

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика
 Отделение информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ методов и алгоритмов восстановления формы сейсмических импульсов

УДК 004.4.056.3:550.344.094.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Матей Юлия Витальевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Кочегуров Александр Иванович	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Подопригора Игнат Валерьевич	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Шевелев Геннадий Ефимович	К.Ф-М.Н., доцент		

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика
 Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о. руководителя
 ОИТ ИШИТР ТПУ
 Шерстнев В.С.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Матей Юлии Витальевне

Тема работы:

Анализ методов и алгоритмов восстановления формы сейсмических импульсов	
Утверждена приказом (дата, номер)	№1101/с от 12.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> - принятые в современных комплексах обработки математические модели сейсмического волнового поля; - руководство по пакету прикладных программ MathCad, MATLAB; - - литературные источники
Перечень подлежащих к исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> - анализ существующих методов и алгоритмов оценки формы сейсмических сигналов; - детальное изучение метода фазочастотного прослеживания сейсмических волн; - построение математическое модели сейсмической трассы; - разработка алгоритма фазочастотного прослеживания; - проведение вычислительного эксперимента в среде MATLAB и анализ полученных результатов.
Перечень графического материала	<ul style="list-style-type: none"> - графическое представление моделей сейсмических сигналов;

	- блок-схема алгоритма; - графики зависимости среднего квадрата ошибки от отношения сигнал/шум.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора Игнат Валерьевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Кочегуров Александр Иванович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Матей Юлия Витальевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Матей Юлия Витальевна

Инженерная школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение	Информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Анализ методов и алгоритмов восстановления формы сейсмических импульсов	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Человеческие ресурсы – 2 человека.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Количество календарных дней – 365; Количество рабочих дней – 247; Количество нерабочих дней – 118.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды составляет 0,3.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Описание целевой аудитории разрабатываемой системы. 2. Анализ конкурентных технических решений 3. Проведение QuaD-анализа.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Определение организационной структуры проекта. 2. Определение трудоемкости выполнения работ. 3. Разработка календарного плана выполнения проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегральных показателей эффективности исследования, выбор наилучшего исполнения.

Перечень графического материала:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Подопригора И.В.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Матей Юлия Витальевна.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Матей Юлия Витальевна

Инженерная школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение	Информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Анализ методов и алгоритмов восстановления формы сейсмических импульсов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</p>	<p>Анализ методов и алгоритмов восстановления формы сейсмических импульсов. Область применения: геологоразведочных и доразведочных нефтегазопроисловых работ, прогноз распределения фильтрационно – емкостных свойств в межскважинном пространстве, объемы подсчитываемых геологических ресурсов и запасов и на принимаемые впоследствии управленческие решения.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность 1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<p>1.1 Рассмотрены такие вредные факторы, как: пониженная (повышенная) температура воздуха рабочего помещения, пониженная (повышенная) влажность воздуха, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень электромагнитных излучений. 1.2 Рассмотрены такие опасные факторы, как повышенное значение напряжения электрической цепи и возгорание оборудования.</p>
<p>2. Экологическая безопасность 2.1 Анализ воздействия объекта на окружающую среду; 2.2 Разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>2.1 Рассмотрены факторы при эксплуатации компьютера, которые губительно влияют на экологию. 2.2 Разработаны решения, обеспечивающие экологическую безопасность согласно нормативным документам.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 3.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; 3.2 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p>3.1 Перечень возможных ЧС, которые могут возникнуть при работе в помещении офиса. 3.2 Способы защиты от пожара и ликвидация последствий.</p>
<p>4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 4.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>4.1 Организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся за персональным компьютером.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Матей Юлия Витальевна.		

**Планируемые результаты обучения по направлению
01.03.02 «Прикладная математика и информатика»**

Код результата	Результат обучения
Профессиональные компетенции	
Р1	Применять глубокие математические и профессиональные знания для решения задач научно-исследовательской, проектной, производственной и технологической деятельности в области системного и прикладного программирования.
Р2	Умение использовать знания по естественнонаучным дисциплинам при определении задач математического моделирования объектов и явлений в различных предметных областях
Р3	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
Р4	Выполнять инновационные проекты с применением глубоких профессиональных знаний и эффективных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества в условиях экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р5	Демонстрировать знание о формах организации образовательной и научной деятельности в высших учебных заведениях, иметь навыки преподавательской работы.
Р6	Способность осуществлять организационно-управленческую и

	социально-ориентированную деятельность с соблюдением профессиональной этики
Универсальные компетенции	
P7	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, включая разработку документации и представление результатов инновационной деятельности. Толерантность в восприятии социальных и культурных различий.
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P9	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности. Способность к интеллектуальному, культурному, нравственному и профессиональному саморазвитию.

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на: 79 листах машинописного текста, содержит 16 рисунков, 23 таблицы, 20 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: форма сейсмического импульса, дискретное преобразование Фурье (ДПФ), отношение сигнал/шум, автокорреляционная функция (АКФ), синфазное суммирование, фазочастотное прослеживание.

Объектом исследования является волновое сейсмическое поле.

Предметом исследования является математическая модель волнового сейсмического поля.

Цель работы – исследование статистических алгоритмов определения формы сейсмических сигналов: на основе проведения вычислительного эксперимента на модели волнового поля.

В процессе выполнения работы проведены исследования эффективности, используемых на практике для восстановления формы сейсмических сигналов алгоритма синфазного суммирования трасс и алгоритма, построенного на основе расчета автокорреляционной функции трассы. Предложен и реализован алгоритм оценки формы импульса на основе метода фазочастотного прослеживания волн. Проведенные исследования показали преимущества разработанного алгоритма, что подтверждено значениями оценок среднего квадрата ошибки, полученных в ходе проведения вычислительного эксперимента в математическом пакете MATLAB.

Степень внедрения: тестирование алгоритмов на моделях сейсмических полей.

Область применения: цифровая обработка и интерпретация волновых сейсмических полей, получаемых при поиске нефтяных и газовых месторождений.

Экономическая эффективность работы заключается в разработке и программной реализации цифрового алгоритма восстановления формы

сейсмического сигнала на основе метода фазочастотного прослеживания, который позволяет получать более хорошие оценки формы импульса при исследованиях геологических сред.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

апостериорный: опытный, выведенный из опыта. **априорный:** не зависящий от опыта, предшествующий опыту.

сейсмоприёмник: прибор, преобразующий механические колебания упругих волн в электрический ток переменного напряжения.

сейсмотрасса: графики колебаний, получаемые в результате работы сейсмоприёмника.

Обозначения

ДПФ – дискретное преобразование Фурье;

СКО – средний квадрат ошибки;

ФВК – функция взаимной корреляции;

АКФ – автокорреляционная функция;

АЧХ – амплитудночастотная характеристика;

ФЧХ – фазочастотная характеристика;

ФЧП – фазочастотное прослеживание;

ПК – персональный компьютер;

Оглавление

Введение	17
1. Анализ существующих методов определения формы сейсмических импульсов	20
1.1 Задачи определения формы сейсмических импульсов, возникающие при обработке и интерпретации сейсмических данных.....	20
1.2. Методы восстановления формы сейсмических импульсов, широко используемые в современных комплексах обработки сейсмической информации.....	21
1.2.2 Методы, основанные на расчете автокорреляционной функции сейсмической трассы	23
2. Разработка алгоритма определения формы сейсмических импульсов на основе метода фазочастотного прослеживания.....	25
2.1 Метод фазочастотного прослеживания сейсмических волн.....	25
2.2 Применение метода фазочастотного прослеживания для построения алгоритма оценки формы сейсмического импульса	26
2.3 Разработка алгоритма определения формы сейсмических импульсов	28
3. Исследование эффективности разработанного алгоритма на моделях волновых сейсмических полей и сопоставление с существующими алгоритмами	31
3.1 Построение математической модели волнового сейсмического поля	31
3.2. Исследование помехоустойчивости алгоритмов определения формы сейсмических импульсов на построенной модели.....	34
3.2.1 Алгоритм синфазного суммирования.....	34
3.2.2 Алгоритм, основанный на расчете автокорреляционной функции сейсмической трассы	36

3.2.3 Алгоритм, разработанный на основе метода фазочастотного прослеживания	38
3.3 Исследование разрешающей способности разработанного алгоритма в зонах интерференции	41
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	45
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	45
4.1.1 Описание целевой аудитории разрабатываемой системы	45
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	45
4.1.3 Технология QuaD	47
4.2 Планирование и формирование бюджета научного исследования	49
4.2.1 Определение организационной структуры проекта, трудоемкости выполнения работы.....	49
4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	52
5. Социальная ответственность	61
5.1 Производственная безопасность	61
5.1.1 Вредные факторы производственной среды.....	61
5.1.2 Опасные факторы производственной среды.....	67
5.2 Экологическая безопасность	69
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
Заключение	73
Список публикаций.....	74
Список используемой литературы	75

Введение

Сейсморазведка является одним из наиболее важных видов геофизической разведки [1]. Она представляет собой совокупность методов исследования геологического строения земной коры, основанных на изучении распространения в ней упругих волн, которые возбуждены искусственным путем. Вызванные взрывом или же ударом упругие волны распространяются во все стороны от источника возбуждения и попадают в толщу коры на огромную глубину. Здесь они претерпевают преломление и отражение и частично возвращаются к поверхности земли, где создаваемые ими колебания регистрируются специальной аппаратурой. Для определения глубины залегания, формы геологических границ, где произошло преломление или отражение волны, а также для составления суждения о составе пород, через которые прошла волна необходимо провести измерение времени распространения волн и исследовать характер колебания почвы. Сейсмическая разведка позволяет с высокой точностью определять углы наклона слоев осадочной толщи даже при большой глубине их залегания. Вследствии этого сейсмические методы особенно широко используют при решении структурно-геологических задач, особенно при поисках месторождений нефти и газа [2].

На сегодняшний день, прирост сырьевой базы, как правило, связан с открытием и вовлечением в разработку залежей сложного геологического строения, имеющих высокую степень разнородности фильтрационно-емкостных свойств. Тут перед сейсмическими исследовательскими работами ставится задача решения обратной динамической задачи – определения характеристик изучаемой толщи по наблюдаемому волновому полю. Точность представленного решения влияет на эффективность геологоразведочных и доразведочных нефтегазопромысловых работ, прогноз распределения фильтрационно – емкостных свойств в межскважинном пространстве, объемы подсчитываемых геологических ресурсов и запасов и на принимаемые после чего управленческие решения. Наибольшей востребованностью при этом

пользуется сейсмическая инверсия, являющаяся процессом преобразования сейсмических данных в количественное описание свойств пород, слагающих резервуар [3].

Принципиально важным для большинства инверсионных алгоритмов является вопрос об оценке формы сейсмического сигнала, который оказывает большое влияние на итог инверсионных преобразований [4]. В случае, если в какой-нибудь части площади характеристики применяемого при сейсмической инверсии преобразованиях сейсмического сигнала не соответствуют по своим амплитудно-частотным и фазово-частотным характеристикам волновому полю, то позиционирование высоко - и низкоимпедансных границ может не соответствовать реальности [5].

Таким образом, актуальность разработки алгоритмов определения формы сейсмических сигналов, обладающих высокой степенью надежности и достоверности, не вызывает сомнений.

Целью данной бакалаврской работы является исследование наиболее широко применяемых на практике статистических алгоритмов определения формы сейсмических сигналов: алгоритма синфазного суммирования сейсмических трасс и алгоритма, основанного на расчете автокорреляционной функции (АКФ) сейсмической трассы, а также разработка и исследование алгоритма определения формы сейсмических импульсов на основе метода фазочастотного прослеживания, разработанного в отделении информационных технологий ИШИТР ТПУ. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих методов и алгоритмов оценки формы сейсмических сигналов;
- изучить метод фазочастотного прослеживания сейсмических волн;
- построить математическую модель сейсмической трассы;

- разработать алгоритм фазочастотного прослеживания волн для оценки формы сигнала:

- провести вычислительный эксперимент в среде MATLAB, сделать анализ полученных результатов.

1. Анализ существующих методов определения формы сейсмических импульсов

Как уже отмечалось во введении, актуальность восстановления формы импульса является необходимым элементом для дальнейшей качественной обработки и интерпретации сейсмических данных. Поэтому рассмотрим кратко перечень задач стандартного графа обработки, в которых требуется надежное восстановление формы сейсмических импульсов.

1.1 Задачи определения формы сейсмических импульсов, возникающие при обработке и интерпретации сейсмических данных.

Верное представление формы сейсмического импульса необходимо для решения различных задач сейсморазведки. Рассмотрим только две основных задачи.

Первой является задача коррекции статических поправок. Статические поправки вводятся из-за неровностей дневной поверхности и зоны малых скоростей. Исходная статика, как правило, требует коррекции, основным алгоритмом которой является вычисление временных сдвигов. Большинство алгоритмов автоматического определения временных сдвигов, построенных на основе вычисления функций взаимной корреляции (ФВК) между трасами сейсмограммы и набором эталонных трасс. При этом главной ошибкой, возникающей при расчете сдвигов, является неверно определенная форма эталонного импульса. Это приводит к искажению кинематических параметров отраженных волн, и, как результат, негативно сказывается на всех последующих построениях [6].

Еще одной, немало важной задачей сейсморазведки является инверсия. Сейсмическая амплитудная инверсия преобразует параметры отражений от границ в свойства пласта и позволяет получить упругие параметры, такие как: акустический импеданс, сдвиговый импеданс, отношение скоростей и плотность. Эти упругие параметры могут пересчитываться в геологические параметры (пористость, эффективные толщины коллекторов, литотип, тип флюида и другие) на основе петроупругого моделирования.

Форма импульса может в большей степени оказывать влияние на результат инверсии и, таким образом, на дальнейший прогноз фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов.

Таким образом, убеждаемся, что верное представление формы импульса имеет важное значение для многих задач сейморазведки. Поэтому актуальность исследований в области разработки новых алгоритмов, позволяющих надежно восстанавливать форму сигнала не вызывает сомнений [7].

1.2. Методы восстановления формы сейсмических импульсов, широко используемые в современных комплексах обработки сейсмической информации

Все методы определения параметров сейсмического импульса можно разделить на три основные группы:

- *детерминистические*: прямая регистрация характеристик сейсмического импульса при проведении полевых работ;

- *статистические*: для определения параметров сейсмического сигнала используются только данные сейморазведки. Проблемным моментом является определение фазовых характеристик сигнала;

- *методы, использующие скважинную информацию* совместно с данными сейсмических съемок. Указанный подход позволяет точно определять фазовые характеристики сейсмического сигнала вдоль ствола скважины. Однако полученный результат существенно зависит от качества каротажной информации [8].

Наиболее применяемыми на практике в настоящее время для оценки формы сейсмического импульса являются статистические методы, поэтому остановимся именно на них. Несмотря на большое разнообразие этих методов, условно их можно разбить на две большие группы: методы синфазного суммирования и методы, основанные на расчете автокорреляционной функции

сейсмотрассы. Синфазное суммирование заключается в сложении нескольких записей, для которых положение источника и приемника остается неизменным. Оно широко применяется в случае слабых поверхностях источников энергии и многих морских источниках. При синфазном суммировании обычно предполагается, что никаких потрассных поправок не вводилось и что соответствующие трассы на различных записях просто складываются друг с другом. Следовательно, достигается такой же эффект, как при группировании произвольных источников. В сложных сейсмологических условиях можно применять как группирование источников, так и вертикальное суммирование.

При практической работе поверхностный источник перемещают на 3 – 10 м между последовательными циклами регистрации. Иногда суммируют до 20 и более отдельных записей, но вертикальное суммирование многих записей становится дорогостоящим делом, как при полевых работах, так и при обработке, в случае если достигаемое улучшение записи слишком мало возрастает после первых нескольких сложений. Вертикальное суммирование, как правило, делается в поле, но иногда и в процессе последующей обработки.

При морских исследованиях синфазное суммирование редко проводится для более четырех записей, так как при обычной скорости движения судно движется настолько далеко за время между взрывами, что данные размываются при суммировании. Это размывание означает, что изменения условий отражения вблизи отражающих точек так сильно влияют на времена прихода волн, что при суммировании сигнал может сменить полярность на противоположную [9].

Таким образом, положительный эффект данного метода достигим только в том случае, когда форма сигнала от трассы к трассе не изменяется. При изменении формы сигнала по латерали или наличии интерференции волн, алгоритм синфазного суммирования сейсмических трасс становится малоэффективным.

1.2.2 Методы, основанные на расчете автокорреляционной функции сейсмической трассы

Еще одним подходом, позволяющим в определенных условиях получить надежную оценку формы импульса, является метод, основанный на расчете автокорреляционных функций сейсмических трасс. Общая схема данного метода состоит из следующих этапов:

1) Вычисление автокорреляционной функции (АКФ) сейсмической трассы, участок которой имеет вид:

$$X(t) = S(t) + N(t), \quad (1)$$

где $S(t)$ – полезный сигнал, $N(t)$ – помеха (шум).

АКФ показывает степень взаимосвязи значений сейсмической трассы при различных временных сдвигах, является четной, симметричной функцией, максимальное значение которой достигается при $\tau = 0$.

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T - \tau} \sum_{i=1}^{T-\tau} X(t_i) * X(t_i - \tau)$$

2) Определение оценки амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сигнала путем прямого дискретного преобразования Фурье от АКФ.

$$|\hat{S}(i\omega)|^2 = \frac{2}{T} \sum_{\tau} R_{xx}(\tau) * e^{-i\omega\tau}$$

Исходя из общей спектральной теории сигналов, всякий процесс можно полностью описать как во временной области в виде функции времени $x(t)$, так и в частотной в виде комплексного спектра $X(\omega)$. Обе эти формы представления процессов эквивалентны и связаны друг с другом парой преобразований Фурье. Поэтому для восстановления сигнала, помимо АЧХ необходимо знать и фазочастотную характеристику (ФЧХ). Однако, учитывая неоднозначность \arctg , определить правильно фазовый спектр на практике не всегда удастся. Поэтому, как правило, принимают некоторые допущения о виде ФЧХ сейсмического сигнала (минимально-фазовый, нуль-фазовый сигнал и т.д.).

3) Принятие допущения о виде ФЧХ сейсмического сигнала

$$\varphi(\omega) = a(\omega) + b(\omega)$$

4) Выполнение обратного дискретного преобразования Фурье.

$$\hat{S}(t) = \sum_{\omega} |S(i\omega)| * e^{-i[\varphi(\omega) - \omega t]}$$

Эффективность данного метода базируется на двух предпосылках:

- АКФ сейсмической трассы по форме подобна сейсмическому сигналу. следовательно, определение оценки АЧХ через АКФ оправдано;
- сделано верное предположение о виде ФЧХ.

При этом, если первая предпосылка имеет место почти всегда, то вторая может не выполняться, особенно в сложных сейсмогеологических условиях. Поэтому данный метод в ряде практически важных случаев дает большую погрешность. Таким образом, несмотря на имеющиеся методы, существует реальная необходимость в разработке новых более эффективных алгоритмов для оценки формы сейсмического импульса.

2. Разработка алгоритма определения формы сейсмических импульсов на основе метода фазочастотного прослеживания

Хорошо известно, что информация о временном положении сигналов располагается в их фазочастотной характеристике, которая демонстрирует, как одни гармоники запаздывают или обгоняют другие. Поэтому подходящий способ обработки ФЧХ реализует оптимальную процедуру определения временного положения сигналов. Для вычисления ФЧХ применяется ДПФ.

Любое решение задачи определения временного положения сигнала приводит её к оценке неэнергетического параметра нормального случайного процесса, а также не учитывает специфики временного параметра. При этом представление временного положения сигнала в экспоненциальном базисе полностью определяется его ФЧХ. В результате, оптимальная обработка ФЧХ сигнала и реализует оптимальный метод определения его временного положения.

2.1 Метод фазочастотного прослеживания сейсмических волн

Метод фазочастотного прослеживания был предложен для определения временного положения сигнала. Основная идея метода фазочастотного прослеживания состоит в вычислении мгновенных фазовых спектров в скользящем вдоль трассы окне анализа и построения на этой основе функции правдоподобия. При этом, максимум функции правдоподобия определяет временное положение сигнала. Остановимся более подробно на описании метода. Для этого будем считать, что анализируемая трасса представляет собой аддитивную смесь суперпозиции полезных сигналов и гауссова шума.

Тогда метод поиска временного положения сигналов, когда оптимальной обработке подвергается только ФЧХ смеси сигнала и шума, можно построить опираясь на минимизацию среднеквадратической ошибки, решив уравнение правдоподобия:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} [\ln L(\varphi_x | \tau)]|_{\tau=\tau_{\text{опт}}} = 0 \quad (2)$$

В качестве функции правдоподобия в (2) возьмем статистику отношения правдоподобия:

$$L(\varphi_x|\tau) = \frac{L_{\varphi_x}(\tau)}{L_{\varphi_x}(\tau_0)}$$

где τ_0 – фиксированное значение τ ;

$L_{\varphi_x}(\tau) = W(\varphi_x|\tau)$ – условная апостериорная многомерная функция распределения ФЧХ смеси;

φ_x – вектор с компонентами $\varphi_x(\omega_k)$.

Проведя необходимые математические преобразования, можно показать, что оптимальное определение временного положения сейсмических сигналов на основе анализа ФЧХ регистрируемых волн реализуется как процедура нахождения максимумов функции правдоподобия следующего вида:

$$L(\tau) = \sum_{k=1}^n \delta(\omega_k) * \cos(\Delta\varphi(\omega_k) - \omega_k\tau), \quad (3)$$

где $\Delta\varphi(\omega_k) = \varphi_x(\omega_k) - \varphi_s(\omega_k)$ – отклонение фазового спектра сигнала от фазового спектра смеси сигнала и шума, $\delta(\omega_k) = \frac{A(\omega_k)}{\sigma_x}$ – пиковое отношение сигнала к шуму на частоте ω_k , n – число анализируемых частотных компонент.

Из выражения (3) следует, что процесс оценки временного положения может быть реализован как оценка положения максимума функции правдоподобия, когда окно анализа скользит вдоль сейсмотрассы.

2.2 Применение метода фазочастотного прослеживания для построения алгоритма оценки формы сейсмического импульса

Как показано выше, метод фазочастотного прослеживания сейсмических волн предназначен для определения временного положения сигнала. Однако нетрудно показать, что формируемая функция правдоподобия при фазочастотном прослеживании может рассматриваться как отфильтрованное волновое поле. Для этого рассмотрим детально функцию правдоподобия. Опираясь на выражение (3) можно заметить определенную аналогию между процедурой оценки временного положения сигналов в принятых алгоритмах

прослеживания и их низкочастотной фильтрацией, а конкретно то, что выражение функции правдоподобия (3) является обратным ДПФ от результата фильтрации исходного процесса цифровым фильтром с частотной характеристикой вида [10],

$$H(\omega_k) = \frac{\delta(\omega_k)}{|X(k)|}, \quad k = \overline{1, n},$$

где $|X(k)|$ – амплитудно–частотная характеристика сигнала.

Перейдем к рассмотрению влияния действия фильтра. Для начала отметим, что этот фильтр выравнивает амплитудный спектр исследуемого колебания, а затем взвешивает его путем использования заданных весовых коэффициентов. При этом фазовые соотношения в начальной записи остаются прежними. Следовательно, выражение (3) может быть применено для оценки формы сейсмического сигнала. Практическое использование фазочастотных алгоритмов вида (3) имеет ряд проблем, в частности связанных с оценкой распределения отношений $\delta(\omega_k)$ в исследуемом диапазоне частот. В самом деле, форма регистрируемых сейсмических импульсов, как правило, неизвестна, а, значит, неизвестны и $\delta(\omega_k)$, $k = \overline{1, m}$. При этом оказываются неизвестными конкретные значения фазового спектра выделенных сигналов. В этой связи в [11] предложены так называемые фазочастотные алгоритмы с равновесной и неравновесной обработкой. Такие алгоритмы могут быть получены из оптимального метода с помощью замены в (3) весовой функции $\delta(\omega_k)$ на другие, намеренно подобранные функции. В общем случае функция правдоподобия (критерий оценки временного положения сигналов) для таких алгоритмов может быть записана в виде:

$$L(t) = \sum_{k=1}^m w(\omega_k) * \cos[\phi(\omega_k, t)], \quad (4)$$

где $w(\omega_k)$ - частотная весовая функция, вид которой зависит от реализуемого фазочастотного алгоритма; $\phi(\omega_k, t)$ – текущий фазовый спектр участка трассы, вычисляемый в скользящем окне анализа [12]. Для равновесного алгоритма весовая функция $w(\omega_k)$ принимается равной единице во всей полосе частот.

Чтобы произвести оценку эффективности такого фильтра следует разработать алгоритм фазочастотного прослеживания, а затем провести вычислительный эксперимент.

2.3 Разработка алгоритма определения формы сейсмических импульсов

Как следует из выражения (3), для оценки формы сигнала по результатам фазочастотного прослеживания необходимо построить функцию правдоподобия для всего прослеживаемого участка. Тогда структура алгоритма может быть представлена в следующем виде:

1. Задать длительность окна анализа и диапазон частот, в котором сосредоточена основная энергия сигнала;
2. Установить окно анализа в исходное положение на сейсмической трассе;
3. Выбрать вид весовой функции и вычислить ее значения в заданном диапазоне частот;
4. Вычислить в заданном окне анализа отклонения ФЧХ участка сейсмотрассы от ФЧХ сигнала для выбранного диапазона частот;
5. Вычисленные отклонения подвергнуть тригонометрическому преобразованию (взять косинус угла);
6. Произвести взвешивания преобразованных отклонений;
7. Просуммировать взвешенные преобразованные отклонения по всему диапазону частот, формируя тем самым значение функции правдоподобия для конкретного t ;
8. Переместить окно анализа по сейсмической трассе и повторять операции, описанные в пп.4-7 до тех пор, пока не будет прослежен весь анализируемый участок.
9. Построить функцию правдоподобия
10. Оценить погрешность восстановленной формы сигнала

На основе представленных выше пунктов была построена блок-схема алгоритма (рис. 1).

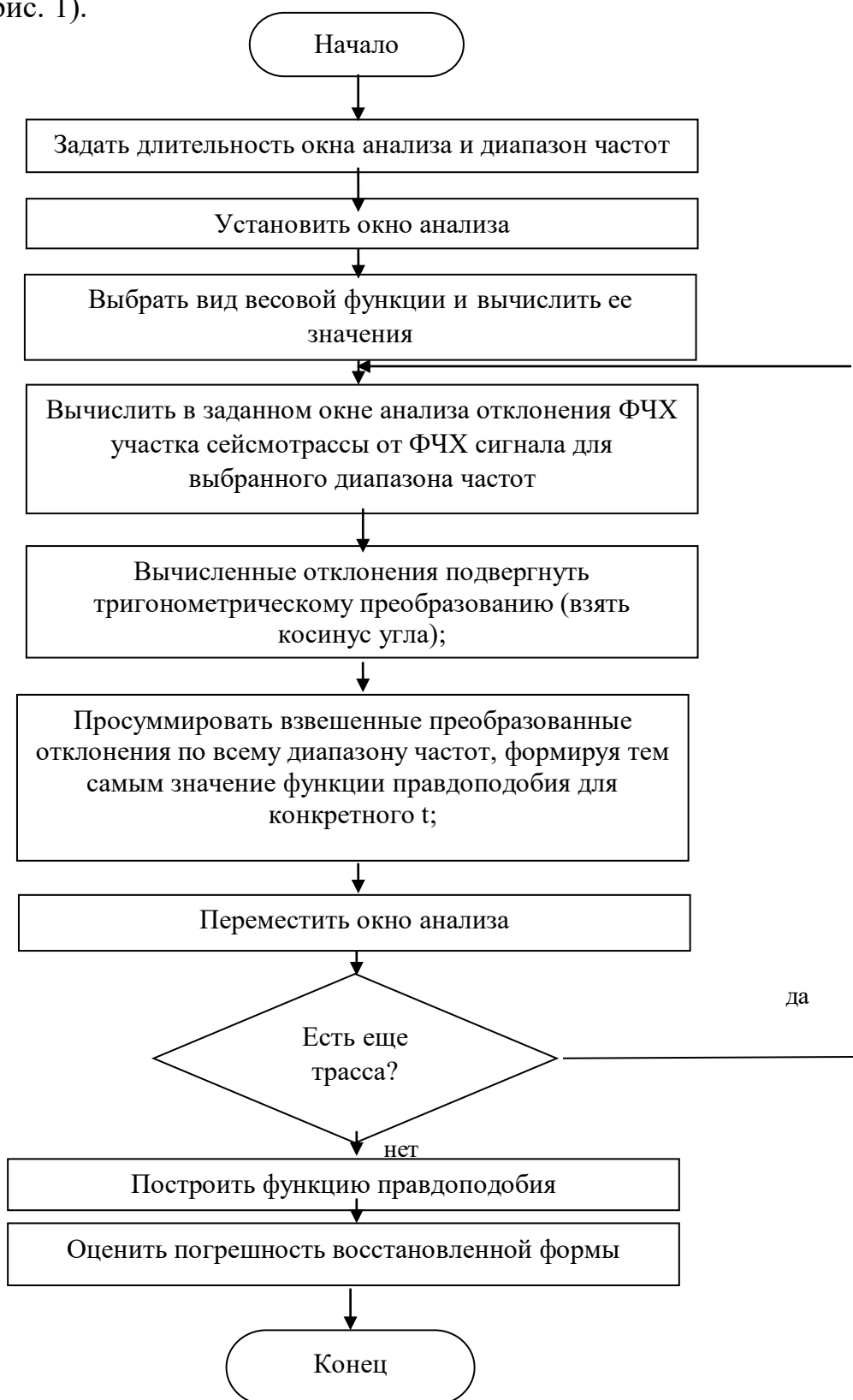


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма

Разработанный алгоритм и блок-схема (рис. 1) далее использовался для написания программы и ее реализации в математическом пакете MatLab (Приложение А).

3. Исследование эффективности разработанного алгоритма на моделях волновых сейсмических полей и сопоставление с существующими алгоритмами

Для того, чтобы провести экспериментальные исследования эффективности представленных методов необходимо построить математическую модель сейсмического поля.

3.1 Построение математической модели волнового сейсмического поля

Волновое сейсмическое поле $X(t,l)$ представляет собой совокупность сейсмограмм, зарегистрированных вдоль профиля наблюдений. При этом математическая модель волнового поля содержит в себе сигнальную составляющую и аддитивную помеху. Сигнальную компоненту в свою очередь можно условно представить в виде двух аддитивных компонент

$$S(t, l) = s1(t, l) + s2(t, l),$$

Первая компонента является суперпозицией регулярных волн по которым ведется интерпретация, их называют полезными; вторая компонента включает в себя регулярные волны помехи. При работе методом отраженных волн (МОВ) под полезными волнами понимают однократно отраженные волны. Шумовой процесс имеет сложный характер и определяется действием большого количества независимых причин. В следствии этого возможно считать, что подчиняется нормальному закону распределения. Тогда общая статистическая модель сейсмограммы имеет вид:

$$X(t, l) = \sum_i a_i * S(t - \tau_i - \Delta t_i(l)) + N(t, l) \quad (5)$$

где $f(t)$ – форма отдельной волны;

a_i – амплитуда i -ой волны;

τ_i - время прихода i -ой волны в точку профиля $l = 0$;

$\Delta t_i = l/v_i$ - приращение времени от трассы к трассе;

v_i - кажущаяся скорость i -ой волны.

Как следует из выражения (5), любую i -ю сейсмотрассу можно рассматривать, как сумму двух независимых процессов, сигнального, представляющего собой наложение большого числа волн одинаковой формы, и шумового. Сигнальная составляющая, как указывалось выше, содержит большое число волн одинаковой формы, которые различаются амплитудами и временами прихода. Априорная информация о спектральном составе и форме волн важна при построении алгоритмов обработки сейсмических данных, а, следовательно, она должна быть учтена в модели сейсмограммы. Ограничим анализ случаем аддитивной смеси полезных волн (регулярные однократно-отраженные волны), параметры которых могут быть как известными, и нерегулярными помехами.

$$X(t) = \sum_i a_i * S(t - \tau_i) + N(t) \quad (6)$$

В выражении (6) полезный сигнал $S(t)$ наблюдается на фоне интенсивного шума $N(t)$, который, в свою очередь, подчиняется нормальному закону распределения. Опираясь на выше сказанное, построим модель сейсмической трассы в виде аддитивной суммы полезного сигнала и шума, как было показано в (6).

Для этого выберем модель полезного сигнала, опираясь на следующие рассуждения. Как известно [10] реальные сейсмические импульсы имеют следующие закономерности:

1) продолжительность колебаний импульсов не превышает $2 \div 3$ преобладающих периодов волны;

2) импульсы имеют плавную огибающую, причем начальные и конечные фазы слабее, чем центральные;

3) сейсмические импульсы чаще всего характеризуются плавным нарастанием первого отклонения, т.е. начальная скорость смещения равна нулю, а ускорение или производные от смещения еще более высокого порядка претерпевают скачок.

В этом плане наиболее часто для аппроксимации реальных импульсов, наблюдаемых при сейсмических исследованиях, используют следующие выражения:

- 1) Импульс Пузырева (импульс с колокольной огибающей)

$$S(t) = a_0 * e^{-\beta^2 * t^2} * \cos(\omega_0 * t + \psi), \quad (7)$$

где a_0 – амплитуда сигнала, β – коэффициент затухания, ω_0 – основная частота, ψ – начальная фаза.

- 2) Импульс Берлаге

$$S(t) = a_0 t^n e^{-\beta t} \sin(2\pi f_0 t),$$

где β , n - параметры, определяющие конкретный вид огибающей импульса, f_0 - преобладающая частота

В данной работе для построения модели сейсмотрассы был выбран импульс с колокольной огибающей (7) (рис. 2)

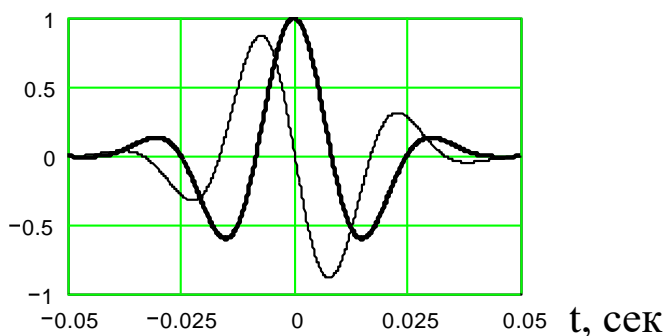


Рис. 2 – Импульс с колокольной огибающей

Шум генерировался датчиком случайных чисел с нормальным законом распределения и числовыми параметрами: m_x , σ_x . В качестве отношения сигнала к шуму принималось отношение максимальной амплитуды сигнала к среднеквадратическому отклонению шума. Математическое ожидание шума равнялось нулю.

3.2. Исследование помехоустойчивости алгоритмов определения формы сейсмических импульсов на построенной модели

Опираясь на математическую модель, построенную выше, проведем исследование точности восстановления формы сейсмического импульса по алгоритмам, рассмотренным выше.

3.2.1 Алгоритм синфазного суммирования

Будем считать, что форма сигнала от трассы к трассе не изменяется, а полезный сигнал наблюдается на фоне интенсивного шума, имеющего нормальный закон распределения. Основная идея алгоритма синфазного суммирования состоит в последовательном накоплении участков сейсмических трасс, содержащих полезный сигнал.

В качестве критерия отношения сигнала к шуму, как уже отмечалось выше, примем отношение максимальной амплитуды сигнала (a_0) к среднеквадратическому отклонению шума (σ_x).

$$\rho = \frac{a_0}{\sigma_x}$$

В качестве примера на рисунках 3 и 4 приведены чистый сигнал и аддитивная смесь сигнала с шумом при отношении сигнала к шуму равным 3.

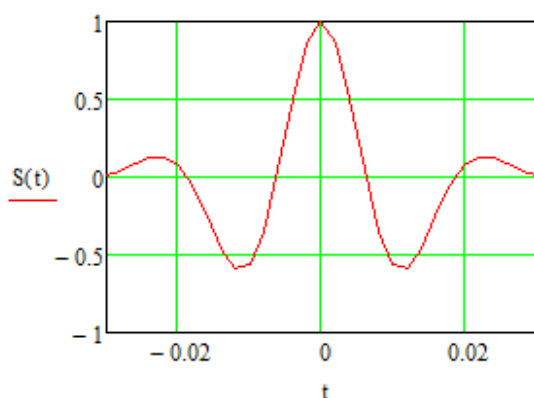


Рис. 3 – Исходный
сигнал

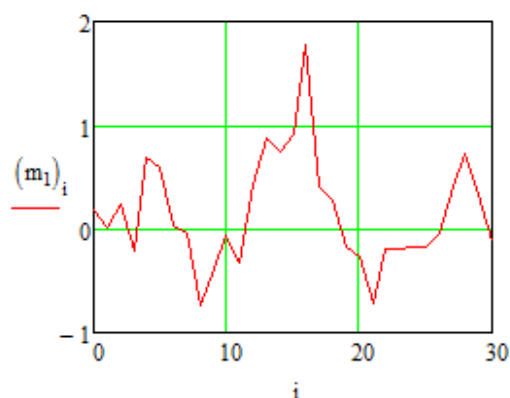


Рис. 4 – Смесь сигнала с
шумом

Как видно из рисунков, наличие шума приводит к искажению формы импульса. Теперь реализуем метод синфазного суммирования:

$$\hat{S}(t) = \frac{\sum_{i=0}^n X_i(t)}{n}, \quad (8)$$

где $X(t)$ описывается выражением (1).

Результаты синфазного суммирования пятидесяти трасс представлены на рисунке 5.

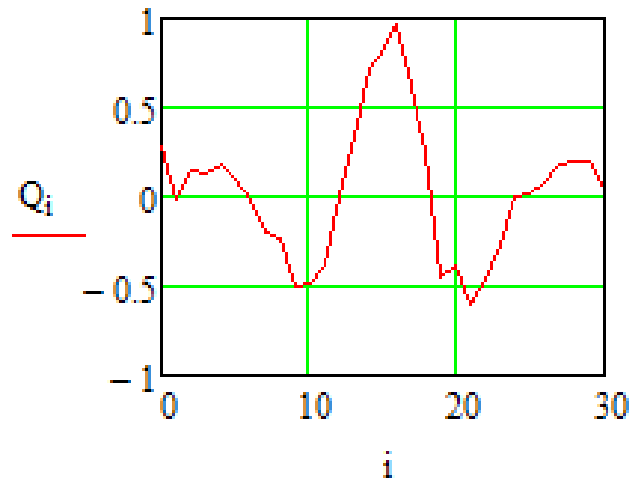


Рис. 5 – Результат синфазного суммирования трасс

Из сопоставления рисунков 3, 4 и 5 следует, что синфазное суммирование сейсмических трасс позволяет восстановить форму сейсмического импульса и тем точнее, чем больше число суммированных трасс[11]. Аналитически покажем, как изменилось отношение сигнала к шуму, после использования данного метода. Для этого найдем дисперсию шума после синфазного суммирования:

$$\begin{aligned} D \left[\frac{\sum_{i=1}^n S_i(t) + N_i(t)}{n} \right] &= \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n D[S_i(t)] + \sum_{i=1}^n D[N_i(t)] = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n D[N_i(t)] \\ &= \frac{1}{n^2} * n * \sigma_x^2 = \frac{\sigma_x^2}{n} \end{aligned}$$

Тогда отношение сигнал/шум после суммирования n трасс становится равным:

$$\rho = \frac{a_0\sqrt{n}}{\sigma_x}$$

Таким образом, синфазное суммирование приводит к увеличению отношения сигнал/шум в корень из числа суммируемых трасс. Однако, такой результат достижим только в том случае, если форма сигнала от трассы к трассе не изменяется и нет интерференции волн.

3.2.2 Алгоритм, основанный на расчете автокорреляционной функции сейсмической трассы

Проведем исследование алгоритма, основанного на расчете АКФ трассы. Для этого построим функцию автокорреляции модели сейсмотрассы (1), используя встроенную функцию `lcorr` в математическом пакете Mathcad. На рисунке 6 представлена АКФ модели сейсмической трассы (1).

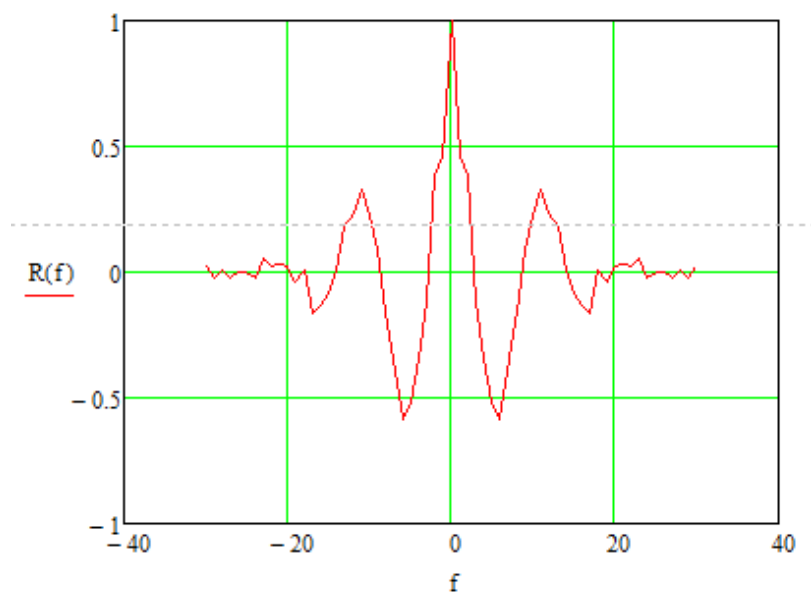


Рис.6 – АКФ модели сейсмотрассы

Как видно из рисунка АКФ трассы подобна по форме сейсмическому импульсу и является четной, симметричной функцией времени. Полученная АКФ (рис.6) дает возможность определить оценку АЧХ сейсмического сигнала путем прямого ДПФ. На рисунке 7 показана оценка АЧХ импульса, которая дает возможность оценить диапазон частот, где сосредоточена основная

энергия сигнала. Наличие симметрии на графике объясняется свойствами ДПФ, для которого появляется составляющая отрицательных частот. Теперь, для того чтобы восстановить сигнал, нам потребуется не только АЧХ, а весь комплексный спектр. Однако, найти ФЧХ по АКФ невозможно, поэтому необходимо принять допущение о виде ФЧХ.

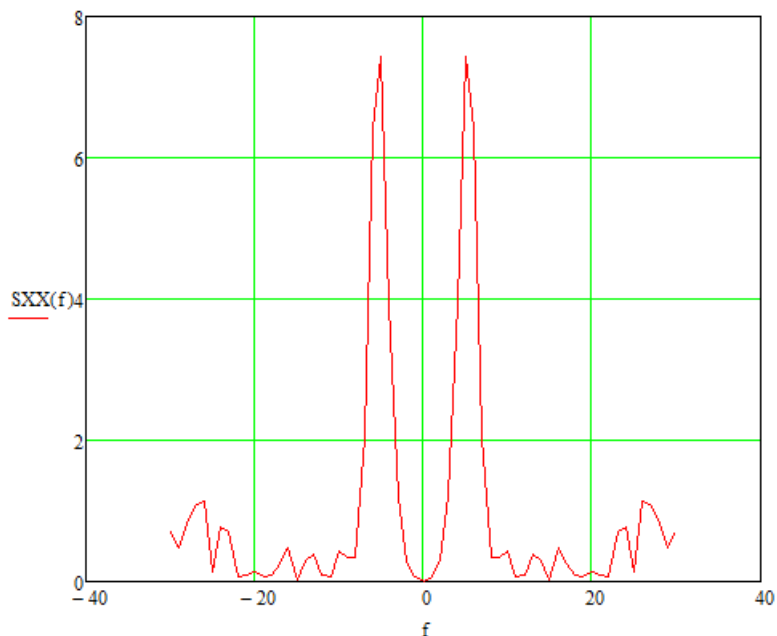


Рис. 7 – АЧХ от АКФ

Примем допущение о нуль-фазовой частотной характеристики сейсмического сигнала и выполним обратное преобразование Фурье. Полученный результат работы данного алгоритма представлен на рисунке 8 [13].

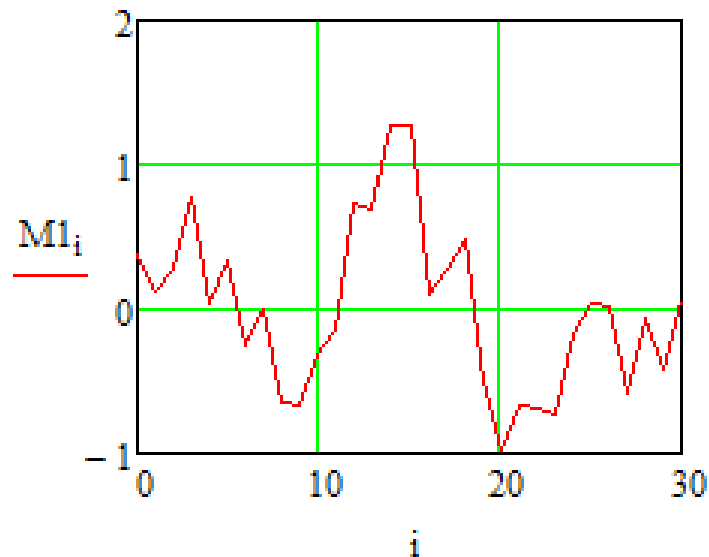


Рис. 8 – Результат работы алгоритма, основанного на расчете АКФ.

Из рисунка 8 следует, что данный алгоритм при наличии интенсивных помех позволяет получить некоторую оценку формы сигнала. Однако, точность восстановления, как видно из рисунка, во многом зависит от правильного выбора ФЧХ.

3.2.3 Алгоритм, разработанный на основе метода фазочастотного прослеживания

Теперь перейдем к реализации разработанного алгоритма на основе метода фазочастотного прослеживания. Для этого воспользуемся блок-схемой алгоритма, представленной на рисунке 1. Реализацию алгоритма будем осуществлять в математическом пакете Matlab. В качестве исходных данных будем использовать модель вида (1). Функцию правдоподобия будем строить в соответствии с выражением (4), а в качестве весовой функции примем единичную функцию (равновесное суммирование). Вычислительный эксперимент будем проводить для различных соотношений сигнал/шум, а в качестве критерия точности восстановления, как видно из описания алгоритма, примем СКО между чистым сигналом и восстановленным. Объем выборки для каждого эксперимента будет составлять 50 наблюдений.

На рисунке 9 в качестве примера показана аддитивная смесь сигнала с шумом при отношении сигнал/шум, равным 3, а на рисунке 10 восстановленный сигнал после фазочастотного прослеживания.

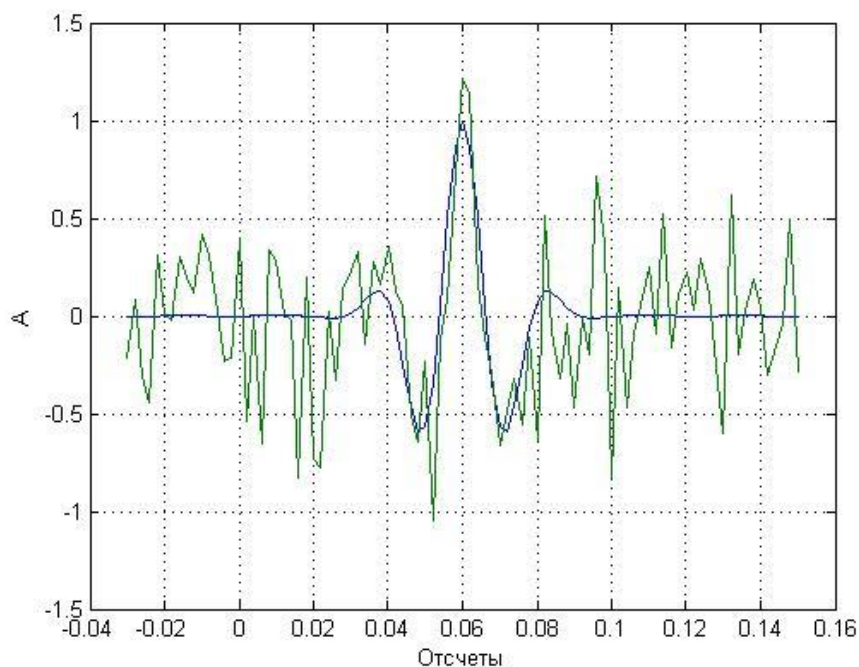


Рис. 9 –Аддитивная смесь сигнала с шумом

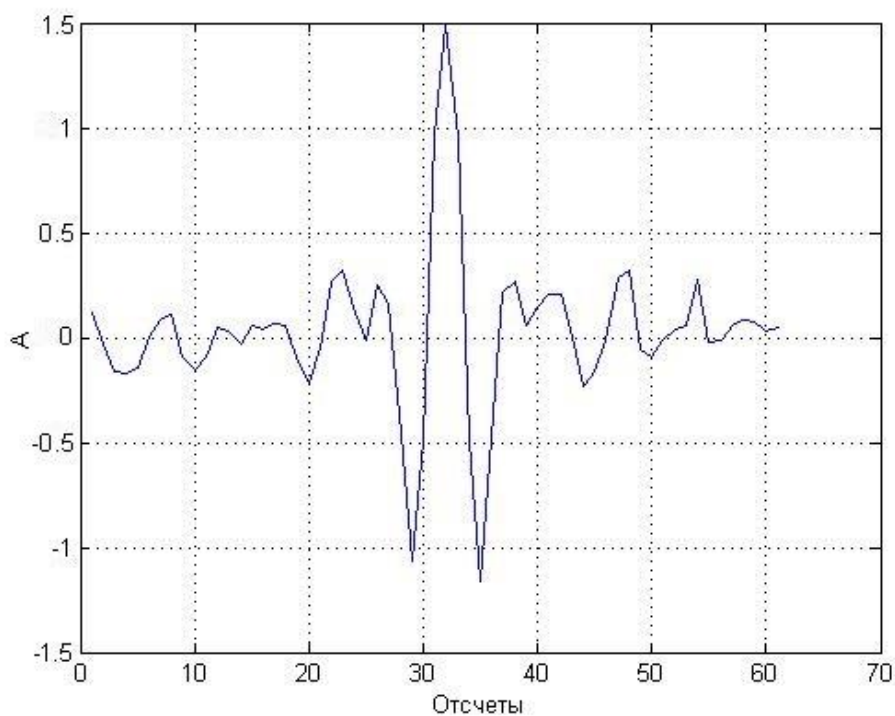


Рис. 10 – Результат работы алгоритма фазочастотного прослеживания

Нетрудно заметить, что форма сигнала стала близка к исходному импульсу. Таким образом, данный алгоритм позволил увеличить отношении сигнала к шуму. Для количественной оценки эффективности метода фазочастотного прослеживания были проведены вычисления среднего квадрата ошибки (СКО):

$$P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S(t_i) - \hat{S}(t_i))^2}{n}}$$

где $S(t)$ – чистый сигнал;

$\hat{S}(t)$ – восстановленный сигнал.

Проведя экспериментальные вычисления для различных отношений сигнал/шум, получим количественные оценки СКО, которые представлены на рисунке 11. Для сравнения на рисунке 12 показаны оценки СКО, когда фазочастотное прослеживание не проводилось. Доверительные интервалы СКО рассчитывались при уровне значимости 0,05.

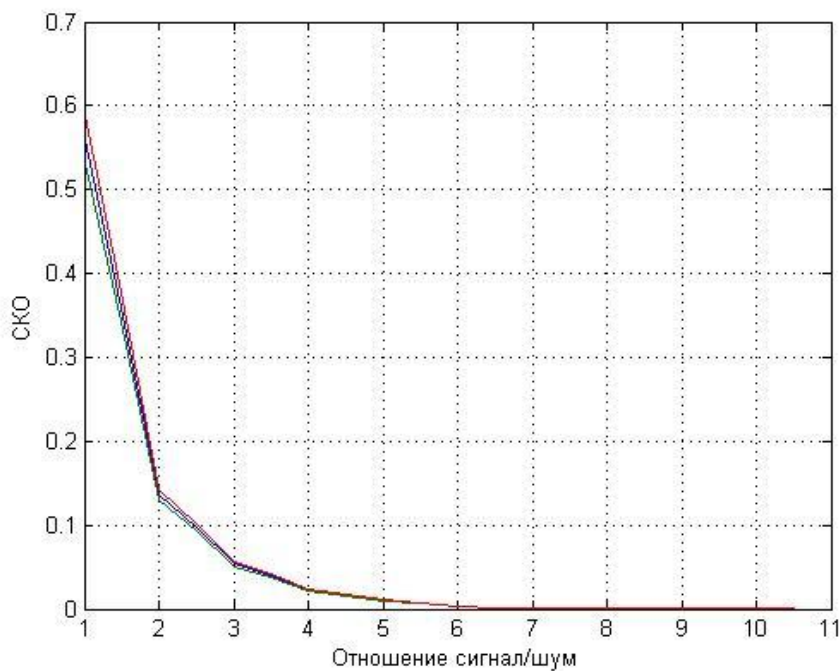


Рис. 11 – Зависимость СКО от отношения сигнала к шуму с использованием алгоритма фазочастотного прослеживания

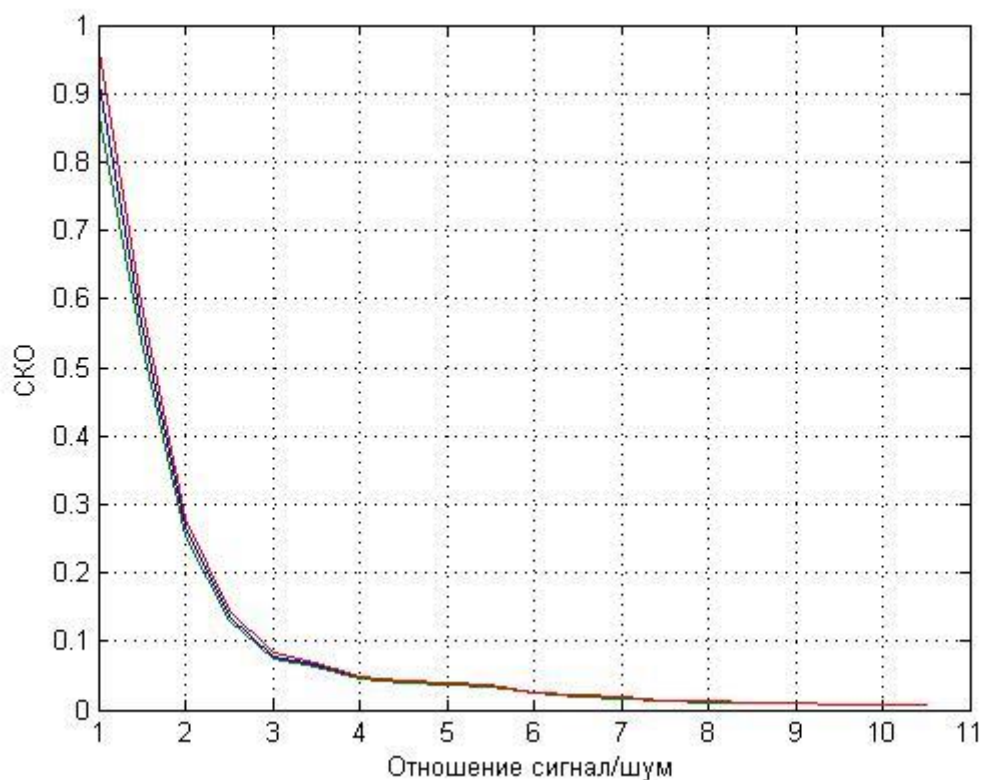


Рис. 12 - Зависимость СКО от отношения сигнала к шуму без использования алгоритма фазочастотного прослеживания

Из сопоставления рассчитанных СКО следует, что применение разработанного алгоритма позволяет существенно уменьшить погрешность восстановления формы сигнала при низких отношениях сигнала к шуму ($\rho < 5$). Кроме того, что особенно важно, данный алгоритм не критичен к изменению формы сигнала от трассы к трассе, так как здесь восстанавливается сигнал непосредственно по исходному волновому полю.

3.3 Исследование разрешающей способности разработанного алгоритма в зонах интерференции

Как уже отмечалось выше, при оценке формы сигнала возникают проблемы, связанные с изучением свойств сигналов в зонах интерференции волн. В таких зонах сигналы, накладываясь друг на друга, изменяют собственную форму и выделение однократных отражений становится весьма затруднительным. Тем более это свойственно для тонкослоистых сред. При

этом, как правило, приходится осуществлять прослеживание волн в условиях, когда форма сигналов неизвестна. В данной связи для оценки формы сигнала необходимо применять алгоритмы, обладающие повышенной разрешающей способностью. Рассмотрим с этих позиций исследуемый выше алгоритм фазочастотного прослеживания, который реализуется в виде процедуры поиска максимума функции правдоподобия (4). Известно [11], что выравнивание амплитудно–частотной характеристики при линейной фазочастотной характеристике приводит к сжатию сигнала, а, значит, появляется действительная возможность увеличить разрешение сигналов на записи. Таким образом, сжимая сигналы, удастся восстановить форму сейсмического импульса в зонах их интерференции.

Для оценки разрешающей способности предложенных фазочастотных алгоритмов проведено их изучение на синтезированных моделях сейсмического волнового поля.

На рис. 13 приведена модель сейсмограммы, а на рис. 14– результат ФЧП, когда интерференционная картина складывается из 14 волн. Каждая волна состоит из совокупности импульсов с колоколообразной огибающей, основная частота которых $f_0 = 34$ Гц, а коэффициент затухания $\beta = 51$.

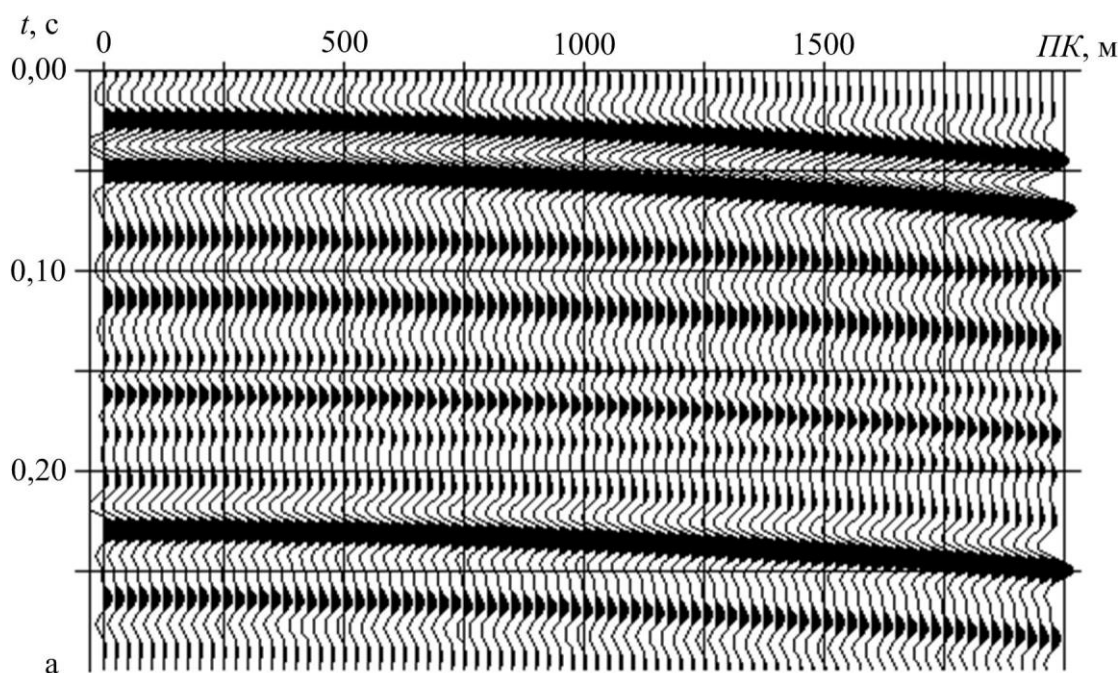


Рис. 13 – Модель волнового поля

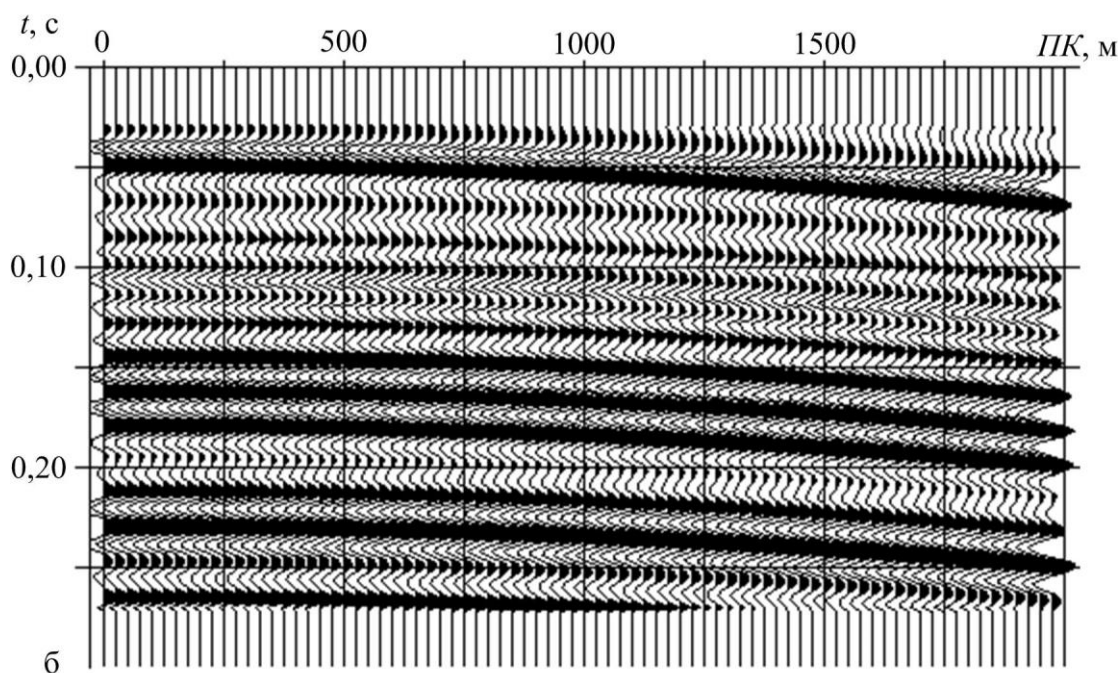


Рис.14 – ФЧП сигналов на модели сейсмограммы

Первая трасса модели сейсмограммы изображена на рис. 15 а. Видно, что в полученной интерференционной картине не удастся выделить все действительно присутствующие в модели волны. Результаты ФЧП для данной трассы приведены на рис. 15 б, где уже явно все волны идентифицированы.

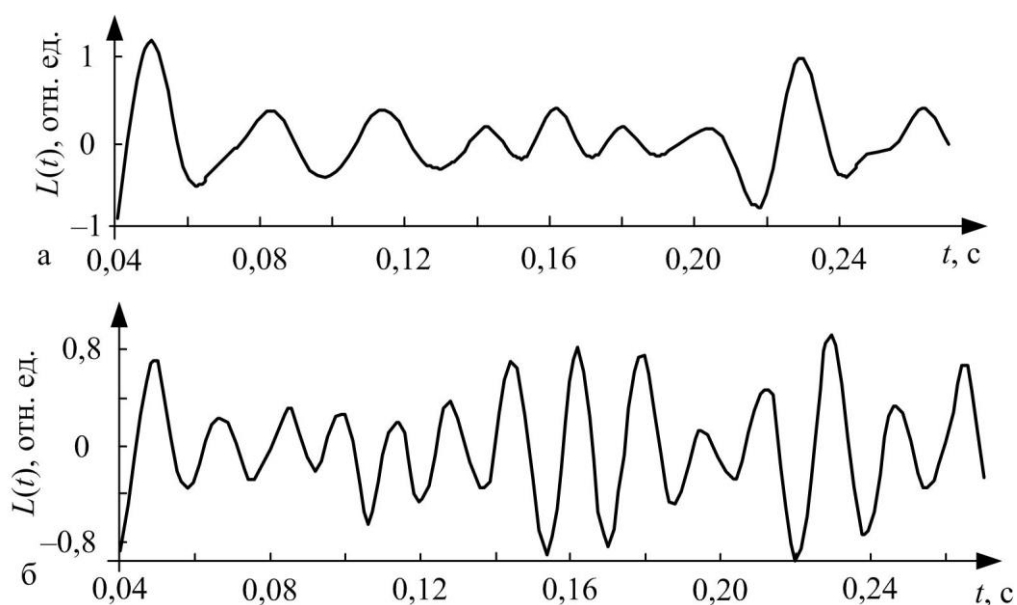


Рис. 15 – ФЧП сигналов на модели сейсмотрассы.

Модель волнового поля (а). Функция прослеживания (б)

Из анализа полученных результатов (сопоставление рис. 13, 14 и 15) следует, что методы ФЧП сигналов с неравновесной обработкой позволяют

разрешать сигналы, сдвинутые друг относительно друга не более чем на треть видимого периода. Такое разрешение дает возможность на практике получать надежные оценки формы сейсмических импульсов.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассмотрены следующие вопросы:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно – исследовательской работы;
- расчёт бюджета научно – технического исследования.

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

4.1.1 Описание целевой аудитории разрабатываемой системы

В первую очередь необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар.

Потенциальными потребителями результатов исследования являются нефтегазовые компании.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Рынок постоянно меняется, поэтому периодически необходимо проводить детальный анализ конкурирующих разработок. Данный анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам.

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. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i ,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_f	B_{k1}	B_{k2}	K_f	K_{k1}	K_{k2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Интерфейс пользователя	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
2. Сопроводительная документация	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,35
3. Совместимость с другими программами	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
4. Удобство в эксплуатации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
5. Возможность настройки программы по определенным параметрам	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
6. Аппаратная независимость, открытость системы	0,06	3	3	2	0,18	0,12	0,12
7. Язык написания, сложность сопровождения	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
8. Степень соответствия современным требованиям в области использования	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							

9. Конкурентоспособность разработки	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
10. Цена	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
11. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
12. Финансирование научной разработки	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Итого	1				4,68	4,09	4,4

На основе анализа оценки конкурентоспособности можно сказать, что технические и экономические показатели оценки ресурсоэффективности данной разработки опережают показатели конкурентов.

4.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в разработку. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений, рассмотренных в таблице 1

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относит. значение (3/4)	Средне-взвешенное значение (5x2)
Показатели оценки качества разработки					
1. Интерфейс пользователя	0,1	80	100	0,8	0,08
2. Сопроводительная документация	0,07	70	100	0,7	0,049

3. Совместимость с другими программами	0,04	90	100	0,9	0,036
4. Удобство в эксплуатации	0,1	100	100	1	0,1
5. Возможность настройки программы по определенным параметрам	0,05	90	100	0,9	0,045
6. Аппаратная независимость, открытость системы	0,06	90	100	0,9	0,054
7. Язык написания, сложность сопровождения	0,1	90	100	0,9	0,09
8. Степень соответствия современным требованиям в области использования	0,2	100	100	1	0,2
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
9. Конкурентоспособность разработки	0,1	100	100	1	0,1
10. Цена	0,08	80	100	0,8	0,064
11. Финансирование научной разработки	0,1	80	100	0,8	0,08
Итого	1				0,898

Полученное средневзвешенное значение показателя качества и перспективности разработки составляет 89,8% и позволяет считать ее перспективной, так как значение принадлежит промежутку от 80 до 100%.

4.2 Планирование и формирование бюджета научного исследования

4.2.1 Определение организационной структуры проекта, трудоемкости выполнения работы

Вся деятельность в рамках научного исследования представляет собой комплекс этапов и работ, перечень которых, с указанием исполнителей, представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Согласование, утверждение, принятие технического задания	Руководитель
Разработка и утверждение технического проекта	2	Определение программной среды	Выпускник
	3	Установление подробного плана и сроков	Руководитель
	4	Утверждение технического проекта	Руководитель
Планирование и реализация работ	5	Разработка, отладка проекта на ЭВМ	Выпускник
	6	Разработка графического интерфейса	Выпускник
	7	Разработка, тестирование	Выпускник
	8	Поиск и устранение ошибок	Руководитель, выпускник
	9	Доработка проекта, устранение выявленных ошибок	Выпускник

Оформление	10	Написание пояснительной записки для ВКР	Выпускник
------------	----	---	-----------

4.2.2 Разработка календарного плана выполнения проекта

Временные показатели проведения научного исследования – трудоемкость и длительность, перечисленных выше работ указана в таблице 9.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы									Длительность работ в рабочих днях Тр			Длительность работ в календарных днях Тк		
	Тмин			Тмакс			Тож			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3						
Согласование, утверждение, принятие технического задания	2	2	3	4	5	5	3	3	4	3	3	4	4	5	6
Определение программной среды	3	4	3	6	7	7	4	5	5	4	5	6	6	8	7
Установление подробного плана и сроков	5	5	5	9	9	8	7	7	6	7	7	6	10	10	9
Утверждение технического проекта	1	2	1	2	3	3	1	2	2	1	2	2	2	4	3
Разработка, отладка проекта на ЭВМ	3	6	4	7	8	8	5	7	6	5	7	6	7	10	8

Разработка графического интерфейса	23	25	25	30	35	30	26	29	27	26	29	27	38	43	40
Разработка, тестирование	3	4	4	5	6	7	4	5	5	4	5	5	6	7	8
Поиск и устранение ошибок	3	4	3	7	8	9	5	6	5	5	6	5	7	8	8
Доработка проекта, устранение выявленных ошибок	10	9	10	20	20	25	14	13	16	14	13	16	21	20	23
Написание пояснительной записки для ВКР	2	3	3	3	4	4	2	3	3	2	3	3	4	5	5

№	Вид работ	Исполнители	T _{кп} , к. дн.	Продолжительность выполнения работ																																															
				февр.				март				апр.				май				июнь																															
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																												
1	Согласование, утверждение и принятие технического задания	Р	4	■																																															
2	Определение программной среды	Л	6	■	■																																														
3	Установление подробного плана и сроков разработки алгоритмов	Р	10		■	■	■																																												
4	Утверждение технического проекта	Р	2				■																																												
6	Программирование, отладка проекта на локальной машине	Л	7				■	■	■																																										
7	Разработка графического интерфейса	Л	44					■	■	■	■	■	■	■	■																																				
8	Разработка, выбор пакета тестов	Л	6												■	■																																			
9	Поиск и устранение ошибок	Л+Р	7												■	■																																			
10	Доработка проекта, устранение выявленных ошибок и уязвимостей	Л	21													■	■	■	■	■																															
11.	Составление эксплуатационно-технической документации	Р	4																					■	■																										
				■	-лаборант																							■	-руков-ль																						

Рисунок 16 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

При формировании бюджета на выполнение НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных

(экспериментальных) работ;

- основная заработная плата исполнителей разработки;
- дополнительная заработная плата исполнителей разработки;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;

Далее приведены расчеты затрат по каждой статье.

Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья учитывает расходы на все материальные ресурсы, используемые при реализации научно-технического исследования.

Результаты расчета материальных затрат представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Материальные затраты.

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб			Затраты на материалы, руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Компьютер	Шт.	1	1	1	41300	42500	41999	82600	85000	83998
Итого								82600	85000	83998

Наиболее дорогими являются материальные ресурсы, используемые во второй версии реализации научно-технического исследования; наиболее дешевыми – в первой версии реализации научно-технического исследования.

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Данная статья учитывает расходы на специальное оборудование, используемое при реализации научно-технического исследования.

В качестве специального оборудования выступает ранее оборудованное рабочее место, и для выполнения разработки не было необходимости производить закупку нового оборудования. Следовательно, данная статья включает амортизационные отчисления.

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$Z_{ам} = \frac{(C_i \cdot H_a)}{100\%}$$

$Z_{ам}$ – ежедневная сумма амортизационных отчислений;

C_i – цена (балансовая стоимость) i -го оборудования;

H_a – норма амортизационных отчислений (%).

Норма амортизационных отчислений в соответствии с Налоговым кодексом РФ определяется по формуле:

$$H_a = \frac{1}{T_{п.и.}} \cdot 100\% ,$$

$T_{п.и.}$ – срок полезного использования объекта (в днях) определяется в соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы.

Таблица 11 – Расчет затрат на специальное оборудование

Наим. Оборудования	Кол-во	С первонач., руб			А в день., руб.			А за период, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Компьютер	1	82600	85000	83998	113,15	116,44	115,07	452,60	465,75	460,26
Итого								452,60	465,75	460,26

На основе полученного результата, можно сделать вывод, что в процессе реализации научно-технического исследования величина амортизационных отчислений в первом варианте расчета является наименьшей. Во втором варианте расчета наибольшая величина амортизационных отчислений.

Основная заработная плата исполнителей темы

Данный раздел учитывает расходы на основную заработную плату исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении НИИ, – руководителя и выпускника, т.е. разработчика.

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$C_{зн} = \frac{D + D \cdot K}{F} ,$$

D - месячный оклад работника;

K - районный коэффициент (для Томска – 30%);

F – количество рабочих дней в месяце (в среднем 22 дня).

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
			Руководитель	23264,86	1374,74	18	21	21
Разработчик	6976,22	412,23	61	73	69	25146,03	30092,79	28443,87
Итого						49891,35	59162,33	57313,41

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15).

Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			$k_{\text{доп}}$	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	24745,32	28869,54	28869,54	0,15	3711,80	4330,43	4330,43
Разработчик	25146,03	30092,79	28443,87	0,15	3771,90	4513,92	4266,58
Итого					7483,70	8844,35	8597,01

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной части представлены расчеты отчислений во внебюджетные фонды. Т.е. в данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены таблице 14.

Таблица 14 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	24745,32	28869,54	28869,54	3711,80	4330,43	4330,43
Разработчик	25146,03	30092,79	28443,87	3771,90	4513,92	4266,58
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,28					
Итого						
Исполнение 1	16065,01					
Исполнение 2	18985,87					
Исполнение 3	18454,92					

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 - 5) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, взят в размере 50%.

$$Z_{\text{накл}} (\text{Исполнение 1}) = 0,5 * (82600 + 452,60 + 49891,35 + 4783,70 + 16065,01) = 76896,33 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл}} (\text{Исполнение 2}) = 0,5 * (85000 + 465,75 + 59162,33 + 8844,35 + 18985,87) = 86229,15 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл}} (\text{Исполнение 3}) = 0,5 * (83998 + 460,26 + 57313,41 + 8597,01 + 18454,92) = 84411,80 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат дипломной работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НИИ	82600	85000	83998
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	452,60	465,75	460,26
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	49989,35	59162,33	57313,41
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7483,70	8844,5	8597,01
Отчисления во внебюджетные фонды	16065,01	18985,87	18454,92
Накладные расходы	76896,33	86229,15	84411,80
Бюджет затрат НИИ	230689	258687	253235

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что самый большой бюджет требуется для реализации второго варианта. Самый минимальный бюджет необходим, для реализации первого варианта.

Расчет интегральных показателей эффективности исследования, выбор наилучшего исполнения.

Интегральный показатель финансовой эффективности определяется по формуле:

$$I_{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале

оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Критерии				
Интерфейс пользователя	0,15	5	3	5
Сопроводительная документация	0,1	5	5	5
Совместимость с другими параметрами	0,05	5	5	4
Простота ввода в эксплуатацию	0,2	4	4	4
Возможность настройки программы по определенным параметрам	0,05	5	4	5
Аппаратная независимость, открытость системы	0,1	3	2	2
Язык написания, сложность сопровождения	0,2	5	4	5
Степень соответствия современным требованиям в области использования	0,15	5	5	5
Итого	1	4,60	3,35	4,45

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{рi}}{I_{финр}}$$

. Интегральный финансовый показатель разработки (Исполнение 1) = 230689/ 258687= 0,89;

Интегральный финансовый показатель разработки (Исполнение 2) = 258687/ 258687= 1;

Интегральный финансовый показатель разработки (Исполнение 3) = 253235/ 258687= 0,98;

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

($I_{исп.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.} = \frac{I_{p-исп}}{I_{финр}}$$

Интегральный показатель эффективности (Исполнение 1) = $4,60 / 0,89 = 5,17$;

Интегральный показатель эффективности (Исполнение 2) = $3,35 / 1 = 3,35$;

Интегральный показатель эффективности (Исполнение 3) = $4,45 / 0,98 = 4,55$;

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Далее представлены расчёты показателя сравнительная эффективность проекта для каждого из исполнений относительно Исполнения 1.

Сравнительная эффективность проекта (Исполнение 1) = $5,17 / 4,60 = 1,12$;

Сравнительная эффективность проекта (Исполнение 2) = $3,35 / 4,60 = 0,73$;

Сравнительная эффективность проекта (Исполнение 3) = $4,55 / 4,60 = 0,99$;

Сравнительная эффективность проекта представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки.

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	1	0,98
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,60	3,35	4,45
3	Интегральный показатель эффективности	5,17	3,35	4,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,12	0,73	0,99

Выводы по разделу: сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило выбрать наиболее эффективный вариант решения проекта. С позиций технической и финансовой ресурсоэффективности мы можем сделать выводы о том, что научно – техническое решение, представленное первым исполнителем, является более предпочтительным.

5. Социальная ответственность

Во время разработки и эксплуатации проекта «Анализ методов и алгоритмов восстановления формы сейсмических импульсов» выполнялись работы, связанные построением алгоритмов, моделированием процессов, анализом информации, программированием. Программный комплекс будет использоваться для анализа сейсмических волн.

Разработка программы велась исключительно при помощи компьютера. В данном разделе будут рассмотрены вопросы выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению, непосредственно связанные с работой с ЭВМ.

5.1 Производственная безопасность

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнялась в кибернетическом центре Томского Политехнического университета, в аудитории №105. Рабочее место находится на первом этаже здания и представляет собой комнату длиной – 8 м., шириной – 4 м. и высотой – 3 м. Естественное освещение аудитории отсутствует. Площадь кабинета составляет 32 м², объем – 96 м³.

5.1.1 Вредные факторы производственной среды

На программиста в течение рабочего дня воздействует множество различных производственных факторов, каждый из которых влияет на производительность, работоспособность и физическое состояние.

В таблице 18 представлены основные виды работ, которые могут привести к воздействию опасных и вредных факторов.

Таблица 18 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации и обслуживании системы.

Источник фактора, наименование работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Работа за персональным компьютером в помещении	1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны 2. Повышенная или пониженная влажность воздуха 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны 4. Повышенный уровень шума на рабочем месте 5. Повышенный уровень электромагнитных излучений	1. Повышенное значение напряжения электрической цепи. 2. Возгорание оборудования	1. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ 2. Правила устройства электроустановок ПУЭ 3. СанПиН 2.2.4.548-96. 4. Естественное и искусственное освещение. 5. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 6. СанПиН 2.2.4.3359-16 7. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ.

Вредные производственные факторы

Производственный фактор считается вредным, если воздействие этого фактора на работника может привести к его заболеванию. Рассмотрим основные вредные факторы, влияющие на человека во время работы с ПЭВМ.

Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Сочетание неблагоприятных параметров микроклимата может вызвать резкое ухудшение самочувствия,

снижение производительности, а также привести к заболеваниям. Причиной этого будет являться перегрев или переохлаждение.

Влажность воздуха оказывает влияние на терморегуляцию организма человека: низкая влажность может вызвать пересыхание слизистых оболочек работника, а высокая увеличивает теплопроводность воздуха, усиливает негативные факторы высокой и низкой температуры воздуха.

Высокая температура воздуха может вызвать перегрев организма, что приводит к быстрой утомляемости работающего. Низкая температура воздуха может вызвать переохлаждение организма, что может привести к простудным заболеваниям. Подвижность воздуха также влияет на организм человека: способствует эффективной теплоотдаче при высоких температурах, а при низких может нанести вред.

Работа за ПК относится к категории Ia. К данной категории относятся работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением [14].

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают ощущение теплового комфорта в течении восьмичасового рабочего дня с незначительным напряжением механизмов терморегуляции.

Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548-96 для категории работ Ia представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Оптимальные значения показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	40-60	0,1
Теплый	21-23		0,1

Допустимые микроклиматические условия не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03, в кабинете поддерживается температура равная 19–20 С°, при относительной влажности в 55–58%. Для этого в помещении проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

В таблице 20 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548-96

Таблица 20 – Допустимые значения показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	20 – 25	15 – 75	0,1
Теплый	21 – 28		0,1 – 0,2

Освещенность рабочей зоны

Рабочее освещение – это основное освещение, обеспечивающее нормальные условия для нахождения человека в помещении. Под нормальными понимаются условия жизнедеятельности человека, при которых он не напрягает зрение, чтобы выполнить любое действие, для которого данное помещение предназначено.

Освещение в недостаточной степени может привести к напряжению зрения, ослаблению внимания и наступлению преждевременной утомленности. Слепение, резь в глазах и раздражение могут быть вызваны чрезмерно ярким

освещением. Свет на месте труда может создать сильные тени или отблески, а также дезориентировать работающего. Основным документом, регламентирующим нормы освещенности, является СНиП 23-05-95.

Основным показателем качества освещения является освещенность E - поверхностная плотность светового потока. По характеристике зрительной работы труд программиста относится к разряду III подразряду Г (высокой точности), т.е. наименьший размер объекта различения от 0,3 до 0,5 мм (точка). Это значит, что нормативное значение освещенности рабочего места должно быть 200 лк (СНиП 23-05-95).

Производственный шум

При выполнении работ, описанных выше, специалист может оказаться под шумовым воздействием со стороны оборудования, находящегося в рабочем помещении: ПК, печатающие устройства, оборудование поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция) и пр. Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, следовательно, согласно ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Общие требования безопасности» эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50 дБА.

Допустимые уровни звука на рабочих местах нормируются по ГОСТ 12.1.003-83 [15]. Значения допустимых уровней шума приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Допустимые уровни шума

Объект	Общий уровень звука, дБ	Уровни звукового давления, дБ в среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постоянное рабочее место: 1) работа до 4 ч 2) работа до 8 ч	80	95	87	82	78	75	73	71	69
	86	101	93	88	81	79	77	75	

Допустимый уровень звукового давления колеблется от 38 дБ до 86 дБ при частоте от 8000 Гц до 31,5 Гц, соответственно. Наиболее эффективная защита от производственного шума создается с помощью специальных архитектурно-строительных решений на этапе проектирования здания, планировки офиса и рабочих мест в нём. В качестве дополнительных мер по защите от шума можно применять различные звукоизолирующие кожухи, акустические экраны, звукопоглощающие отделочные материалы. Для снижения уровня шума, производимого персональными компьютерами, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы.

Электромагнитное излучение

Источником электромагнитного поля и электромагнитных излучений на рабочем месте является компьютер, в частности, экран монитора компьютера. Оценка величины уровней ЭМП, проведенная по паспортным данным компьютера и монитора, показала их соответствие нормам ТСО–03 и СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. В таблице 22 приведены нормы уровня ЭМП, которым соответствует техника в кабинете.

Таблица 22. – Допустимые уровни ЭМП

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Основные способы защиты от статического электричества следующие: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха. Также целесообразно применение полов из антистатического материала

5.1.2 Опасные факторы производственной среды

Поражение электрическим током

Токи статического электричества, наведённые в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока, клавиатуры, а также при работе за паяльной станцией, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя вышеописанного оборудования. На рабочем месте пользователя размещены дисплей, клавиатура и системный блок. Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранный фильтра [16]. Согласно ГОСТ 12.1.038-82 при работе за ПК допускаются уровни напряжений прикосновения и токов, представленные в таблице 23. [17]

Таблица 23 – Допустимые напряжения прикосновения и токи

Род тока	Напряжение прикосновения, В	Ток, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

Методы защиты от воздействия статического электричества:

- влажная уборка, чтобы уменьшить количество пылинок в воздухе и на предметах офиса;
- использование увлажнителей воздуха;
- защитное заземление;
- применение средств индивидуальной защиты, таких как антистатические спреи и браслеты.

Допустимый ток частотой 50 Гц при длительности воздействия более 10 секунд составляет 2 мА, а при длительности 10 секунд и менее – 6 мА. Для

переменного тока эта величина соответственно равна 10 и 15 мА. Методы защиты от опасности поражения электрическим током:

- электрическая изоляция токоведущих частей (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм);
- ограждение токоведущих частей, которые работают под напряжением;
- использование малых напряжений, например, не более 50 В;
- электрическое разделение сетей на отдельные короткие участки;
- защитное заземление и зануление;
- применение средств индивидуальной защиты, таких как плакаты и знаки безопасности, изолирующие подставки, указатели напряжения.

Пожарная безопасность

Компьютерный класс по пожарной безопасности относится к категории В, в нём находятся горючие материалы и вещества в холодном состоянии [18]. По степени огнестойкости данное помещение относится к 3-й степени огнестойкости. Возможные причины пожара: перегрузка в электросети, короткое замыкание, разрушение изоляции проводников. Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения:

- огнетушащие вещества (вода, песок, земля);
- огнетушащие материалы (грубошёрстные куски материи – кошмы, асбестовые полотна, металлические сетки с малыми ячейками ит. п.);
- немеханизированный ручной пожарный инструмент (багры, крюки, ломы, лопаты и т.п.);
- пожарный инвентарь (бочки и чаны с водой, пожарные ведра, ящики и песочницы с песком);

- пожарные краны на внутреннем водопроводе противопожарного водоснабжения в сборе с пожарным стволом и пожарным рукавом;
- огнетушители.

Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно: наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

Углекислотные огнетушители ОУ-3, ОУ-5 предназначены для тушения загораний веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000 В, жидких и газообразных веществ (класс В, С). Огнетушители не предназначены для тушения загорания веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий), такими огнетушителями нельзя тушить дерево.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей [19].

5.2 Экологическая безопасность

Разработанный программный продукт не наносит вреда окружающей среде ни на стадиях его разработки, ни на стадиях эксплуатации. Однако, средства, необходимые для его разработки и эксплуатации могут наносить вред окружающей среде.

Основными факторами, оказывающими негативные действия на экологию, являются факторы, связанные с производством и эксплуатацией компьютерной техники. Так, например, аккумуляторные батареи компьютеров

содержат в себе различные щелочи и кислоты, которые наносят вред окружающей среде, если они были неправильно утилизированы.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее характерной для объекта, где размещаются рабочие помещения, оборудованные ПЭВМ, чрезвычайной ситуацией является пожар.

Причинами возникновения данного вида ЧС могут являться:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке;
- возгоранием устройств ПЭВМ из-за неисправности аппаратуры;
- возгоранием устройств искусственного освещения;
- возгоранием мебели по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок.

Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

Всякий работник при обнаружении пожара должен:

- Незамедлительно сообщить об этом в пожарную охрану;
- Принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;
- Отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить точный адрес места возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Регулирование отношений между работником и работодателем, касающихся оплаты труда, трудового распорядка, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями осуществляется трудовым кодексом РФ.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на персональном компьютере (ПК) и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

При 8-часовой рабочей смене и работе на ПК, соответствующей необходимо через 1,5-2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2,0 часа после обеденного перерыва устраивать регламентированные перерывы продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

Продолжительность непрерывной работы на ПК без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часа. Продолжительность рабочего дня не должна быть меньше указанного времени в договоре, но не больше 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет и инвалидов I и II группы – не более 35 часов.

Предъявляемые требования к расположению и компоновке рабочего места: Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах (680÷800) мм, при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать: 81 - ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; -

поверхность сиденья с закругленным передним краем; - регулировку высоты поверхности сиденья в пределах (400÷550)мм и углам наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град.; - высоту опорной поверхности спинки (300±20) мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости –400 мм; - угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах ±30 градусов; - регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах (260÷400) мм; - стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250мм и шириной –(50÷70) мм; - регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах(230±30) мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах (350÷500) мм.

Рабочее место пользователя ПК следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм [20].

Выводы по разделу

Проведя анализ рабочего места, где происходило выполнение ВКР, а именно аудитория №105 Кибернетического центра ТПУ, можно сделать вывод о том, что данное помещение удовлетворяет нормам. При соблюдении правил безопасности при работе за компьютером не приведет к ухудшению здоровья.

Заключение

По результатам проделанной работы можно сделать следующее заключение.

1) Применяемые в настоящее время алгоритмы восстановления формы сейсмических сигналов могут на практике приводить к существенным погрешностям. Это связано с тем, что форма сигнала может изменяться по профилю наблюдения, а также могут наблюдаться зоны интерференции волн в области тонкослоистых пород. Все это приводит к необходимости разработки новых алгоритмов.

2) В качестве такого алгоритма в работе предложен метод фазочастотного прослеживания, ранее используемый для определения временного положения сигнала.

3) Показана аналитически возможность метода для решения поставленной задачи. Проведены экспериментальные исследования данного алгоритма и его сопоставления с известными методами на сформированной модели волнового поля.

4) Результаты вычислительного эксперимента, проведенного в математическом пакете MatLab показали, что предложенный алгоритм позволяет увеличить отношение сигнала к шуму, повысить разрешение сигналов на записи, что в конечном итоге позволяет существенно уменьшить погрешность восстановления формы импульса.

Список публикаций

1) Матей Ю.В. Исследование статистических алгоритмов для оценки формы сейсмических сигналов. XVI Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» г. Томск, 3 – 7 декабря 2018г.

Список используемой литературы

1. Курочкин А.Г., Борисенко Ю.Д., Калайдина В.Г. Инверсия сейсмической информации в параметры модели среды // Геофизика. Спецвыпуск «Технологии сейсморазведки».- 2003. №2. - С. 44-47
2. Гогоненков Г.Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморазведкой. М.: Недра, 1987. - 221с.
3. Huang X., Kelkar M., Chopra A., Yang C.T. Wavelet sensitivity study on inversion using heuristic combinatorial algorithms // 65th SEG Annual International Meeting Expanded Abstracts. 1995. - Pp. 1088-1090.
4. Edgar J.A., Selvage J.I. Can thin beds be identified using statistical phase estimation? // First Break. 2011. - Vol. 29. - №3. - Pp. 55-65.
5. Brown A.R. Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data. Tulsa : SEG, 2004.-6th.-541pp.
6. Kochegurov A.I., Kochegurova E.A., Kupina N.A. Detection accuracy of the temporary state of complex signals using phase-frequency tracking methods with equilibrium and non-equilibrium processing // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2015. –V. 342. – P. 27–36 .
7. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсморазведка. Учебник для вузов. – Тверь: Изд-во АИС, 2006. -744 с.
8. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Определение временного положения сейсмических сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик. Геология и геофизика, 1988, № 9, стр.77-83.
9. Яновский А.К. Использование функций взаимной корреляции сейсмических трасс для увязки сейсмических наблюдений // Дискретная корреляция сейсмических волн. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 50–72.
10. Разработка помехоустойчивых алгоритмов динамической инверсии сейсмических данных. [Электронный ресурс] - https://www.gubkin.ru/diss2/files/Autoreferat_Li_Qiang.pdf/ (дата обращения: 18.04.2019)

11. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Орлов О.В. Исследование разрешающей способности методов фазочастотного прослеживания сейсмических сигналов Известия Томского политехнического университета. - 2012 - Т. 320 - №. 5. - С. 80-84.

12. Выдержка из книги Шерифф Р.Н. Сейсморазведка Т.1 [Электронный ресурс] <https://www.ngpedia.ru/pg5893109EtZwISj0001493683/> (дата обращения: 25.04.2019)

13. Матей Ю.В. Молодежь и современные информационные технологии. Исследование статистических алгоритмов для оценки формы сейсмических сигналов. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 514 с. С 100-101.

14. Характеристика отдельных категорий работ [Электронный ресурс] http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/PR_MK/kategor_rab.htm (дата обращения: 05.05.2019)

15. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

16. Обеспечение электробезопасности и пожарной безопасности на рабочем месте. [Электронный ресурс] http://obg.sch867.edusite.ru/dopolnitilnie_computer/chs_computer.htm (дата обращения: 07.05.2019)

17. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Электронный ресурс] https://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=682 (дата обращения: 11.05.2019)

18. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. [Электронный ресурс] http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/a8c77699ce581f96b2636dee84de4e750b33ed20/ (дата обращения: 12.05.2019)

19. Требования по обеспечению первичными средствами пожаротушения и их содержанию. [Электронный ресурс]
<http://www.dvkuot.ru/index.php/pb/323-sredpb> (дата обращения: 15.05.2019)

20. Требования к организации рабочих мест пользователей ПК. [Электронный ресурс]
https://studme.org/33718/bzhd/trebovaniya_organizatsii_rabochih_mest_polzovateley
(дата обращения: 15.05.2019)

Приложение А

```
clc
clear all
%начальные данные
a0 = 1;
f0 = 40;%нижний порог частоты
beta = 60;
fi = 0;
t0 = -0.09;
T = 0.09;
dt = 0.002;
tau = 0.06;
omega = 2*pi*f0;
%Отсчёты
n = T/dt;
t = t0:dt:T;
sigma = a0/5;
ksi = normrnd(0,sigma,[1,length(t)]);
S = a0*exp(-(beta^2).*(t.^2)).*cos(omega*t+t);
Stau=S+ksi;
figure
plot(t,S,t,Stau);
c = 1;
TT = 31;
tn = -0.03;
wn = 20*2*pi;
dw = 1*2*pi;
%Окно анализа
```

```

for i = 1:1:length(Stau)-TT+1
    okno = Stau (i:i+TT-1);
    for K = 1:1:40 % анализируемые частотные компоненты 20 - 60 Гц
        for j = 1:1:length(okno)
            aa(j) = okno(j) * cos((wn + K * dw)*(tn + j*dt));
            bb(j) = okno(j) * sin((wn + K * dw)*(tn + j*dt));
        end
        a(K) = sum(aa);
        b(K) = sum(bb);
        fi(K) = atan(b(K)/a(K));
        L(K) = cos(fi(K));
    end
    if (i > 30) && (i < 35) %построение фазового спектра в промежутке
        plot (fi);hold on;
    end
    LL(i) = sum(L);
end

```