваться на поверхность. На поверхности полученная информация обрабатывается и используется для подготовки фактической диаграммы данных замеров. Исследование в процессе бурения дает возможность бурильщику определить текущее положение ствола скважины и изменить зенитный угол и азимут, если это необходимо.

Принцип действия системы инклинометрической буровой основан на измерении в скважине в трех направлениях значений проекции вектора силы тяжести на ось чувствительности акселерометров A_x , A_y , A_z , ортогонально установленных на шасси ПС и измерении в трех направлениях проекции вектора угловой скорости вращения Земли на ось чувствительности гироскопов G_x , G_y , G_z , ортогонально установленных на шасси ПС [2]. В результате математической обработки шести измеренных промежуточных параметров вычисляются следующие параметры: зенитный угол, азимут, положение отклонителя.

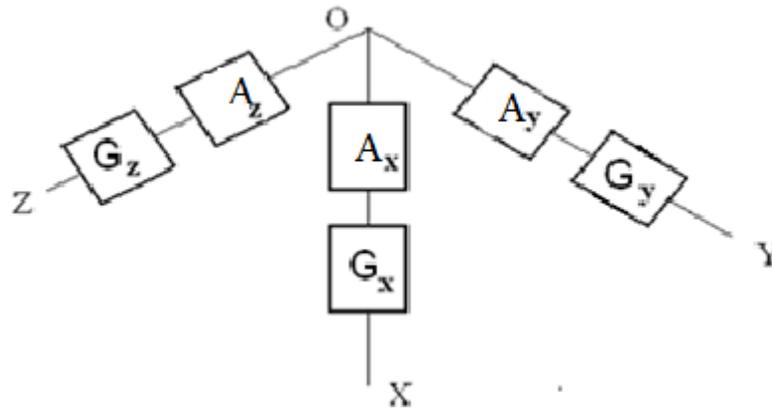


Рисунок 3 – Схема расположения акселерометров A_x , A_y , A_z , и гироскопов G_x , G_y , G_z по осям OXYZ связанной системы координат скважинного прибора

2.3 Магнитное поле Земли

Магнитное поле Земли – это область вокруг нашей планеты, в которой действуют магнитные силы. Вопрос о происхождении магнитного поля настоящего времени окончательно не решен. Однако большая часть ученых считает, что наличие магнитного поля Земли хотя бы частично обязана своему ядру. Земное ядро состоит из твердой внутренней и жидкой наружной частей. Вращение Земли формирует в жидком ядре постоянные течения. Если вспомнить уроки физики, движение электрических зарядов приводит к возникновению вокруг них магнитного поля.

Одна из самых распространенных теорий, объясняющих природу поля, - теория динамо-эффекта - предполагает, что конвективные или турбулентные движения проводящей жидкости в ядре способствуют самовозбуждению и поддержанию поля в стационарном состоянии.

Землю можно рассмотреть как магнитный диполь. Южный полюс магнитного диполя находится на географическом Северном полюсе, а северный, соответственно, на Южном.

На самом деле, географический и магнитный полюса Земли не совпадают не только по «направлению». Ось магнитного поля наклонена по отношению к оси вращения Земли на 11,6 градуса [1]. Из-за того, что разница не очень существенная, мы можем пользоваться компасом. Его стрелка точно указывает на южный магнитный полюс Земли и почти точно на Северный географический.



Рисунок 4 – Схема магнитного поля Земли



Рисунок 5 – Зависимость магнитного наклонения от широты

2.4 Существующие сложности

При эксплуатации магнитометрических датчиков необходимо помнить, что магнитное склонение зависит от места измерения и медленно

меняется во времени. К примеру, для Москвы магнитное склонение в 2004 году было около $+ 9,3^\circ$, то есть истинный полюс находится западнее направления, указываемого компасом, на $9,3^\circ$. В начале 1980-х годов магнитное склонение в Москве составляло 8° , а в 2009-м достигло 10° [1]. Магнитное склонение для любой другой точки Земли можно определить несколькими методами. На сайте Канадского геологического центра исследования геомагнетизма есть калькулятор для определения магнитного склонения по географическим координатам. Другой калькулятор поддерживается Английским геологическим центром при Совете по исследованию природной среды. Приблизительно оценить магнитное склонение во всевозможных точках планеты возможно по картам, формируемым на сайте Национального центра геофизических данных (США) [2]. Пример такой карты на 2010 год показан на рисунке 6.

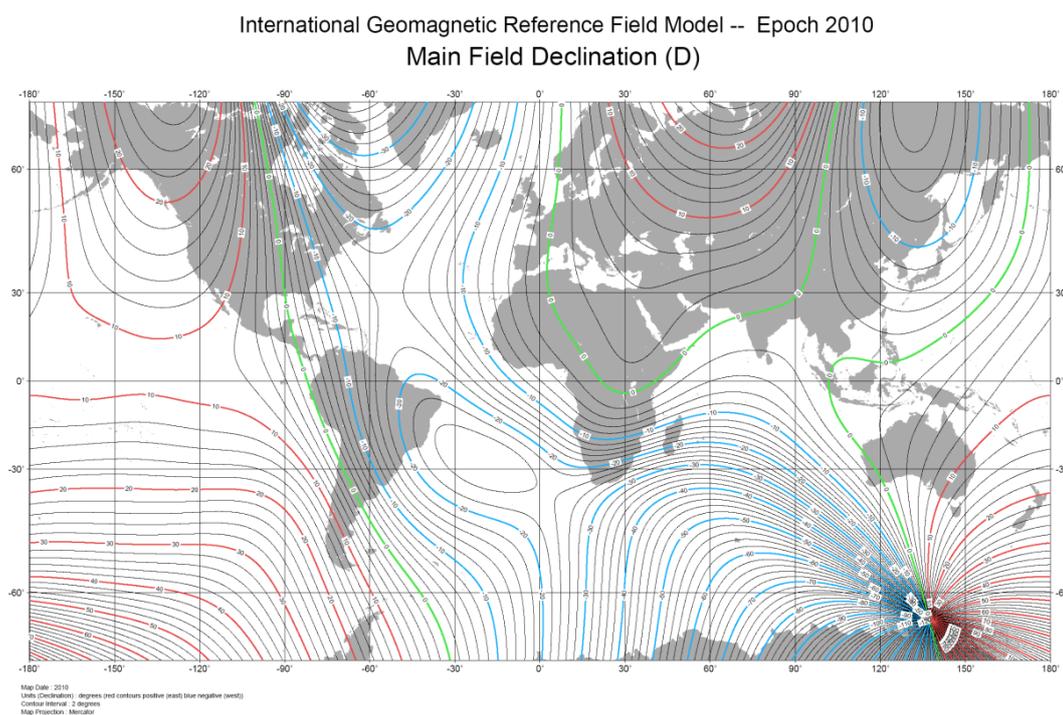


Рисунок 6 – Карта с магнитными силовыми линиями

В условиях высоких широт существует ряд проблем измерений. Угол магнитного наклонения, на большей части территории России превышает 70° градусов, а в наиболее богатых по углеводородному сырью регионах

превышает 78 и даже 80 градусов. Это значит, что горизонтальная составляющая магнитного поля Земли в данных регионах минимальна. Вследствие этого, любые естественные изменения магнитного поля Земли (магнитные бури и аномалии) и создаваемые искусственно сооружениями (наземными и подземными коммуникациями, бурильной и обсадной колоннами, изменениями состояния разреза) оказывают значительное воздействие на показания датчика угла магнитного наклона и создают дополнительную погрешность в показаниях телесистемы, снижение которой является актуальной задачей.

Именно поэтому, в последнее время, огромное внимание уделяется гироскопическим забойным инклинометрам. Гироскопы не подвержены влиянию магнитного поля Земли и имеют точность большую, чем магнитометрические датчики.

3 Обзор существующих инклинометров забойных телесистем

3.1 Магнитометрические системы

Инклинометрические приборы предназначены для измерения зенитного и азимутального угла, а также угла установки отклонителя в скважине в процессе её бурения и построения по полученным данным плана и профиля скважины. Наибольшее распространение получили инклинометры на каротажном кабеле, когда измерение азимутального и зенитного углов проводится после бурения определенного участка скважины. Эти приборы делятся на две основные группы:

- приборы точечной записи
- приборы непрерывной записи

Обзор инклинометров (магнитометрических) приведен в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Сравнение показателей магнитометрических систем

Показатели	ЗИС-4М (СИБНА-Тюмень)	ЗИС (ГЕОФИТ-Томск)	МАК-01 (СИБНА-Тюмень)	СТТ	NL <u>Sun</u>	<u>Sperry</u>	<u>Goodata</u> MWD (Halliburton)	<u>Anadrill</u> (Schlumberger)
Диаметр прибора, мм	170	170	114	108-170	170		100 (170,203)	165 (178,203)
Длина прибора, м	6	6	8	5.5-9	2.7 (7.3)		5.3	9.1 (12.2)
Максимальная рабочая температура, град.	100	110	100	100	125		150	150
Расчетное давление, МПа	60	60	60	100	105		140	140
Диапазон глубин, м	5000	3000	до 5000	5000	5000		3000	3000
Источник питания	автономный турбогенератор	автономный турбогенератор	автономный турбогенератор	наземный по кабелю	литиевые батареи		литиевые батареи	автономный турбогенератор
Диапазон измерения: Зенитный угол, град	0-90	0-120	0-180	0-100	0-90		0-90	0-90
Азимут, град	0-360	0-360	0-360	0-360	0-360		0-360	0-360
Угол установки <u>отклонителя</u> , град	0-360	0-360	0-360	0-360	0-360		0-360	0-360

Частота вращения долота, об/мин	10-1500	10-1500	10-1500		10-1500	10-1500	10-1500
Погрешность: Зенитный угол, мин	+/- 40 мин	+/- 6 мин	+/- 15мин	+/- 1град	+/- 6 мин	+/- 36 мин	+/- 30 мин
Азимут, град	+/- 4	+/- 3	+/- 15мин	+/- 6	+/- 1	+/- 1.5	+/- 0.9
Угол установки <u>отклонителя</u> , град	+/- 4	+/- 3	+/- 15мин	+/- 6	+/- 6 мин	+/- 1	+/- 0.6
Частота вращения долота, об/мин	+/- 10	+/- 10	+/- 10	+/- 6	+/- 1.5	+/- 2.5	+/- 2.5
Наземное оборудование	IBM PC	IBM PC	IBM PC	IBM PC	IBM PC	IBM PC	IBM PC
Канал связи	Беспроводный электромагнитный	Беспроводный электромагнитный	Беспроводный электромагнитный	кабель	Акустический	<u>Гидро-</u> акустический	Гидравлический
Количество измеряемых параметров	5	5	6	3	6	12 (включая каротаж)	7

3.2 Гироскопические ЗТС

Внедрение гироскопических чувствительных элементов (ГЧЭ) в забойные телесистемы позволит получать навигационную информацию с более высокой точностью по сравнению с магнитометрическими ЗТС, так как гироскопы не подвержены влиянию изменяющегося магнитного поля Земли.

На сегодняшний день инклинометры на основе гироскопов в основном работают в каротажном режиме. Существует небольшое количество рабочих забойных телесистем на основе гироскопов. Обзор данных телесистем приведен ниже в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение показателей инклинометров забойных систем (гироскопических)

Название	GyroLogic™, Швеция	GyroTracer Directional™ 42mm Швеция	GyroTracer Directional™ НТ Швеция	ИГМ- 36С Россия	УГИ 42.03 Россия
Диаметр прибора, мм	36	42	48	36	42
Длина прибора, мм	1100	2050	2050	2500	1700
Максимальная рабочая температура, град	85	100	150	80	125
Расчетное давление, МПа	70	70	70	-	-
Чувствительный элемент	Опто- волокон ный гироско п	Динамически настраиваемый гироскоп (ДНГ)	Динамически настраиваемый гироскоп (ДНГ)	ДНГ	ДНГ и ММГ
Погрешность измерения наклона	+/-0,05°	-	-	-	-
Погрешность измерения угла	+/-0,1°	±1,0°	±1,0°	-	-

установки отклонителя					
Диапазон измерения азимута, град	-	0-360°	0-360°	0-360°	0-360°
Диапазон измерения угла установки отклонителя	-	0-360°	0-360°	-	-
Диапазон измерения зенитного угла, град.	-	0-180°	0-180°	0-60°	0-180°
Погрешность измерения зенитного угла	-	± 0,05°	± 0,05°	± 0,2°	± 0,15°
Погрешность измерения азимута	< 0,2%	± (1,2°-1,8°)	± (1,2°-1,8°)	± 2°	± 1,5°

4 Проектирование модуля инклинометрического забойной телесистемы

4.1 Структурная схема

На рисунке 8 изображена схема скважинного прибора для общего случая компоновки прибора, в различных приборах схема может несколько отличаться от рассмотренной в данном разделе.

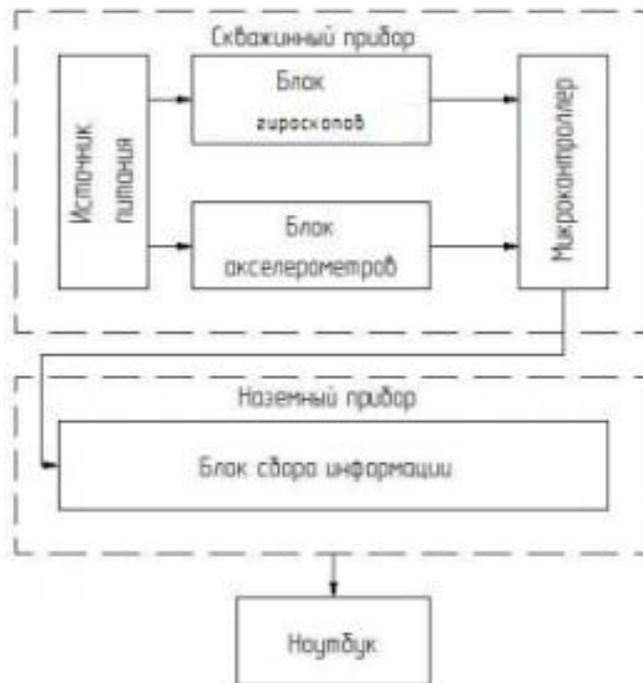


Рисунок 7 – Структурная схема

4.2 Обзор чувствительных элементов для МИ

Для определения углов ориентации скважинного прибора в системах инклинометрических буровых будет использоваться комплекс из трех акселерометров и трех гироскопов, оси, чувствительности которых совмещены с осями, связанной с прибором системы координат OXYZ.

4.2.1 Акселерометры

Для определения угла наклона с использованием вектора силы тяжести может быть использован MEMS – акселерометр.

MEMS – акселерометр представляют собой трехосевой акселерометр, который состоит из чувствительного элемента и интерфейсного элемента, передающего по последовательным интерфейсам I²C/SPI измеренное ускорение.

Для создания поверхностного микромеханического акселерометра используется запатентованный тех. процесс. Технология позволяет выполнять подвешенные кремниевые структуры, которые соединены с подложкой всего в нескольких точках, называемых якорями. Эти структуры способны свободно перемещаться в направлении распознаваемого ускорения. Для того чтобы обеспечить совместимость с традиционными техниками корпусирования микросхем, специальная крышка, предотвращающая блокирование подвижных частей после фазы отливки пластикового корпуса, помещена над чувствительным элементом.

Когда прикладывается ускорение к сенсору, контрольная масса сдвигается со своей начальной позиции и приводит к разбалансировке емкостного полумоста. Эта разбалансировка измеряется интегрированием заряда, вызванного импульсом напряжения, поданным на чувствительный конденсатор [4].

Так как сила гравитации является постоянной величиной, дополнительные силы, действующие на нее, искажают выходной сигнал и приводят к некорректному вычислению. При обработке выходного сигнала акселерометра, можно снизить ошибки на выходе, но это приведет к задержке при определении актуального значения угла.

4.2.2 Гироскопы

В качестве чувствительных элементов для забойных телесистем, были рассмотрены различные типы гироскопов.

Динамически настраиваемые гироскопы (ДНГ)

Уже более 30 лет большую популярность на рынке гироскопии имеют ДНГ. Данные гироскопы обладают малыми габаритами и массой, однако имеют низкие ударо-прочностные характеристики. Именно по этой причине применение данных гироскопов в забойных телесистемах является

нецелесообразным. ДНГ находят широкое применение в каротажных инклинометрах.

Микроэлектромеханические гироскопы (МЭМС)

МЭМС гироскопы обладают хорошим диапазоном рабочих температур, высокой устойчивостью к вибрациям и ударам. Однако гироскопы данного типа обладают невысокой чувствительностью измерения угловых скоростей. Также МЭМС гироскопы обладают невысокой точностью по сравнению с другими гироскопическими чувствительными элементами. В настоящее время, данные гироскопы затруднительно применять в забойных телесистемах.

Твердотельные волновые гироскопы (ТВГ)

Твердотельный волновой гироскоп включает в себя: цилиндрический резонатор, смонтированный в корпусе, и расположенные на нижней пластине восемь пьезоэлементов, закрепленных с помощью клея. При этом, нижняя пластина выполнена сплошной и соединена с резонатором через буртик. Технический результат - повышение точности при несущественном изменении частоты резонатора.

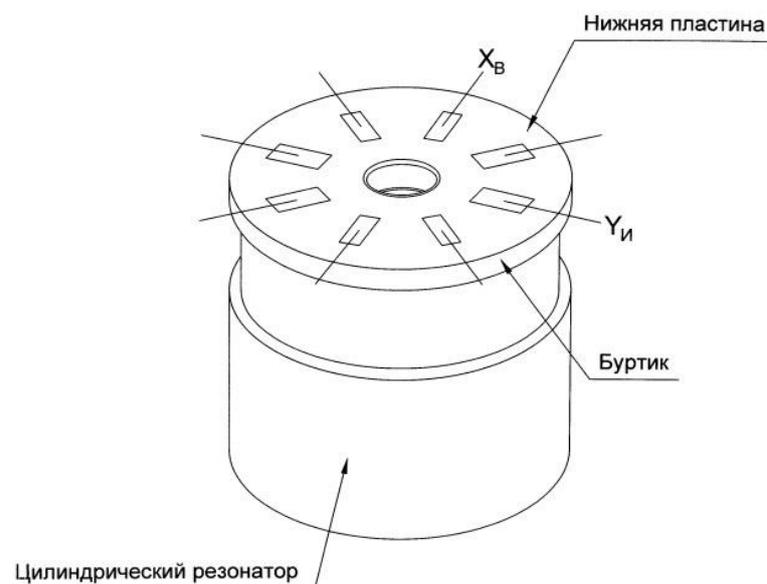


Рисунок 8 – Твердотельный волновой гироскоп

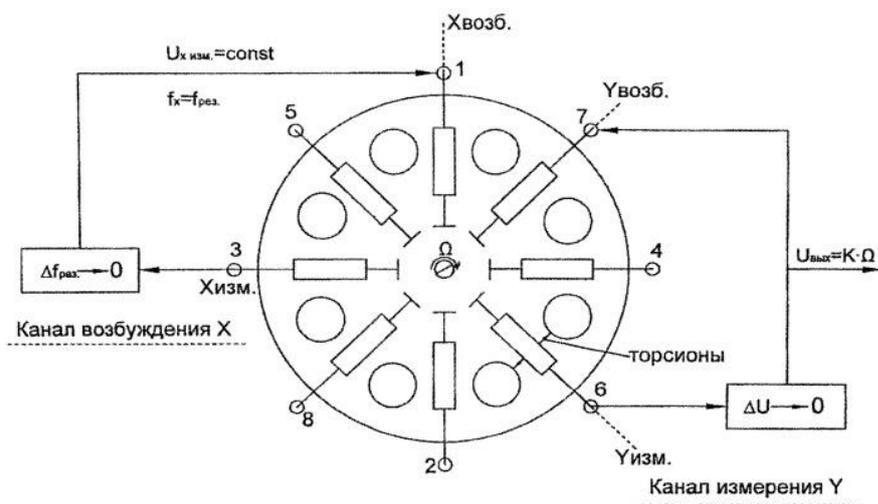


Рисунок 8.1 – Твердотельный волновой гироскоп

Рисунок 8 поясняет принцип работы. Пьезоэлементы действуют как для создания вибрации резонатора, так и как приемники вибрации, когда после механического воздействия на них с выхода идет электрический сигнал.

Гироскоп работает следующим образом. На пьезоэлементы 1-2 подается переменный сигнал с генератора порядка 6,0 кГц (резонанс гироскопа) напряжением от 1 до 5 В. Пьезоэлементы 3-4 снимают выходной сигнал, идущий на коррекцию генератора по амплитуде и фазе. Пьезоэлементы 5-6 используются как датчик угла, а пьезоэлементы 7-8 как датчик момента. То есть налицо датчик угловой скорости (ДУС), когда сигнал с датчика угла (ДУ) идет через усилитель на датчик момента (ДМ) (пластины 7-8 пьезоэлементов). Ток, текущий через усилитель и пьезоэлементы 7-8, является мерилем угловой скорости. Ось чувствительности такого ДУСа направлена перпендикулярно плоскости восьми пьезоэлементов.

Основным недостатком таких гироскопов является наличие элемента механической конструкции, в которой присутствует колебательная система. ТВГ имеют стойкость к ударам и вибрациям намного лучшую, чем в динамически настраиваемых гироскопах. Однако на данный момент ТВГ не достаточно освоены для использования в ЗТС.

Волоконно-оптические гироскопы (ВОГ)

Волоконно-оптические гироскопы хороши тем, что не имеют вращающихся частей. В связи с этим ВОГ имеют высокую устойчивость к вибрациям и ударам.

Недостатком таких гироскопов является не очень высокий диапазон рабочих температур, а также большие габариты для применения в забойных телесистемах.

Тем не менее, на сегодняшний день в НИИ ПМ им. Кузнецова ведутся разработки по созданию ВОГ с расширенным диапазоном рабочих температур, а также меньшими габаритами.

Суть эффекта, который положен в основу работы ВОГ, состоит в том, что время прохождения потока квантов по замкнутому контуру во вращающейся системе координат отличается от времени прохождения потока квантов по такому же контуру в неподвижной системе координат.

Оптический контур гироскопа состоит из сверхтонкого оптоволокна, намотанного на катушку сохраняющего поляризацию излучения.

Излучение от источника подается на светоделитель и разделяется на два потока лучей. Эти лучи, обходя замкнутый оптоволоконный контур, подаются на фотодетектор, на выходе которого образуется электрический сигнал. После обработки сигнала с помощью электроники, можно получить информацию о скорости поворота волоконно-оптического контура вокруг измерительной оси прибора.

На данный момент, ТВГ находятся только на стадии разработки, в то время как ВОГ широко применяются в различных областях промышленности.

Ниже приведены характеристики выпускаемых на сегодняшний день ВОГ (таблица 3) [5]

Таблица 3 – Обзор гироскопов

Тип	Наименование	Диапазон измерения	Вибрации	Температурный диапазон, °С	Габариты, dxh, мм
Волоконно-оптический	ВГ091А	300 град/с	12 g	-40... +70°С	24,4 x51,6
Волоконно-оптический	ВГ103	330 град/с	18 g	-40... +70°С	60 x22
Волоконно-оптический	ВГ910	280 град/с	12 g	-40... +75°С	80 x20
Волоконно-оптический	1725IMU	490 град/с	8 g	-40... +75°С	89 x74
Волоконно-оптический	DSP 1750	490 град/с	8 g	-40... +75°С	45.7x22.9
Волоконно-оптический	ВГ091Б	300 град/с	12 g	-40... +70°С	28x52
Волоконно-оптический	DSP 1760	490 град/с	8 g	-40... +75°С	88,9 x73.7

4.2.3 Выбор акселерометра

На основе требований выберем MEMS – акселерометр серии TS1002T[7]. TS1002T является лучшим MEMS акселерометром предназначенный для измерения в условиях бурения.



Рисунок 9 – Общий вид акселерометра

Акселерометр серии TS1002T (рисунок 9) имеет следующие характеристики [7], которые в полной мере удовлетворяют требования технического задания:

- а) диапазон измерения акселерометра не менее $\pm 1g$,

- б) температура окружающей среды в процессе эксплуатации акселерометра минус $+5 - +105^{\circ}\text{C}$,
- в) потребляемая акселерометром мощность минимально возможная,
- г) стабильная, минимально возможная погрешность, позволяющая обеспечить требования по точности, предъявляемые к инклинометру.

Совокупности этих требований соответствует акселерометр TS1002T, технические характеристики которого удовлетворяют предъявляемым требованиям на следующих основаниях [6]:

- Диапазон измерений $\pm 2\text{g}$;
- Габариты датчика составляют: $9 \times 9 \times 3 \text{ мм}$;
- Рабочий диапазон температур от -40 до $+150^{\circ}\text{C}$;
- Долгосрочный дрейф нуля не превышает $0,1\%$ рабочего диапазона;
- Нелинейность $0,3\%$ от шкалы;
- Размер платы составляет $25 \times 25 \text{ мм}$.

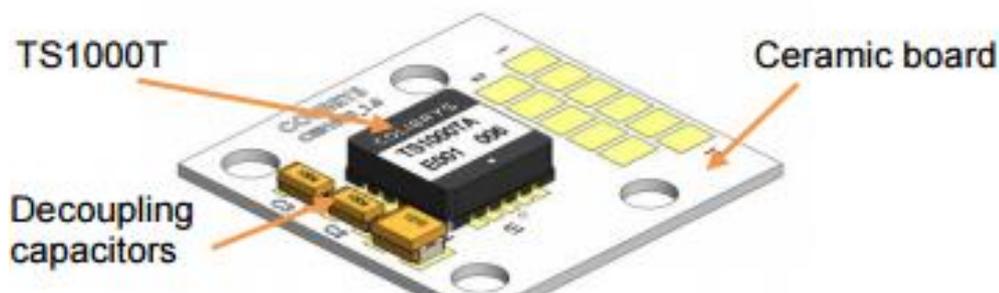


Рисунок 10 – Иллюстрация расположения акселерометра на керамической плате

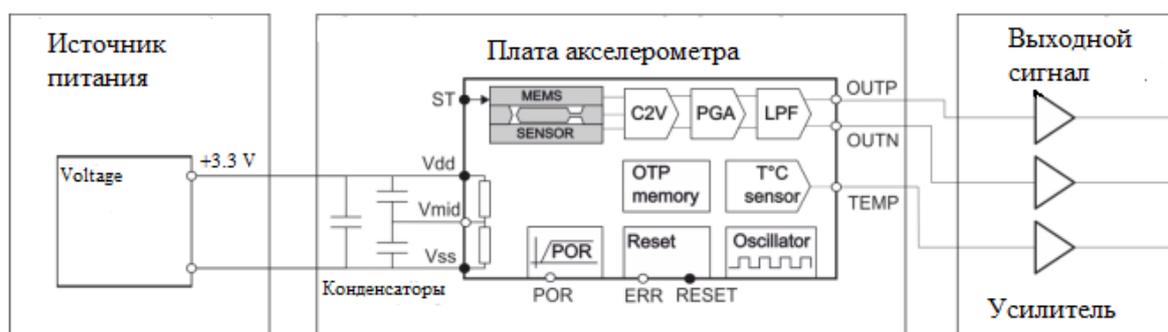


Рисунок 11 – Рабочая схема работы акселерометра

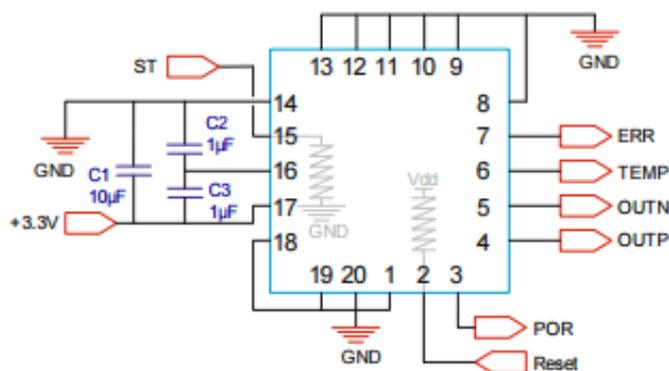


Рисунок 12 – Схема подключения акселерометра

Принцип работы акселерометра

Акселерометр использует влияние гравитации (1g) на инерционное тело в качестве входного ускорения. Выходной сигнал акселерометра «Vout» является аналогом калибровочного напряжения. Формула определения выходного сигнала:

$$V_{out} = B + (Sc + Ac), \quad (4.1)$$

где: B – выходной сигнал при 0g; Sc – чувствительность датчика; Ac – вектор тяжести на чувствительную ось.



Рисунок 13 – Принцип измерения наклона

4.2.4 Выбор гироскопов

В данной работе был сделан выбор в пользу волоконно-оптического гироскопа, разработанного в НИИ ПМ им. Кузнецова [7]. По заявлению разработчиков за основу данного чувствительного элемента был взят гироскоп ВГ91А компании “Физоптика”, но уже с повышенным диапазоном рабочих температур от –30 до +130 °С. Для проектируемого инклинометра

потребуется 3 таких гироскопа: 1 гироскоп с продольной осью чувствительности и 2 с поперечной. Данные гироскопы удовлетворяет всем требованиям технического задания. Характеристики выбранного ВОГ приведены в таблице 3.



Рисунок 14 – Волоконно-оптический гироскоп 091А

5 Алгоритм вычисления зенитного ν , азимутального α и апсидального углов по данным ЧЭ

Для вывода алгоритма необходимо рассмотреть пространственную картину взаимного расположения связанной системы координат по отношению опорной (рисунок 15).

Введем в рассмотрение опорную СК $O_1\xi_1\eta_1\zeta_1$. Начало этой СК расположено в устье скважины, ось $O_1\zeta_1$ направлена по вертикали вниз, а оси $O_1\xi_1$ и $O_1\eta_1$ горизонтальны, причем ось $O_1\xi_1$ лежит в плоскости истинного (географического) меридиана и направлена на север. Рассмотрим так же СК $O\xi\eta\zeta$, оси которой направлены параллельно соответствующим осям СК $O_1\xi_1\eta_1\zeta_1$, а точка O является геометрическим центром скважинного прибора. Будем считать, что продольная ось инклинометра совпадает или параллельна касательной к оси скважины. Зададимся связанной с скважинным прибором СК $OXYZ$, расположив ее начало т. O на продольной оси СП, в его геометрическом центре и направим ось OZ вдоль продольной оси СП в

сторону удалённую от устья скважины. Оси OX и OY расположим в поперечной плоскости СП, перпендикулярно оси OZ . Ось OX перпендикулярна оси OY . Для определения алгоритмов вычисления зенитного угла рассмотрим три последовательных поворота СК $OXYZ$ по отношению опорной $O\xi\eta\zeta$.

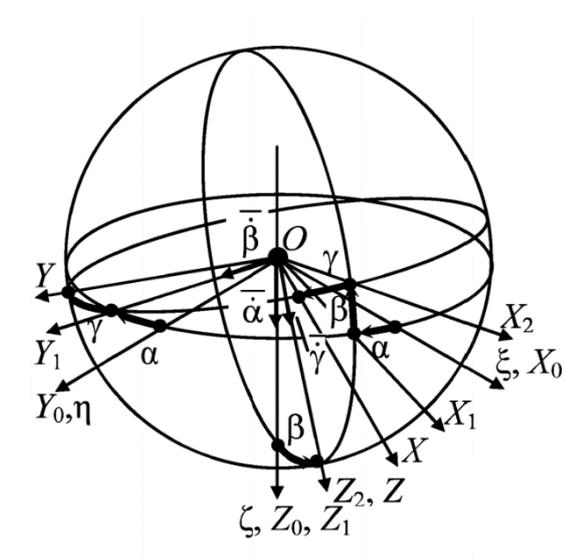


Рисунок 15 – Система координат и углы ориентации

На рисунке 10, $OX_0Y_0Z_0$, $OX_1Y_1Z_1$, $OX_2Y_2Z_2$ – положение системы координат $OXYZ$ до поворота, после первого поворота вокруг оси OZ_1 на угол α и после второго поворота вокруг оси OY_1 на угол β . После третьего поворота системы координат $OXYZ$ вокруг оси OZ_2 на угол γ она заняла изображенное на рисунке положение.

Будем считать, что по каждой оси $OXYZ$ установлены линейные акселерометры. A_x, A_y, A_z – акселерометры по осям OX, OY, OZ , а a_x, a_y, a_z – кажущиеся ускорения измеренные акселерометрами A_x, A_y, A_z .

Запишем проекции силы тяжести g на оси $O\xi\eta\zeta$, затем на $OX_1Y_1Z_1, OX_2Y_2Z_2, OXYZ$.

$$\left. \begin{aligned} a_{x_0} &= a_\xi = 0; \\ a_{y_0} &= a_\eta = 0; \\ a_{z_0} &= a_\zeta = g. \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

Запишем проекции силы тяжести g на оси $OX_1Y_1Z_1$:

$$\left. \begin{aligned} a_{x_1} &= 0; \\ a_{y_1} &= 0; \\ a_{z_1} &= g. \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

Запишем проекции силы тяжести g на оси $Ox_2Y_2Z_2$:

$$\left. \begin{aligned} a_{x_2} &= a_{x_1} \cdot \cos\beta - a_{z_1} \cdot \sin\beta; \\ a_{y_2} &= a_{y_1}; \\ a_{z_2} &= a_{x_1} \cdot \sin\beta + a_{z_1} \cdot \cos\beta. \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

Запишем проекции силы тяжести g на оси $OXYZ$:

$$\left. \begin{aligned} a_x &= a_{x_2} \cdot \cos\gamma + a_{y_2} \cdot \sin\gamma; \\ a_y &= -a_{x_2} \cdot \sin\gamma + a_{y_2} \cdot \cos\gamma. \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

Выполним преобразования, подставив выражения 5.3 в выражение 5.4:

$$\left. \begin{aligned} a_x &= (a_{x_1} \cdot \cos\beta - a_{z_1} \cdot \sin\beta) \cdot \cos\gamma + a_{y_1} \cdot \sin\gamma; \\ a_y &= -(a_{x_1} \cdot \cos\beta - a_{z_1} \cdot \sin\beta) \cdot \sin\gamma + a_{y_1} \cdot \cos\gamma. \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

Выполним преобразования, подставив выражения 5.2 в выражение 5.5:

$$\left. \begin{aligned} a_x &= -g \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma; \\ a_y &= g \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma. \end{aligned} \right\} \quad (5.6)$$

Для отыскания алгоритмов вычисления угла β возведем в квадрат левую и правую часть уравнения, а потом сложим.

$$a_x^2 + a_y^2 = g^2 \cdot \sin^2\beta \cdot \cos^2\gamma + g^2 \cdot \sin^2\beta \cdot \sin^2\gamma. \quad (5.7)$$

В правой части уравнения вынесем общий множитель $g^2 \cdot \sin^2\beta$:

$$a_x^2 + a_y^2 = g^2 \cdot \sin^2\beta \cdot (\cos^2\gamma + \sin^2\gamma). \quad (5.8)$$

Выполним преобразования, поделив обе части уравнения на g^2 и учтем то, что $\cos^2\gamma + \sin^2\gamma = 1$:

$$\frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2} = \sin^2\beta. \quad (5.9)$$

Извлечем корень из обеих частей уравнения и найдем главные значения угла β :

$$\beta^* = \arcsin \sqrt{\frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2}}. \quad (5.10)$$

где β^* - главное значение угла. Для вычисления действительного значения угла β необходимо определить квадрант. Квадрант находится по соотношению знаков a_x и a_y .

Угол β определяется следующим образом:

$$\beta = \beta^*, \text{ если } a_x > 0, a_y < 0;$$

$$\beta = \beta^* + 180^\circ, \text{ если } a_x < 0, a_y < 0;$$

$$\beta = \beta^* + 180^\circ, \text{ если } a_x < 0, a_y > 0;$$

$$\beta = \beta^* + 360^\circ, \text{ если } a_x > 0, a_y > 0.$$

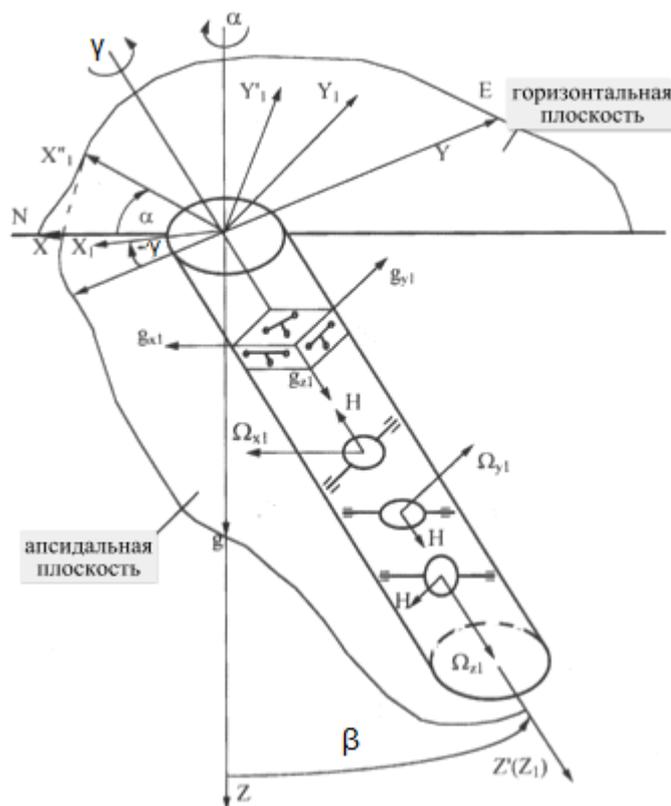


Рисунок 16 – Расчетная система координат

Измерительный блок гироскопического инклинометра бесплатформенного типа в общем случае состоит из трех двухстепенных гироскопов, работающих в режиме датчиков угловых скоростей (ДУС), и трех линейных акселерометров. На рис. 3 показана структурная схема

измерительного блока и система координат, используемая для определения углового положения ствола скважины.

В качестве базовой системы координат, относительно которой определяется угловое положение скважины, принят географический сопровождающий трехгранник XYZ , в котором ось Z направлена по местной вертикали к центру Земли, ось X лежит в плоскости горизонта и направлена на север, а ось Y направлена на восток.

Угловое положение оси ствола скважины в точке ее замера, задаваемое системой координат $X'Y'Z'$ определяется двумя углами: зенитным углом β – углом отклонения ствола скважины относительно местной вертикали и азимутальным углом α – углом отклонения апсидальной плоскости ствола скважины от плоскости местного меридиана.

Система координат измерительного блока X_1, Y_1, Z_1 связана с осями чувствительности гироскопов и акселерометров. В расчетах принято, что одноименные оси чувствительности гироскопов и акселерометров совпадают друг с другом и лежат в точке измерения положения оси ствола скважины N .

Основной особенностью определения пространственной ориентации скважины с помощью бесплатформенного измерительного блока является отсутствие жесткой связи между измерительным блоком и скважиной, т.е. измерительный блок может поворачиваться вокруг оси скважины Z' на угол γ . Этот угол в геодезии принято называть углом установки отклонителя или углом поворота инклинометра.

Для определения углового положения скважины в процессе движения измерительного блока разработаны кинематические уравнения, учитывающие вышеуказанную особенность. При этом принято допущение, что скоростью движения измерительного блока, перпендикулярной местной вертикали, можно пренебречь.

5.1 Представление кинематических уравнений через измеряемые углы

Такое представление уравнений является наиболее простым и очевидным. Используя принятые системы координат, и находя проекции векторов угловых скоростей на измерительные оси трехгранника $X_1 Y_1 Z_1$ при его поворотах относительно базового трехгранника XYZ на интересующие нас углы α, β, γ (рис. 2), получим три дифференциальных уравнения:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\alpha} &= \omega_z - \omega_x \cos \alpha \operatorname{ctg} \beta + (\omega_{x1} \cos \gamma + \omega_{y1} \sin \gamma) / \sin \beta; \\ \dot{\beta} &= -\omega_x \cos \alpha / \sin \beta + (\omega_{x1} \cos \gamma + \omega_{y1} \sin \gamma) \operatorname{ctg} \beta - \omega_{z1}; \\ \dot{\gamma} &= -\omega_x \sin \alpha + \omega_{x1} \sin \gamma - \omega_{y1} \cos \gamma, \end{aligned} \right\} \quad (5.11)$$

где $\omega_{x1}, \omega_{y1}, \omega_{z1}$ – проекции угловой скорости вращения измерительного трехгранника $X_1 Y_1 Z_1$ в инерциальном пространстве, измеряемые гироскопами; $\omega_x = \Omega_3 \cos \psi$ – горизонтальная составляющая скорости вращения Земли; $\omega_z = \Omega_3 \sin \psi$ – вертикальная составляющая скорости вращения Земли; Ω_3 – угловая скорость вращения Земли; ψ – широта местности в точке замера скважины.

Решая полученные уравнения относительно α, β и γ , найдем искомые углы ориентации скважины и инклинометра. Однако, несмотря на кажущуюся простоту полученных уравнений, их решение представляет собой весьма трудоемкую задачу из-за нелинейности уравнений, необходимости в каждый момент времени определять тригонометрические функции, из-за неопределенности решений при β , равном нулю.

В теории бесплатформенных инерциальных систем, к которым относится и рассматриваемый инклинометр, наибольшее распространение получили кинематические уравнения, использующие методы направляющих косинусов и параметры Родрига-Гамильтона. Получаемые при этом уравнения линейны и не вырождаются ни при каких углах поворота инклинометра.

6 Оценка погрешностей определения угла β

Для оценки погрешностей воспользуемся методом теории функций нескольких переменных.

Оценим погрешность измерения зенитного угла β :

$$f(x, y, g) = \sin \left(\sqrt{\frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2}} \right) \quad (5.12)$$

$\beta = f(x, y, g)$ – это есть функция трех аргументов,

где a_x – значение ускорения на акселерометре по оси x ;

a_y – значение ускорения на акселерометре по оси y ;

g – ускорение свободного падения, приблизительно равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

Далее необходимо найти частные производные данной функции

по a_x , a_y и g .

Частные производные будут выглядеть следующим образом:

$$\frac{d}{da_x} f(a_x, a_y, g) \rightarrow \frac{a_x}{g^2 \cdot \sqrt{1 - \frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2}} \cdot \sqrt{\frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2}}} \quad (5.13)$$

$$\frac{d}{da_y} f(a_x, a_y, g) \rightarrow \frac{a_y}{g^2 \cdot \sqrt{1 - \frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2}} \cdot \sqrt{\frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2}}} \quad (5.14)$$

$$\frac{d}{dg} f(a_x, a_y, g) \rightarrow \frac{a_y}{g^3 \cdot \sqrt{1 - \frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2}} \cdot \sqrt{\frac{a_x^2 + a_y^2}{g^2}}} \quad (5.13)$$

Теперь полное приращение функции $\Delta\beta$ будем находить по выражению:

$$\Delta\beta = \left| \frac{d}{da_x} \beta \right| \cdot |\Delta a_x| + \left| \frac{d}{da_y} \beta \right| \cdot \Delta a_y + \left| \frac{d}{dg} \beta \right| \cdot \Delta g \quad (5.16)$$

выполнив, необходимые преобразования получим:

$$\begin{aligned} \Delta\beta = & \left| \frac{d}{da_x} f(a_x, a_y, g) \right| \cdot |\Delta a_x| + \left| \frac{d}{da_y} f(a_x, a_y, g) \right| \cdot |\Delta a_y| + \\ & + \left| \frac{d}{dg} f(a_x, a_y, g) \right| \cdot |\Delta g| \end{aligned} \quad (5.17)$$

где Δa_x , Δa_y – погрешности измерения акселерометров установленных по оси x и y , а Δg – погрешность значения ускорения свободного падения.

Значение $\Delta\beta$, найденное по данному выражению, будет являться максимальной погрешностью инклинометра.

Если, это расчетное значение не будет превышать значение погрешности указанной в техническом задании, то можно считать, что инклинометр удовлетворяет поставленным требованиям.

Для реализации данных расчетов необходимо задаться различными, с некоторым шагом, значениями угла β , при различных значениях апсидального угла γ и вычислить при этих значениях a_x и a_y . Так же нужно выяснить значение погрешностей Δa , Δy , Δg . После чего можно переходить к непосредственному расчету значения $\Delta\beta$.

И так зададимся всеми вышеуказанными значениями:

Погрешность акселерометра по оси x и y:

$$\Delta a = \Delta y = 0,1$$

Угол $\beta = 0; 10; 20; 40; 70; 85$, град.,

при каждом из углов $\gamma = 0; 60; 120; 180; 240; 300; 360$, град.

Вычислим значения a_x и a_y для различных значений углов β и γ :

Вычисление будем производить по следующим выражениям:

$$a_x = -g \times \sin\beta \times \cos\gamma; \quad (5.19)$$

$$a_y = g \times \sin\beta \times \sin\gamma; \quad (5.20)$$

Пример расчёта:

Зададимся параметрами:

$$a_x = 0,49;$$

$$a_y = 1,656;$$

$$\Delta a_x = 0,10781;$$

$$\Delta a_y = 0,1078;$$

$$g = 9,8;$$

$$\Delta g = 0.$$

Формула для расчета:

$$\Delta\beta := \left(\left| \frac{ax}{g^2 \cdot \sqrt{\frac{ax^2 + ay^2}{g^2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{ax^2 + ay^2}{g^2}}} \right| \cdot |\Delta ax| \right) + \left(\left| \frac{ay}{g^2 \cdot \sqrt{\frac{ax^2 + ay^2}{g^2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{ax^2 + ay^2}{g^2}}} \right| \cdot |\Delta ay| \right) + \left(\left| \frac{ax^2 + ay^2}{g^3 \cdot \sqrt{\frac{ax^2 + ay^2}{g^2}} \cdot \sqrt{1 - \frac{ax^2 + ay^2}{g^2}}} \right| \cdot |\Delta g| \right)$$

Результат:

$$\Delta\beta=0,014.$$

По результатам расчетов видно, что значение погрешности не вышло за пределы допустимого значения погрешности системы – $0,1^\circ$, ни при каких вариантах зенитного и апсидального углов. Расчеты производились с учетом максимально неблагоприятных стечений обстоятельств, поэтому реальные погрешности будут меньше получившихся.

7 Конструкторская проработка модуля инклинометрического

МИ состоит из блока электроники и блока чувствительных элементов, в который входят гироскопы и акселерометры. Эти блоки соединяются между собой в единую конструкцию.

Так как выбраны одноосные акселерометры и ВОГ, то потребуется три акселерометра и три гироскопа на каждую ось системы координат, связанную со скважинным прибором.

С учетом конструктивных размеров акселерометра и гироскопа, диаметр охранного кожуха будет составлять 45 мм ГОСТ 26116-84.

На рисунке 17 представлена 3D сборка модуля инклинометрического. Чертежи корпуса блока чувствительных элементов приведены в приложении Б.

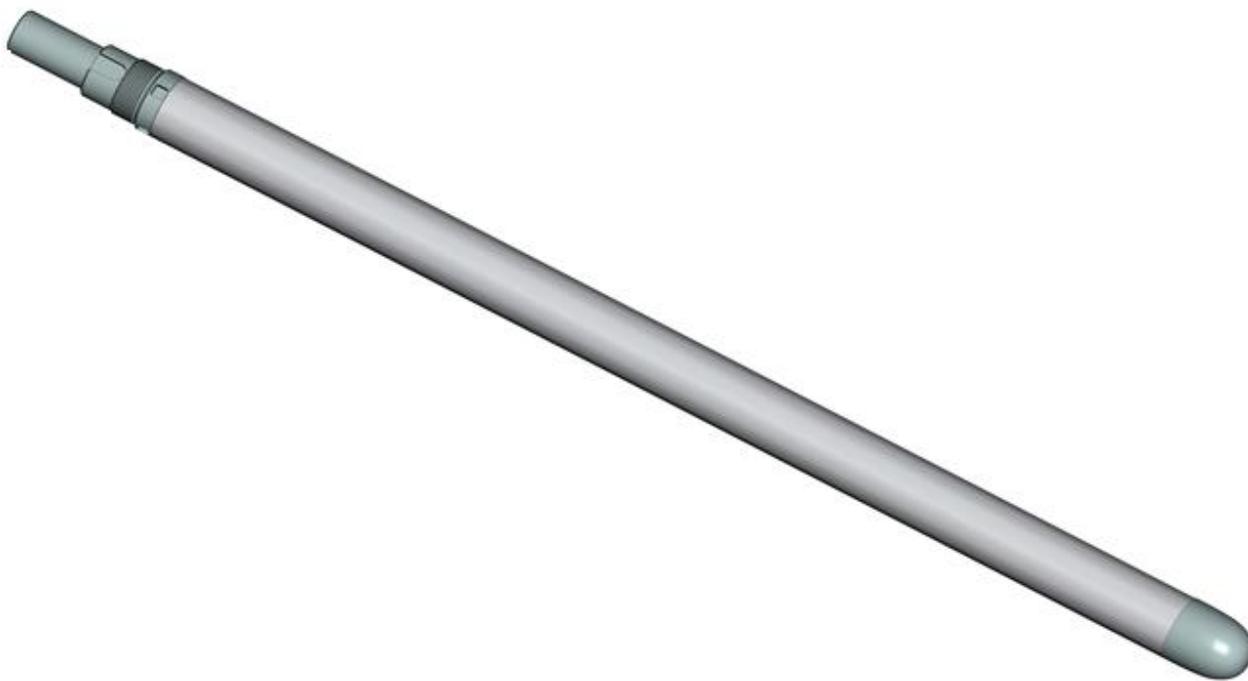


Рисунок 17 - 3D сборка скважинного прибора

8 Охранный кожух

В отношении надежности и долговечности работы скважинной геофизической аппаратуры наиболее ответственным ее узлом является охранный кожух со всеми герметизирующими элементами (свечные вводы, мосты, приборные головки) и др. В случае нарушения герметичности какого – либо узла скважинная жидкость попадает в полость прибора, в результате чего электронная схема выходит из строя, как правило, восстановлению не поддается. Вот почему при ремонте скважинной аппаратуры нужно обращать серьезное внимание на все узлы и элементы охранных кожухов.

Охранный кожух предназначен для защиты элементов и механизмов скважинных приборов от воздействия внешней среды. Его размеры и конструкция определяются следующими факторами: диаметром скважин, в которых должен применяться скважинный прибор; давлением и температурой в соответствии с основными эксплуатационными параметрами скважинной аппаратуры; особыми требованиями, вытекающими из назначения и схемы скважинного прибора.

Охранные кожухи могут быть герметичными и с компенсаторами давления. Внутри кожуха по всей его длине располагается цилиндрическое шасси, на котором смонтированы все элементы скважинного прибора. Шасси чаще всего крепится консольно к головке кожуха. В унифицированных кожухах применено три способа соединения кожуха с цилиндром, которые определяют типы кожухов. В разрабатываемом инклинометре применен кожух типа К1 (рисунок 14).

Соединение головки 1 с цилиндром 3 простое, имеет то достоинство, что соединительная резьба находится в герметизированном объеме и поэтому защищена от воздействия скважинной среды. Недостатком этого способа соединения является вращение резиновых колец и шасси прибора 4 (если оно закреплено на головке) относительно кожуха. Вращение колец, находящихся в канавке под некоторым натяжением, может привести к их повреждению или потере герметичности прибора.

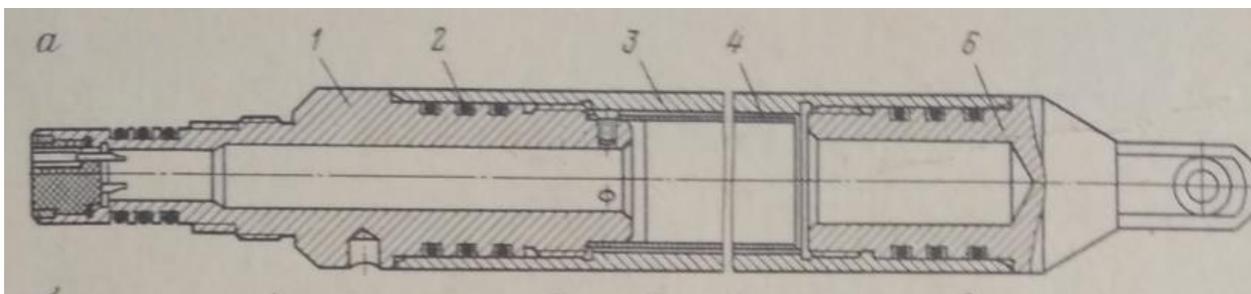


Рисунок 18 – Кожух типа К1

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Темой научной исследовательской работы является инклинометрический модуль забойной телесистемы.

Забойные телесистемы позволяют проводить измерения навигационных и геофизических параметров во время бурения.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НТИ, 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:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НТИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

К научно-исследовательским работам относятся работы поискового, теоретического и экспериментального характера, которые выполняются с целью расширения, углубления и систематизации знаний по определенной научной проблеме и создания научного задела.

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

9.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время существует огромная потребность в забойных инклинометрах в основном при добычи нефти и газа. На сегодняшний день ведутся разработки по улучшению технических характеристик данных систем. Наибольший интерес представляют гироскопические забойные телесистемы, так как гироскопы не подвержены влиянию магнитного поля земли. В данной дипломной работе разрабатывался инклинометрический модуль забойной телесистемы на основе гироскопических чувствительных

элементов. Первичными потребителями продукции являются государственные и частные компании, которые занимаются добычей нефти и газа.

Если говорить о принципе работы, то инклинометрический модуль забойной телесистемы представляет собой: 1) Блок чувствительных элементов; 2) Блок электроники и 3) Наземной аппаратуры и устройства памяти. В данной выпускной квалификационной работе разрабатывается инклинометр, состоящий из следующих частей: 1) блока гироскопов и акселерометров; 2) блока электроники; 3) корпус и кожух конструкции забойного инклинометра. Ресурс непрерывной работы 5-10 лет.

9.2 Анализ конкурентных технических решений

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

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Конкурент 1 – Гироскопический инклинометр GyroTracer Directional™

Инклинометр «GyroTracer Directional™» является результатом многолетних разработок в области забойных телеметрических систем. В

конструкции инклинометра «GyroTracer Directional™» применяется динамически-настраиваемый гироскоп, на сегодняшний день это одна из немногих действующих систем на основе гироскопа. Данная система имеет высокие точностные характеристики и навигационные параметры. Ресурс непрерывной работы- 5-10 лет.

Конкурент 2 – Гироскопический инклинометр УГИ-42.03

Данный инклинометр является Российской разработкой, способен определять навигационные параметры в скважинах любого типа и любой породы. Расчетный срок службы конструкции – не менее 5 лет.

В качестве чувствительных элементов в данных инклинометрах применяется динамически-настраиваемый гироскоп. Основным недостатком таких гироскопов является неспособность подвергаться механическим воздействиям.

В разрабатываемом инклинометрическом модуле будет применяться волоконно-оптический гироскоп, что позволит значительно повысить виброударостойкость прибора.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * \mathbf{B}_i$$

, где K – конкурентоспособность научной разработки или

конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); – балл i-го показателя.

Таблица 4 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,2
2. Помехоустойчивость	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
3. Энергоэкономичность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,5
4. Надежность	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
5. Уровень шума	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
6. Безопасность	0,09	4	5	5	0,36	0,45	0,45
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
8. Простота эксплуатации	0,07	4	3	3	0,28	0,28	0,21
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
3. Цена	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	5	5	0,3	0,2	0,3
5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	5	0,24	0,24	0,3
6. Финансирование научной разработки	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
Итого	1	58	64	62	4,08	4,73	4,28

Вывод по пункту: Сравнение конкурентных технических решений показало, что разрабатываемый инклинометрический модуль забойной телесистемы является практически конкурентоспособным и по показателям не сильно уступает перечисленным выше конкурентам.

9.3 Планирование работ по научно-техническому исследованию

Для правильного планирования, а также финансирования и определения трудоемкости выполнения НИР необходимо ее разбить на этапы. Под этапом понимается крупная часть работы, которая имеет

самостоятельное значение и является объемом планирования и финансирования. НИР имеет:

1. Подготовительный этап. Сбор, изучение и анализ, имеющийся информации. Определение состава исполнителей и соисполнителей, согласование с ними частных задач. Разработка и утверждение задания.
2. Разработка теоретической части.
3. Проведение численного эксперимента
4. Выводы и предложения по теме, обобщение результатов разработки.
5. Завершающий этап. Рассмотрение результатов исследования. Утверждение результатов работы. Подготовка отчетной документации.

Данную НИР можно разделить на следующие этапы:

- а) Разработка задания на НИР;
- б) Выбор направления исследования;
- в) Теоретические и экспериментальные исследования;
- г) Обобщение и оценка результатов;
- д) Оформление отчета НИР.

Работу выполняло 2 человека: руководитель, студент-дипломник.

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 5:

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Гормаков А.Н. – руководитель; Брантов А.А. – студент-дипломник.

Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение метода компьютерного моделирования и поиск материалов по работе	Брантов А.А.
	3	Выбор образцов для исследования	Брантов А.А., Гормаков А.Н.
	4	Календарное планирование работ	Брантов А.А. Гормаков А.Н.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование проведения численных экспериментов	Брантов А.А. Гормаков А.Н.
	6	Компьютерное моделирование	Брантов А.А. Гормаков А.Н.
	7	Обработка полученных данных	Брантов А.А. Гормаков А.Н.
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, выводы	Брантов А.А.
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Брантов А.А. Гормаков А.Н.
Оформление отчета НИР	10	Составление пояснительной записки	Брантов А.А.

9.3.1 Определение трудоемкости этапов НИР

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{мин\ i} + 2 \cdot t_{мин\ i}}{5}, \quad (11.1)$$

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

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

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

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (11.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (11.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

k – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (11.4)$$

где $T_{кг}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45,$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел [9].

Результаты расчетов приведены в таблице 6.

9.3.2 Техническая готовность темы

Определение технической готовности темы позволяет дипломнику точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа. Показатель технической готовности темы характеризует отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период дипломного проектирования составляет примерно 6 месяцев, дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$U_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (11.5)$$

где U_i – удельное значение каждой работы в %;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы Γ_i , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (11.6)$$

где $\sum_{i=1} T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы. [9]

Результаты расчетов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Временные показатели проведения НИР

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{min} чел- дн.	t_{max} чел-дн	$t_{ож}$ чел- дн	T_p раб.дн	T_k кал.дн	$У_i, \%$	$\Gamma_i, \%$
1	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	1	3	2	1,2	3	1,72	1,05
2	Брантов А.А.	23	42	33	27	35	34,35	39,41
3	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	6	11	9	3,8	7	5,32	39,01
4	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	5	13	7	2,8	5	5,65	45,60
5	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	13	21	16	18	34	21,41	69,5
6	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	6	15	7	3	7	3,72	78,26
7	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	7	11	8	3,7	13	6,83	83,32
8	Брантов А.А.	1	8	4	0,79	4	6,30	87,91
9	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	4	13	7	2,7	6	6,79	92,11
10	Брантов А.А.	3	9	6	4.1	9	6,02	100
ИТОГО						123		

9.3.3 Построение графика работ

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [10].

Таблица 7 – Календарный график проведения НИР

Этапы	Вид работы	Исполнители	T_k	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	3					
2	Изучение метода компьютерного моделирования и поиск материалов по теме	Брантов А.А.	35					
3	Выбор образцов для проведения эксперимента	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	7					
4	Календарное планирование работ	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	5					
5	Планирование проведения численных экспериментов	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	34					
6	Компьютерное моделирование ударного нагружения образцов	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	7					
7	Обработка полученных данных	Брантов А.А. Гормаков А.Н.	13					
8	Анализ	Брантов А.А.	4					

Срок полезного использования: компьютер – по третьей группе (техника электронно- вычислительная): 15 лет [11].

Рассчитываем материальные затраты используется один компьютер стоимостью 167000 рублей

Амортизация основных фондов – сумма амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, вычисленная исходя из их балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации.

Корректно при расчете затрат учитывать в году приобретения и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году [11].

Рассчитаем амортизацию оборудования техники $I_{ам.обор}$, по следующей формуле

$$I_{ам.обор} = \left(\frac{T_{исп.обор}}{365} \right) \times K_{обор} \times H_a,$$

где $T_{исп.обор}$ – время использования оборудование;

365 дней – количество дней в году;

$K_{обор}$ – стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации.

$$H_a = \frac{1}{T_{с.с.обор}},$$

где $T_{с.с.обор}$ – срок службы оборудования

$$I_{ам.комп} = \left(\frac{T_{исп.комп}}{365} \right) \cdot K_{комп} \cdot H_a = \left(\frac{123}{365} \right) \cdot 167000 \cdot \frac{1}{15} = 3751.7$$

Так как для исследования нужен только компьютер, то $I_{ам.комп} = I_{ам.обор}$

Расчет заработной платы – заработная плата рассчитывается в соответствии с занятостью исполнителей, с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей.

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;

- выплаты по районным коэффициентам;
- компенсации за неиспользованный отпуск;
- другие виды выплат. [12]

Примем, что полный фонд заработной платы ($\Phi_{зп}$):

$$\Phi_{зп} = 28000 \text{руб.}$$

Отчисления на социальные нужды выражаются в виде единого социального налога, который включает в себя: обязательные отчисления по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Единый социальный налог – 27,1%.

Рассчитываем отчисления на социальные нужды ($I_{соц.отч.}$):

$$I_{соц.отч} = ECH = 0,26 \cdot \Phi_{зп} = 0,26 \cdot 28000 = 7280 \text{руб.}$$

Накладные расходы используют на следующее:

- 1) затраты на текущий ремонт;
- 2) амортизацию основных производственных фондов;
- 3) затраты на охрану труда и пожарную безопасность.

Для проектных отделов накладные затраты составляют 200% от полного фонда заработной платы Тогда: $I_{накл.расх.} = 2 \cdot \Phi_{зп} = 2 \cdot 28000 = 56000 \text{руб.}$

Прочие затраты – затраты, к которым относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, вознаграждения за изобретение и рационализаторские предложения, за подготовку кадров, оплата услуг связи и т.д. Эти затраты составляют 2% от всех издержек и вычисляются по формуле:

$$I_{прочее} = 0,02 \cdot (I_{ам.обор} + \Phi_{зп} + ECH) = 0,02 \cdot (3751,7 + 28000 + 7280) = 39031,7$$

Рассчитываем себестоимость проекта ($K_{проекта}$).

$$K_{проекта} = I_{ам.обор} + \Phi_{зп} + I_{прочее} + I_{накл.расх} + I_{соц.отч} = 3751,7 + 28000 + 39031,7 + 56000 + 7280 = 134063,4$$

Рассчитываем плановые накопления (ПР). Стоимость проекта включает в себя 30% прибыли, таким образом:

$$ПР = 0.3 \cdot K_{\text{проекта}} = 0.3 \cdot 1340634 = 4021902$$

Рассчитываем стоимость проекта (Ц).

$$Ц = K_{\text{проекта}} + ПР = K_{\text{проекта}} + ПР = 1340634 + 4021902 = 1742824$$

Таблица 8 - Смета затрат на научно-исследовательскую работу

Виды затрат	Обозначение	Сумма затрат, руб.
Амортизация оборудования	И _{ам,обор}	3751.7
Затраты на оплату труда	ЗП	28000
Отчисления на социальные нужды	И _{соц,отч}	7280
Накладные расходы	И _{накл,расх}	56000
Прочие затраты	И _{прочие}	39031.7
Себестоимость проекта	К _{проекта}	134063.4
Плановые накопления (прибыль)	ПР	40219.02
Стоимость проекта (цена)	Ц	174282.4

Исходя из расчетов и полученных результатов приведенных в таблице 8, можно сделать вывод, что данная научно исследовательская работа входит в обозначенные бюджетные ограничения, так как стоимость проекта равная 174282.4 рублей, меньше приблизительной суммы затрат равной 200 тысяч рублей.

9.5 Оценка целесообразности исследования

9.5.1 Оценка научно-технического уровня следования

Для определения научно - технического уровня проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности необходимо, рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ).

Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок. Суть метода состоит в присвоении каждому из признаков НТУ

определенного числа баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик.

Формула для определения общей оценки:

$$НГУ = \sum_{i=1}^n k_i * П_i$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

$П_i$ – количественная оценка i – го признака.

Таблица 9 - Весовые коэффициенты НГУ

Признаки НГУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,8
Теоретический уровень	0,6
Возможность реализации	0,3

Таблица 10 - Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НГУ
5-7	Средний НГУ
8-10	Сравнительно высокий НГУ
11-14	Высокий НГУ

Таблица 11 - Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Разработка нового метода	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ	8
Разработка численных экспериментов	6
Элементарный анализ результатов исследования	3

Таблица 12 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	5
Свыше 10 лет	3

Расчет НГУ:

$$НГУ = \sum_{i=1}^n k_i * П_i$$

где $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,6$; $k_3 = 0,3$;

$\Pi_1 = 9$; $\Pi_2 = 6$; $\Pi_3 = 4$;

$$\text{НТУ} = 0,8 \cdot 9 + 0,6 \cdot 6 + 0,3 \cdot 4 = 12.$$

По полученным значениям коэффициент научно-технического уровня (НТУ) можно сказать о достаточно высоком научно - техническом уровне исследования, его научной ценности, технической значимости и эффективности.

9.5.2 Оценка возможных рисков

Произведем оценку рисков. Определение рисков является одним из важнейших моментов при создании проекта. Учет рисков даст возможность избежать опасные факторы, которые негативно отражаются на внедрении в жизнь проекта.

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления (P_i). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблицах 13-17.

Таблица 13 – Социальные риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Низкая квалификация персонала	0	2	0,061	0
2	Непросвещенность предприятий о данном методе	50	4	0,168	8,928
3	Несоблюдение техники безопасности	25	6	0,23	6,25
4	Увеличение нагрузки на персонал	50	4	0,168	8,928
	Сумма		16	0,627	24,1

Таблица 14 – Экономические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Инфляция	100	2	0,029	1,960
2	Экономический кризис	25	3	0,049	0,980
3	Непредвиденные расходы в плане работ	25	5	0,126	5,862

4	Сложность выхода на мировой рынок	75	6	0,136	10,29
	Сумма		16	0,34	19,92

Таблица 15 – Технологические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Возможность поломки оборудования	25	6	0,24	5,25
2	Низкое качество поставленного оборудования	25	8	0,313	7,0357
	Сумма		14	0,553	12,2857

Таблица 16 – Научно-технические риски

№	Риски	P_i	b_i	w_i	$P_i \cdot w_i$
1	Развитие конкурентных методов	50	5	0,135	8,936
2	Отсутствие результата в установленные сроки	25	6	0,123	6,25
3	Несвоевременное патентование	25	8	0,176	3,657
	Сумма		19	0,434	18,843

Таблица 17 – Общие риски

№ п/п	Риски	b_i	w_i	$b_i \cdot w_i$
1	Социальные	16	0,627	10,03
2	Экономические	16	0,34	5,44
3	Технологические	14	0,553	7,742
4	Научно-технические	19	0,434	8,246
Итого				31,458

Расчет рисков дает общую оценку в 31,458. Эта цифра говорит, что проект имеет право на жизнь, хотя и не лишен вероятных препятствий.

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

1) Определен полный перечень работ, проводимых при компьютерном моделировании. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя и студента-исполнителя составила 97 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 123 календарных дней.

2) Суммарный бюджет затрат НИР составил – 174282.4 рублей.

3) Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического уровня и приемлемый уровень рисков.

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

В завершении хочется отметить, что данный проект, а именно инклинометрический модуль забойной телесистемы, является весьма актуальной.

10 Социальная ответственность

Введение

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию модуля инклинометрической забойной телесистемы. Данный модуль используется в нефтегазовой промышленности. Для проектирования использовался конструкторский пакет программ T-FLEX CAD.

Социальная ответственность при разработке новых решений должна обеспечивать: исключение несчастных случаев; защиту здоровья работников; снижение вредных воздействий на окружающую среду; экономное расходование невозобновляемых природных ресурсов.

10.1 Производственная безопасность

1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации инклинометрической забойной телесистемы

Производственная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на рабочих, опасных производственных факторов до приемлемого уровня. Для определения опасных факторов на данном производстве воспользуемся классификацией опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003 – 74 [14].

Проанализировав всевозможные опасные и вредные факторы при разработке и эксплуатации, занесем их в таблицу 18. Приведем нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора.

Приведем допустимые нормы с необходимой размерностью, а также средства индивидуальной и коллективной защиты для минимизации воздействия фактора.

Таблица 18 – Опасные и вредные факторы разработке и эксплуатации инклинометрической забойной телесистемы.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003 – 2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Разработка конструкции инклинометра в лабораторной аудитории с помощью персонального компьютера в программной среде T-Flex CAD	Повышенный уровень электромагнитных излучений	Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность.
	Отклонение параметров микроклимата		ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий

Эксплуатация инклинометра забойной телесистемы	Повышенный уровень шума и вибраций	Поражение электрическим током	СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах
--	------------------------------------	-------------------------------	--

Превышение уровней шума

Согласно п.4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96, допустимый уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБ. Если уровень шума будет выше допустимого, то это скажется на физическом состоянии рабочего. При превышении уровня шума можно воспользоваться следующими методами снижения шума:

- Снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса.
- Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся. Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя.
- Методы и средства коллективной защиты, которые включают в себя применение звукоизоляции, акустическую обработку рабочего места, рациональную планировку предприятий и производственных помещений, а также изменение направленности излучения шума [15].

Отклонение параметров микроклимата

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 предоставлены в таблице 19.

Таблица 19 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих

местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	III (более 290)	С 13,0-15,9 до 18,1 – 21,0	12-22	15-75	0,2-0,4
Теплый	III (более 290)	С 15,0-17,9 до 20,1-26,0	14,0-27,0	15-75	0,2-0,5

Если отклонение параметров микроклимата выходит за пределы установленные в СанПиН 2.2.4.548-96 необходимо воспользоваться методами регулирования параметров, такими как установка отопительных систем и систем кондиционирования помещений [16].

Повышенный уровень электромагнитного излучения

Для уменьшения уровня электромагнитного поля от персонального компьютера рекомендуется включать в одну розетку не более двух компьютеров, сделать защитное заземление, подключать компьютер к розетке через нейтрализатор электрического поля [17].

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к ухудшению физического состояния.

Нормирование естественного и искусственного освещения производится по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 в зависимости от разряда зрительной работы (наименьший размер объекта различения), от контраста объекта различия с фоном и от характеристики фона. Также существует нормирование коэффициента пульсации освещенности для каждого типа ламп.

В производственных помещениях, в случаях преимущественной

работы с деталями, допускается применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения деталей, инструментов и тд.).

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 определяем, что вид работ относится к работам средней точности, следовательно, освещенность на рабочих поверхностях столов в зоне размещения детали должна быть 400-500 лк.

В случаях если освещенность не достигает 400-500 лк следует пересмотреть проектировку размещения устройств освещения, либо заменить устройства освещения [18].

Повышенный уровень вибраций

Вибрация – механические колебания твердых тел (деталей машин и механизмов), которые характеризуются частотой и амплитудой. Вибрацию порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин.

При эксплуатации инклинометра возникновение вибраций неизбежно. Повышенная вибрация может негативно повлиять на работу устройства, вплоть до его поломки. Поэтому при проектировании инклинометра вопрос о борьбе с вибрациями требует особого внимания.

К способам борьбы с вибрацией относятся снижение вибрации в источнике (улучшение конструкции машин), вибродемпфирование.

1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Электрический ток

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения; защитное заземление, зануление или отключение; вывешивание предупреждающих надписей; контроль за состоянием изоляции электрических установок.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а также технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Средства индивидуальной защиты при работе за компьютером:

К средствам индивидуальной защиты при работе на компьютере относят спектральные компьютерные очки для улучшения качества изображения, защиты от избыточных энергетических потоков видимого света и для профилактики “компьютерного зрительного синдрома”. Очки уменьшают утомляемость глаз на 25-30%. Их рекомендуется применять всем операторам при работе более 2 ч в день, а при нарушении зрения на 2 диоптрии и более – независимо от продолжительности работы.

Среди средств защиты от ЭМП выделяют следующие:

1. Организационные мероприятия – это выбор рациональных режимов работы оборудования, ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМП, то есть защита расстоянием и временем;

2. Инженерно-технические мероприятия включают рациональное размещение оборудования, использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии (поглотители мощности, экранирование);

3. Лечебно-профилактические мероприятия в целях предупреждения, ранней диагностики и лечения здоровья персонала – это могут быть периодические медицинские осмотры и т.п.;

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства. Эти методы позволят исключить возможность поражения электрическим током, поскольку токоведущие части будут изолированы от возможного прикосновения.

10.2 Экологическая безопасность

1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Инклинометр - прибор, предназначенный для измерения угла наклона различных объектов относительно гравитационного поля Земли. Не имеет вредного воздействия на окружающую среду. Однако, при бурении возможно следующие негативные воздействия на окружающую среду:

— химическое загрязнение почв, грунтов, горизонтов подземных вод, поверхностных водоемов, атмосферного воздуха веществами и хим-реагентами, используемыми при проходке скважин, буровыми и технологическими отходами, продуктами испытания скважин;

— физическое нарушение почвенно-растительного покрова, фунтов, природных ландшафтов на буровых площадках и по трассам линейных сооружений (дорог, трубопроводов);

— загрязнение местности сточными водами, промывочной жидкостью и химическими реагентами;

— загрязнение атмосферы выбросами котельных, ДВС, испарением газообразных продуктов, пылью и аэрозолей, складированными отходами;

— загрязнение поверхностных вод различными маслами, нефте-продуктами и химическими веществами, что ведет к последующему проникновению этих вод в скважину.

1. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

В среднем жизненный цикл модуля инклинометрической забойной телесистемы составляет 5-10 лет. После окончания срока службы оборудование может быть подвергнуто восстановлению поврежденных, отработанных или ставших непригодными по любой причине чувствительных элементов, электро-радио изделий, полной утилизации защитного кожуха.

Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решение целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижениях. Внедрение новых информационных технологий позволяет перейти на безбумажную технологию. Суть этой технологии проста: вся информация, используемая на производстве, преобразуется в электронный вид.

10.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

При разработке конструкции инклинометра с помощью программы T-Flex CAD, наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар.

Чрезвычайными ситуациями на производственном предприятии могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76.

Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Производственное помещение, в котором выполняется технологический процесс, относится к категории В.

Причинами пожара могут быть: токи короткого замыкания, электрические перегрузки, искрение в местах плохих контактов при

соединении проводов, курение в неположенных местах.

1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Пожар в кабинете производственного помещения представляет большую опасность и наносит огромным ущерб. Такой пожар грозит уничтожением приборов, компьютеров, инструментов и комплектов документов, представляющих значительную ценность. Кроме того, пожар характеризуется опасностью для жизни человека. Возникновение пожара в кабинете может быть обусловлено следующими факторами: в современных ЭВМ очень высокая плотность размещения электронных схем. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество тепла, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 100°C. При этом возможно оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение, и, как следствие, – короткое замыкание, сопровождаемое искрением [19].

Обоснование мероприятий по предотвращению пожара и разработка порядка действия в случае его возникновения

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-8 и ОХП-10. Чтобы предотвратить пожар в производственном помещении, необходимо:

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор.

По окончании работы проводиться влажная уборка всех помещений;

- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из

здания с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;

- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы, оборудование и т.д. и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников аудитории;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;
- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;
- наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану по номеру 01 и покинуть помещение, руководствуясь планом пожарной эвакуации.

10.3 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. Правовые вопросы обеспечения безопасности

Право на безопасный труд закреплено в Конституции РФ. В области охраны труда на предприятиях и в учреждениях основными законодательными актами являются Трудовой кодекс РФ (ТК РФ). Основные законодательные акты, обеспечивающие безопасные и безвредные условия труда, представлены ТК РФ.

Служба охраны труда в соответствии с возложенными на нее основными задачами выполняет следующие функции:

- проводит анализ состояния и причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний, разрабатывает совместно с соответствующими службами мероприятия по предупреждению несчастных случаев на

производстве и профессиональных заболеваний, а также контролирует их выполнение;

- организует работу по проведению паспортизации санитарно-технического состояния на рабочих местах по подразделениям предприятия;

- организует совместно с соответствующими службами предприятия разработку и выполнение комплексного плана улучшения условий труда, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий, а также участвует в разработке соглашений по труду;

- подготавливает и вносит руководству предприятия предложения по разработке и внедрению более совершенных конструкций, предохранительных устройств и других средств защиты от опасных производственных факторов;

- участвует в работе по внедрению стандартов безопасности труда и научных разработок по охране труда;

- проводит совместно с соответствующими службами предприятия и с участием профсоюзного актива проверки (или участвует в проверках) технического состояния зданий, сооружений, оборудования, эффективности работы вентиляционных систем, состояния санитарно-технических устройств, санитарно-бытовых помещений;

- контролирует правильность составления и своевременность представления заявок на приобретение спецодежды, спецоборудования и других средств индивидуальной защиты, а также оборудования и материалов для осуществления мероприятий по охране труда;

- оказывает помощь подразделениям предприятия в организации контроля состояния окружающей производственной среды;

- участвует в работе комиссий по приемке в эксплуатацию новых и после реконструкции объектов производственного назначения, оборудования и машин, проверяя выполнение требований по обеспечению здоровых условий труда;

- проводит вводный инструктаж и оказывает помощь в организации обучения работников по вопросам охраны труда В соответствии с ГОСТ 12.0.004-2015 и действующими нормативными документами;

- участвует в работе аттестационной комиссии и комиссии по проверке знания специалистами правил и норм по охране труда, инструкций по технике безопасности.

В соответствии с ТК РФ организация обеспечения безопасности труда в подразделениях возложена на их руководителей, которые проводят инструктаж по охране труда на рабочих местах. Общую ответственность за организацию работ по охране труда несет руководитель предприятия, а в его отсутствие — главный инженер.

2. Организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ «Оборудование производственное.

Общие эргономические требования», существует ряд общих положений, которые предъявляются к системе «человек — машина — среда», таких как:

- эргономические требования к производственному оборудованию должны устанавливаться его соответствие антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим свойствам человека и обусловленным этими свойствами гигиеническим требованиям с целью сохранения здоровья человека и достижения высокой эффективности труда;

- эргономические требования к производственному оборудованию должны устанавливаться к тем его элементам, которые сопряжены с человеком при выполнении им трудовых действий в процессе эксплуатации, монтажа, ремонта, транспортирования и хранения производственного оборудования;

- при установлении эргономических требований к производственному оборудованию необходимо рассматривать оборудование в комплексе со средствами технологической и в необходимых случаях организационной оснастки [20].

10.4 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны при эксплуатации инклинометра

Так как при забое может произойти выброс вредных веществ, целесообразно пользоваться средствами индивидуальной защиты. Такими как: Респиратор «Пульс–К», Респиратор Ф-62Ш, Респиратор «Лепесток-200»

Контроль условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Данный контроль заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер. Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы.

Заключение

В ходе выполнения ВКР был произведен обзор действующих отечественных и зарубежных забойных телеметрических систем. В настоящее время, преимущественно применяются магнитометрические забойные телесистемы. Однако, напряженность и направление силовых линий магнитного поля Земли не могут быть определены с высокой степенью достоверности для конкретных месторождений. Это обуславливает повышенную погрешность в измерении, расчете и формировании инклинометрической (навигационной) информации. Таких недостатков лишены гироскопы. Поэтому, в последнее время все больше внимания уделяется разработке забойных телесистем на основе гироскопов.

На основе проведенного анализа ГЧЭ для забойных инклинометров установлено, что в наибольшей степени условиям эксплуатации удовлетворяют волоконно-оптические гироскопы, разрабатываемые в НИИ ПМ им. Кузнецова. В качестве акселерометров выбран однокомпонентный микромеханический акселерометр фирмы Colibrys TS1002T. Использование таких датчиков позволило реализовать конструкцию прибора в минимальных габаритах.

Несмотря на уменьшение габаритов, удалось сохранить точность на уровне современных инклинометрических систем большего диаметра. В работе были рассмотрены алгоритмы определения углов ориентации скважинного прибора и описан метод определения суммарной погрешности зенитного угла, обусловленной погрешностью чувствительных элементов.

На основе выбранных чувствительных элементов была разработана конструкция модуля инклинометрического.

Список публикаций студента

1. Брантов А.А. ЗАБОЙНЫЕ ТЕЛЕСИСТЕМЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ// Материалы X Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://www.scienceforum.ru/2018/pdf/3899.pdf> (дата обращения: 08.03.2018).

2. Брантов А.А. ПРОТИВОУГОННОЕ УСТРОЙСТВО СВОИМИ РУКАМИ // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://www.scienceforum.ru/2017/pdf/37912.pdf> (дата обращения: 08.03.2018).

Список литературы

1. А.Н. Гормаков, Е.В. Голодных, И.В. Терехин, А.В. Федулов, И.А. Ульянов. Технология обслуживания геофизической аппаратуры. Забойная телеметрическая система СИБ-2 : учебное пособие /; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 138 с.
2. Об определении направления на север и ориентировании антенн. [Электронный ресурс] URL: (www.rk3awl.ru/techpart/find_north.php.) Дата обращения: 21.04.2018.
3. Инклинометры и телеметрические системы. [Электронный ресурс] URL: (<http://www.semireche.ru/burenie/Geofizika/inklinometr.html>) Дата обращения: 21.04.2018
4. 3 – Axis Magnetic Sensor. [Электронный ресурс] URL: (<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/151242/HONEYWELL/HMC1043.html>) Дата обращения 24.04.2018
5. Компания “Физоптика”. Каталог продукции [Электронный ресурс] URL: (https://fizoptika.ru/all_prod_alt.php) Дата обращения 24.04.2018
6. Datasheet TS1002T. [Электронный ресурс] URL: (http://52ebad10ee97eea25d5ed7d40819259e7d3022d9ad53e3694148.r84.c3.rackcdn.com/UK_COL_TS1000T-Series_Accelerometer_DS_CAT-14.pdf). Дата обращения 24.04.18
7. Скважинный прибор инклинометра. [Электронный ресурс] URL: (<https://cyberleninka.ru/article/v/skvazhinnyy-pribor-inklinometra>) Дата обращения 24.05.18

8. Брантов А.А. ЗАБОЙНЫЕ ТЕЛЕСИСТЕМЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ// Материалы X Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://www.scienceforum.ru/2018/pdf/3899.pdf> (дата обращения: 08.03.2018).

9. Попова С.Н. Управление проектами. Часть I: учебное пособие / С.Н. Попова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 121 с.

10. А.И. Балашов., Е.М. Рогова., и др. Управление проектами. Учебник для бакалавров. «Юрайт». Москва 2013. – 383 с.

11. Ф.Н. Филина., И.А. Толмачёв. Всё об индивидуальном предпринимателе: [справочник]. - (3-е изд., перераб. и доп.). «Российский Бухгалтер» Москва 2009. - 504 с.

12. Н.Г. Алпатова., Н.Ю. Шорникова. Аудит расчетов по оплате труда: учебное пособие. «Юнити-Дана». Москва 2012. – 87 с.

13. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г. [Электронный ресурс]. URL: (<http://www.cfin.ru/>)

14. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Москва: Изд-во стандартов, 2000, - 4 с.

15. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997 г. – 10 с.

16. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997 г.

17. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Москва: Госкомсанэпиднадзор России, 1996 г.

18. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996

19. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных ЧС. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996 г.

20. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002