

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки Электроника и наноэлектроника
Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| |
|---|
| Тема работы |
| Акустический скважинный глубиномер |

УДК 622.016.25:531.719.35.082.4

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 1А41 | Терентьева Оксана Юрьевна | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент ОЭИ | Шульгина Юлия Викторовна | | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------|------|
| Доцент ШИП | Спицын Владислав Владимирович | Кандидат экономических наук | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|-------------------------------|---------------------------------|---------|------|
| Доцент ОКД | Анищенко Юлия Владимировна | Кандидат технических наук | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------|------|
| Доцент ОЭИ | Иванова Вероника Сергеевна | Кандидат экономических наук | | |

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по программе

| Код результата | Результат обучения (выпускник должен быть готов) | Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон |
|-------------------------------------|---|--|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | | |
| Р1 | Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники | Требования ФГОС (ПК-1–3, 6, 8–12) ¹ , Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| Р2 | Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей | Требования ФГОС (ПК-16, ОК-2, 3), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| Р3 | Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений | Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3). Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| Р4 | Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений | Требования ФГОС (ПК-3, 6, 9 – 11), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| Р5 | Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов | Требования ФГОС (ОК-1; ПК-6, ПК-18 – 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| Р6 | Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать | Требования ФГОС (ПК-13 – 14, 27–30), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями |

¹ Указаны коды компетенций по ФГОС ВПО (направление 210100 – Электроника и нанoeлектроника), утвержденному Приказом N 743 Министерства образования и науки РФ от 21.12.2009 г.

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| | его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды | международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| <i>Универсальные компетенции</i> | | |
| P7 | Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности | Требования ФГОС (ОК-9; ПК-21, 22). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P8 | Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности | Требования ФГОС (ОК-3, ОК-14; ПК-11, 15, 21), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P9 | Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач | Требования ФГОС (ОК-8; ПК-23), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P10 | Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности | Требования ФГОС (ОК-4–5), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P11 | Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности | Требования ФГОС (ОК-9, 15, 16; ПК-17), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P12 | Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности | Требования ФГОС (ОК-6), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |

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

Школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки (специальность) Электроника и наноэлектроника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Иванова В. С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--------------------|
| Дипломного проекта |
|--------------------|

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

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------------------|
| 1A41 | Терентьева Оксана Юрьевна |

Тема работы:

| | |
|---|--|
| Акустический скважинный глубиномер | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

| | |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| <p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Объект исследований – акустический скважинный глубиномер; Режим работы – периодический; Требования – высокая точность в определении времени прихода эхо-импульса</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы 2. Исследования принципа действия двухчастотного метода определения прихода импульса и определение точностных характеристик метода 3. Экспериментальное исследование двухчастотного метода 4. Разработка структурной и принципиальной схемы |

| | |
|--|--|
| <p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Графический материал, поясняющий принцип измерения глубины скважины. 2. Графический материал, показывающий принцип определения прихода импульса для разных методов. 3. Графический материал, описывающий погрешность измерения методов измерения прихода импульса. 4. Структурная и принципиальная схемы акустического скважинного глубиномера. 5. Алгоритм работы микроконтроллера |
|--|--|

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

| Раздел | Консультант |
|---|-------------------------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Спицын Владислав Владимирович |
| Социальная ответственность | Анищенко Юлия Владимировна |

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

| |
|--|
| |
|--|

| | |
|--|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 05.02.2018 |
|--|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|--------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ОЭИ | Шульгина Юлия Викторовна | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 1А41 | Терентьева Оксана Юрьевна | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 81 с., 24 рис., 16 табл., 15 источников, 2 прил.

Ключевые слова: акустический глубиномер, эхо-импульс, глубина скважины, двухчастотный метод прихода импульса.

Объектом исследования является акустический скважинный глубиномер

Цель работы – разработка структурной и принципиальной схемы акустического глубиномера, анализ методов прихода импульса.

В процессе исследования проводились обзор литературы, анализ методов определения прихода импульса, разработка структурной и принципиальной схемы акустического глубиномера, составление алгоритма работы микроконтроллера, определение социальной ответственности на этапе исследования, расчет финансовой эффективности проекта.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: высокая точность в определении момента прихода отраженного от дна скважины акустического эхо-импульса, следовательно и высокая точность в определении глубины скважины

Степень внедрения: устройство предполагается использовать при измерении глубины скважины

Область применения: маркшейдерия

Экономическая эффективность/значимость работы проект обладает средней экономической эффективностью, и может конкурировать на рынке

В будущем планируется создание рабочего образца акустического скважинного глубиномера.

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение..... | 8 |
| 1.Способы измерения расстояния | 9 |
| 2.Расчет погрешности определения прихода импульса..... | 18 |
| 3.Выбор структурной и принципиальной схемы..... | 32 |
| 4.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... | 44 |
| 5. Производственная безопасность..... | 66 |
| Заключение | 78 |
| Список литературы | 79 |
| Приложение А | 82 |
| Приложение Б..... | 83 |

Введение

Оптимизация расходов является одной из важнейших статей повышения эффективности фондоемкого производства. Примером такого производства является горнодобывающая промышленность. При добыче полезных ископаемых, например, железной руды, угля и др. необходимо производить взрывные работы, ведущие за собой значительные расходы. Для получения максимального результата от взрывных работ, необходимо соблюдать все расчетные требования, например, объем взрывчатого вещества и глубину его закладки [1].

Для снижения трудоемкости расчетных работ необходимо применять не погружные способы измерения глубины залегания скважины. Акустические приборы для измерения геометрических размеров скважин получили широкое распространение, но имеют ограниченное использование в горнодобывающей отрасли, в связи с их низкой точностью и стабильностью измерений. При распространении сигнала, вследствие неравенства фазовых скоростей различных мод, а также вследствие затухания сигнала, происходит изменение формы огибающей переднего фронта сигнала [2], что приводит к ошибке в определении момента прихода этого сигнала.

Для повышения точности измерения рассмотрены способы определения прихода импульса и обработки акустических сигналов.

Целью работы является разработка акустического скважинного глубиномера, имеющего наибольшую точность.

1. Способы измерения расстояния

Методы измерения расстояния

В настоящий момент существует несколько методов измерения расстояния.

Самым простым измерением расстояния является прямой метод. Он не требует специальных сложных систем и используется при измерении небольших расстояниях (приблизительно до 20 метров), когда допускается большая погрешность. Данный метод можно осуществить с помощью стальной рулетки.

В случае, когда объект измерения находится далеко на открытой местности и прямое измерение произвести невозможно по причине непреодолимой преграды (озеро, река, болото, ущелье), то в таком случае применяют дистанционный способ измерения расстояния до объекта.

Метод имеет две разновидности. Первое высокоточные измерения осуществляются с помощью специальных приборов, таких как оптические, электромагнитные, световые, лазерные, ультразвуковые дальномеры. Вторым способом – это низкочастотные или приближительные измерения, его еще можно назвать, как геометрический глазомерный способ измерения расстояния. В статье [3] описывается использование дальномеров за счет определения угловой величины предметов, построения равных прямоугольных треугольников, методом прямой засечки и т. д.

На рисунке 1 изображен принцип действия системы, измеряющей расстояние при использовании ультразвукового метода. Ультразвуковая волна, генерируемая излучателем, отражается от объекта и попадает на приемник. Измеряя время прохождения ультразвуковой волны, рассчитываем расстояние до объекта.

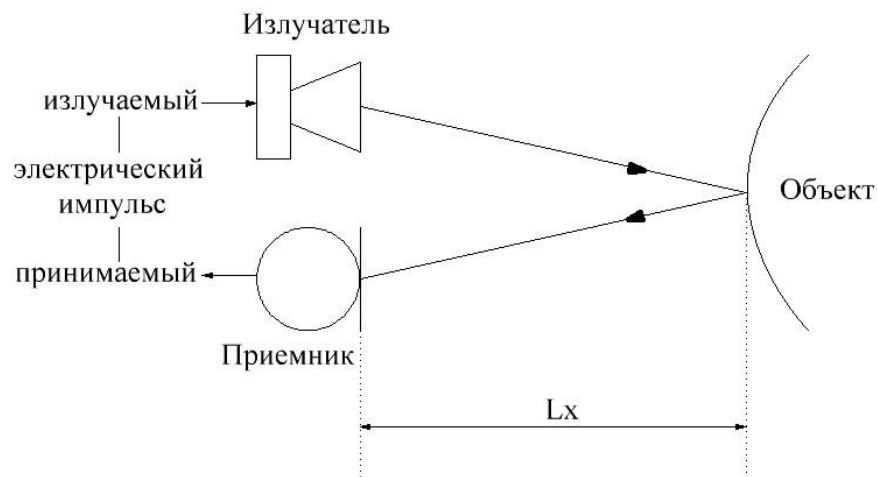


Рис. 1. Принцип действия измерительной системы

Рассмотренные способы удобны для применения в случае измерения больших расстояний и допустимость большой погрешности, пропорциональной измеряемому расстоянию (до 0.5 метра). Но, если решение задачи требует измерения с намного большей точностью, то следует искать более подходящие методы.

Способы измерения глубины скважины

Буровая скважина представляется собой горную выработку цилиндрической формы, которая проводится при помощи технических средств и характеризуется большим соотношением между ее глубиной и диаметром. Устьем называется начало скважины, а дно – забоем, стенки – внутренняя боковая поверхность. Пространство, ограниченное стенками, устьем и забоем называют стволом скважины.

Диаметр скважины может составлять от 25 мм до 1 м и более в зависимости от назначения: специальные скважины, например, шахтные стволы, могут достигать в диаметре 5–8 м. Глубина скважин – от нескольких метров до 12 000 м и более [4].

Скважины могут буриться (проходиться) под любым углом к горизонту, т. е. вертикально, горизонтально, наклонно (вниз или вверх), по сложному пути (траектории), одним, двумя и более стволами (многозабойное бурение) [4].

Выделяют три способа измерения глубины скважины:

- Механический
- Лазерный
- Акустический

Лазерный глубиномер является бесконтактным, принцип его действия состоит в следующем: узконаправленный пучок лазерного излучения терпит отражение от цели измерения, после чего возвращается к месту его излучения и фиксируется приёмником, время распространения лазерного пучка до цели и обратно прямо пропорционально расстоянию от источника лазерного излучения до цели измерения. [5].

Приборы с лазерным методом измерения расстояния можно разделить на активные дальномеры, которые используют для измерения подсвет объекта при излучении лазера или светодиода и пассивные дальномеры, работа которых основана на триангуляционном способе измерения. Такие дальномеры раньше использовались в фототехнике. Недостатками являются низкая точность и невозможность осуществлять измерения на большой дальности.

Активные дальномеры делятся еще на три типа по функциональному принципу измерения расстояния.

Первый тип – лазерный импульсный глубиномер. Измерение расстояния происходит по следующему алгоритму: при испускании импульса включается таймер, его отключение происходит, когда импульс отразившись от преграды возвращается обратно. Измеренной время умножают на скорость света и получают пройденное расстояние.

Лазерные фазовые глубиномеры измеряют расстояние путем сравнения фаз излученного и принятого сигнала. Данный метод имеет высокую точность определения расстояния.

Интерференционные лазерные дальномеры осуществляют измерение, основанное на подсчете интерференционных полос, при этом происходит

перемещение светового элемента начиная с нулевого положения и до требуемого. Такие дальномеры могут измерять только небольшие расстояния, хотя и имеют высокую точность, также недостатком является необходимость использования репера.

В маркшейдерском деле лазерные приборы в последнее время нашли широкое применение. Лазерные сканеры (лидары) начали повсеместно внедряться в маркшейдерскую практику.

По видам лидары делятся на воздушные, наземные и подземные.

1. Воздушные лидары предназначены для съемки больших площадных и линейных объектов. Примером таких объектов в горном деле могут служить площади проектируемых предприятий, горные карьеры, газопроводы, разрезы и другие крупные промышленные объекты.

2. Наземное лазерное сканирование зачастую применяется при сканировании и составлении топологических карт на разрезах и карьерах. При составлении проекта съемки определяются места установки сканера (сканпозиции). Во время процесса съемки сканер может устанавливаться как на штативе, либо на транспортном средстве. Прибор не требует центрирования и горизонтирования, он привязывается к системе координат через определенные маркеры, которые устанавливаются на дистанции в 20-30 м от лидара, который координируется с помощью электронного тахеометра или спутникового приемника GPS. Специальное программное обеспечение, которое прилагается к лидарам обеспечивает создание единой топологической модели съемок, «сшивая» группы точек с разных сканирующих позиций. Возможно проведение фотосъемки, благодаря чему становится возможным выполнить дешифровку съемки в камеральных условиях.

3. Лидары имеют возможность использоваться и в подземных условиях, например, в шахтах, скважинах. Съемка труднодоступных или вовсе недоступных подземных пространств является довольно сложной задачей для маркшейдера. При камерной системе отработки съемка недоступных подземных участков с помощью лазерных сканеров значительно повышает

эффективность работы. Лазерный сканер способен составить карту ствола скважины, однако при сканировании происходит непосредственное погружение прибора в скважину.

Таким образом, лазерная технология при создании скважинных глубиномеров не применяется. Основное ограничение состоит в том, что лазерное излучение – это узконаправленный когерентный поток электромагнитного излучения, и при проведении измерения глубины необходимо, чтобы лазерный луч беспрепятственно преодолел расстояние от устья скважины до ее забоя и обратно (рис.2). При большой глубине сделать это довольно проблематично, поскольку предполагается, что прибор должен быть достаточно мобильным для того, чтобы маркшейдер проводил измерение непосредственно с рук, такой замер не обеспечит идеальный угол для отражения лазерного луча и он потерпит дополнительные отражения в стволе скважины, после чего окончательно рассеется.

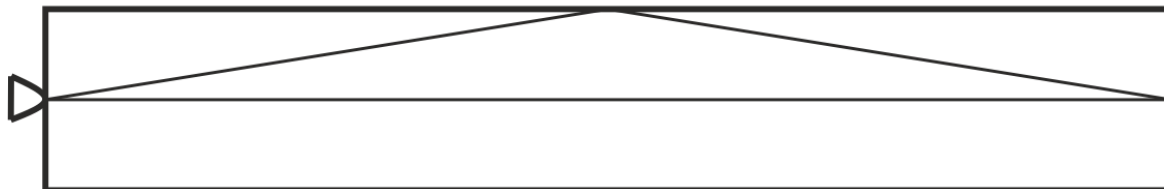


Рис.2. Иллюстрация отражения лазерного луча в скважине

Широкое применение в данный момент имеют механические скважинные глубиномеры [5].

Одним из простейших приборов такого типа представлен на рисунке 3. Принцип его действия прост: на конец веревки привязывается груз, который опускается в скважину. Спуск необходимо проводить до тех пор, пока шнур не ослабит натяжение, то есть когда груз коснется дна. Далее фиксируется длина погруженной части веревки, которая будет соответствовать глубине скважины.

Измерение глубины по средствам подобного прибора достаточно просто, однако имеет ряд недостатков, которые ограничивают их использование при проведении подземных маркшейдерских работ. Измерение глубины данным методом не позволит узнать о скрытых дефектах скважины, например, частичная засоренность. Процесс измерения занимает достаточно долгое время, по сравнению с бесконтактными способами определения глубины. К тому же, измерение глубины наклонной или горизонтальной скважины данным методом невозможно.

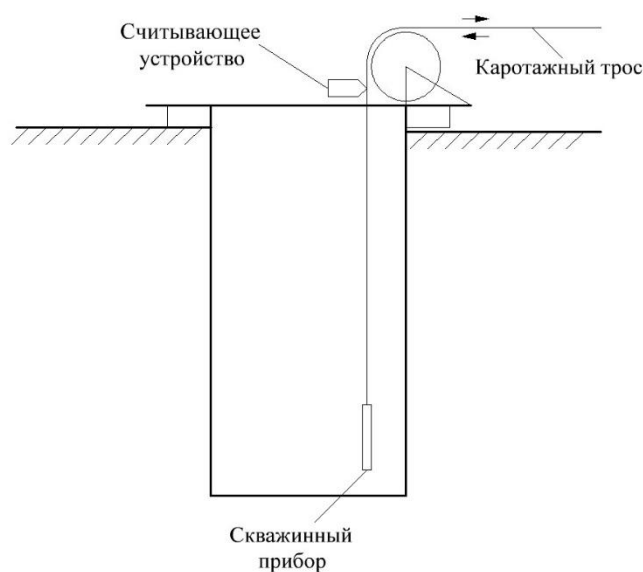


Рис. 3. Устройство механического скважинного глубиномера

Ввиду вышеупомянутых ограничений лазерных и механических дальномеров, целесообразней для измерения глубины скважины использовать акустические приборы.

Бесконтактный акустический дальномер представляет собой устройство, не имеющее контакта датчика с объектом, до которого измеряется расстояние. Принцип действия, прибора основан на зондировании измеряемой скважины импульсным акустическим сигналом, который, отражаясь от забоя скважины, регистрируется прибором (рис.4). Временная задержка между посланным и отраженным акустическими сигналами прямо пропорциональна глубине скважины. Современная элементная база позволяет создавать акустические дальномеры с точностью, приближающейся к точности радара при сохраняющейся невысокой цене.

Звуковая волна, распространяющаяся в неорганической среде, убывает, поскольку расходится во все стороны (преимущественно сферически). Принцип действия переговорных труб обоснован тем, что в среде, заключенной в трубу, волна не расходится. Так же, практически без расхождения будет происходить распространение звука по стволу скважины.

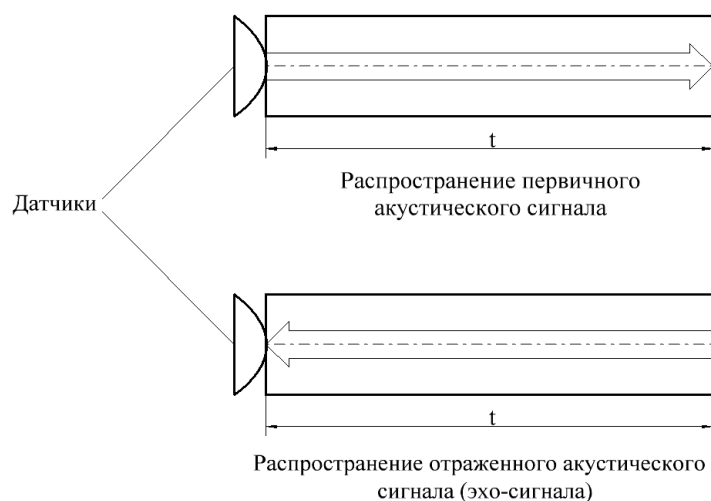


Рис.4. Принцип действия акустического скважинного глубиномера

Это означает, что даже если скважина будет иметь искривления, акустический сигнал, излученный в устье скважины, отразится от забоя и вернется на устройство.

Для частоты в 200 кГц максимальное измеряемое расстояние не доходит до 2х метров, для 40 кГц теоретический максимум составляет около 3х метров. Для измерения расстояний до 100 м необходимо перейти в звуковой диапазон зондирования – 700-1200 Гц.

На сегодняшний день на рынке уже существует ряд скважинных глубиномеров, но из-за их высокой стоимости (порядка 150-200 тыс. руб.) и относительно низкой точности ($\pm 0,2$ м) все же слабо распространены в маркшейдерии. Примерами таких приборов могут служить скважинный глубиномер ИУГС фирмы ООО "Сателлит", акустический скважинный глубиномер АГМ и ГСА-60. Также к минусам данных приборов можно отнести то, что в них не предусмотрена автоматическая калибровка устройства

к настоящим на время проведения измерения климатическим условиям, влияющим на скорость распространения звука. На скорость звука в основном влияют такие параметры среды, как температура и влажность. Ниже представлена таблица зависимости скорости звука от температуры воздуха.

| t, °C | скорость звука в воздухе | |
|-------|--------------------------|--------|
| | м/с | км/ч |
| -150 | 216,7 | 780,1 |
| -100 | 263,7 | 949,2 |
| -50 | 299,3 | 1077,6 |
| -20 | 318,8 | 1147,8 |
| -10 | 325,1 | 1170,3 |
| 0 | 331,5 | 1193,4 |
| 10 | 337,3 | 1214,1 |
| 20 | 343,1 | 1235,2 |
| 30 | 348,9 | 1256,2 |
| 50 | 360,3 | 1296,9 |
| 100 | 387,1 | 1393,7 |
| 200 | 436,0 | 1569,5 |
| 300 | 479,8 | 1727,4 |
| 400 | 520,0 | 1872,1 |
| 500 | 557,3 | 2006,4 |
| 1000 | 715,2 | 2574,8 |

Таблица 1. Зависимость скорости звука от температуры воздуха

Для калибровки данных устройств предполагается замер эталонного участка трубы или скважины и проведение коррекции частоты генератора импульсов счета до той степени, пока прибор не будет указывать точное значение глубины эталонного измеряемого предмета. Поскольку значение температуры и влажности внутри скважин в реальных условиях могут отличаться от их значений при проведении калибровочного измерения, то это также может внести дополнительную погрешность в результат измерения.

На данный момент существует ряд методов определения момента возврата эхо-импульса на измерительный прибор, некоторые, в том числе, разработаны на кафедре ПМЭ НИ ТПУ [5].

2. Расчет погрешности определения прихода импульса

Точность измерения расстояния в значительной мере зависит от точности определения момента прихода эхо - импульса.

Самый простой метод определения прихода импульса – достижение определенного порогового значения напряжения. В момент прихода эхо - импульса, с течением времени сигнал нарастает и достигает определенного заранее порогового напряжения, в этот момент происходит срабатывание компаратора. Это и считается за начало прихода импульса. В действительности, сигнал пришел раньше, эта величина ошибки и является погрешностью. Логично предположить, что при меньшем значении порогового напряжения погрешность будет меньше, но по средствам наличия шумов, срабатывание компаратора произойдет раньше прихода эхо - импульса. Поэтому величину порогового напряжения выбирают так, чтобы оно было выше уровня шумов, но при этом, учитывается, что погрешность с увеличением порогового напряжения увеличивается. Таким образом, данный метод имеет такое достоинство, как простату, однако и большую погрешность, которая напрямую зависит от уровня порогового напряжения срабатывания компаратора и формы сигнала. При этом, чем меньше амплитуда сигнала, тем больше периодов будет пропущено при определении прихода импульса и тем выше погрешность измерения.

Метод огибающей второго порядка не зависит от величины эхо - импульса. Метод заключается в построении огибающей переднего фронта сигнала и аппроксимации ее кривой, описываемой полиномом второй степени. Находится точка пересечения этой кривой с осью времени. Эта точка и считается моментом прихода эхо-сигнала. Погрешность метода аппроксимации огибающей переднего фронта сигнала не зависит от амплитуды принятого сигнала и имеет точность, в два раза превышающую точность метода порогового напряжения компаратора. Однако, недостатком является увеличение ошибки измерения при усложнении формы сигнала.

Метод одного компаратора

Другим методом определения прихода импульса является метод одного компаратора (рис.5). При достижении импульса порогового значения компаратора, в этой точке сигнала строится прямая, параллельная аппроксимации огибающей сигнала. Точка пересечения этой прямой с осью времени и считается моментом прихода импульса.

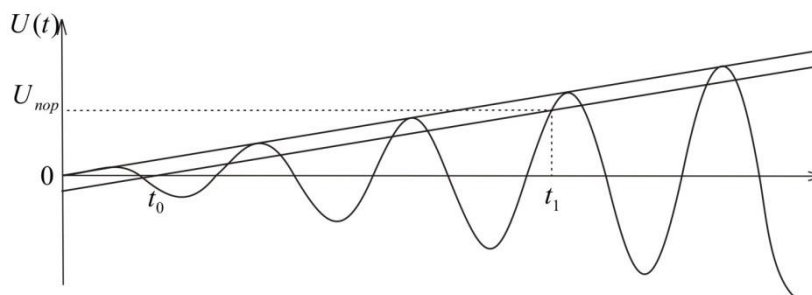


Рис.5. Определение момента прихода акустического сигнала методом одного компаратора

График погрешности измерения изображен на рисунке 6. По графику видно, что тем ближе пороговое напряжение компаратора к значению амплитуды напряжения для данного периода, тем меньше погрешность измерения t_0 [6].

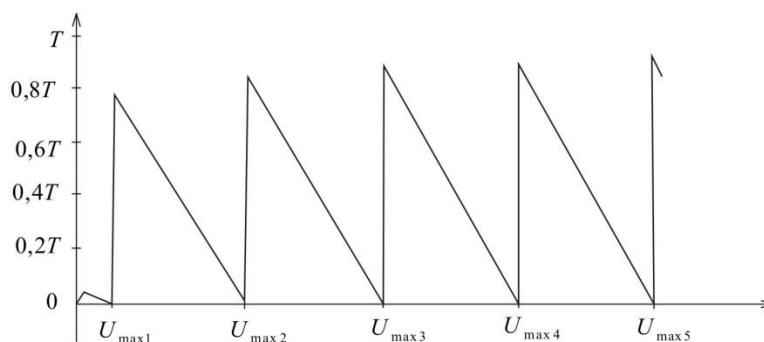


Рис. 6. Зависимость ошибки измерения от уровня порога срабатывания компаратора
Достоинство описанного метода – простота реализации. В общем случае, не требует процессорного блока для проведения вычислений.

Недостатки: наличие высокого уровня погрешности измерения при неправильно выбранной крутизне нарастания переднего фронта [6].

Метод двух компараторов

На рис.7 изображен сигнал $U(t)$, описываемый выражением

$$U(t) = A(t) \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$A(t)$ - прямая, аппроксимирующая функцию $U(t)$.

Для упрощения примем

$$A(t) = t$$

U_1 - напряжение, при котором компаратор срабатывает первый раз;

U_2 - напряжение, при котором компаратор срабатывает второй раз;

t_1, t_2 - моменты времени срабатывания компаратора при U_1, U_2 .

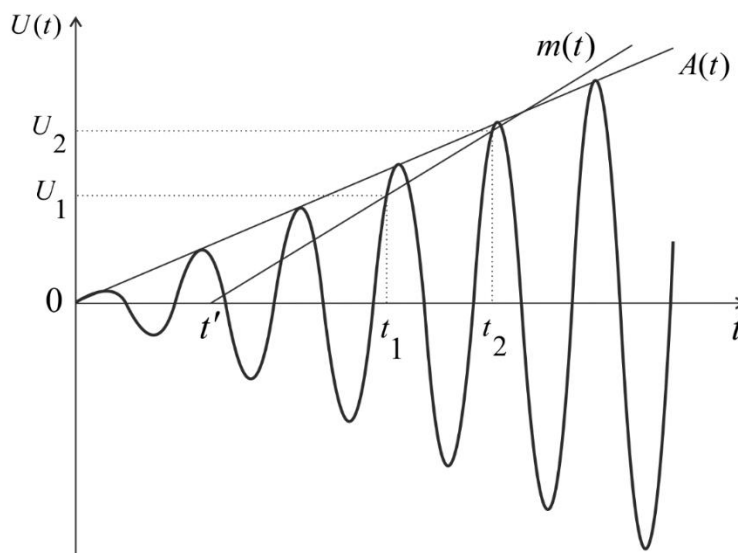


Рис.7. График определения прихода импульса методом двух компараторов

Прямая $m(t)$, проходящая через точки $(t_1; U_1), (t_2; U_2)$, пересекает ось времени в точке $(t'; 0)$. Тогда погрешность измерения равна

$$\delta = |t'|$$

Рассчитав выражение для прямой $m(t)$, получаем выражение для расчета погрешности:

$$\delta = \left| -\frac{U_1 \cdot (t_1 - t_2)}{U_1 - U_2} + t_1 \right|$$

Для того, чтобы определить диапазон данной погрешности, рассмотрим несколько случаев с разными пороговыми напряжениями U_1 .

Первый случай.

Пороговое напряжение U_1 совпадает с напряжением, равным первому максимуму синусоиды $U_1=U_{\max 1}$.

На рис.8 изображен график зависимости погрешности измерения, выраженной в единицах времени, от напряжения второго срабатывания компаратора при $U_1=U_{\max 1}$.

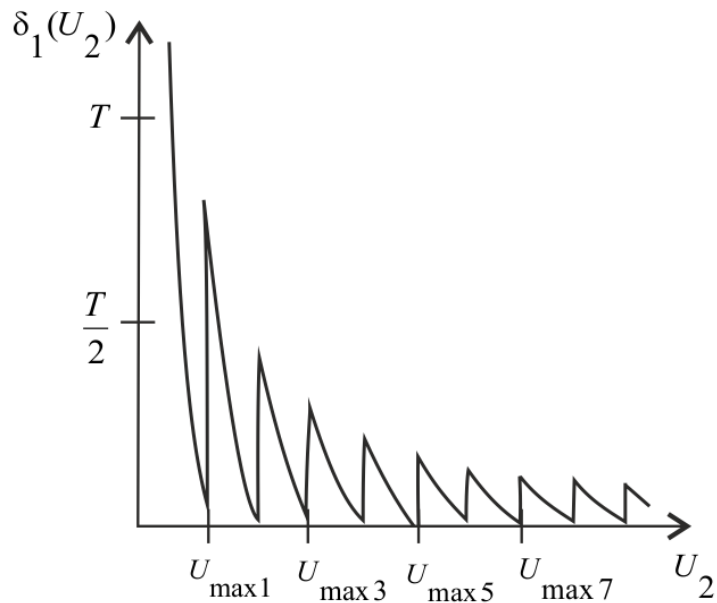


Рис.8

Анализируя данную зависимость можно отметить, что наибольшая погрешность имеется при $U_2=U_{\max 1}$. В этом случае погрешность стремится к бесконечности. Минимальная погрешность равна 0. Действительно, при достижении U_2 любого из максимумов синусоиды (кроме $U_{\max 1}$), прямая $m(t)$ будет совпадать с прямой аппроксимации $A(t)$, а значит погрешность измерения $\delta_{\min}=0$.

Случай второй.

Рассмотрим ситуацию, при которой $U_1 = U_i = U_{\max 1}$ рис.9.

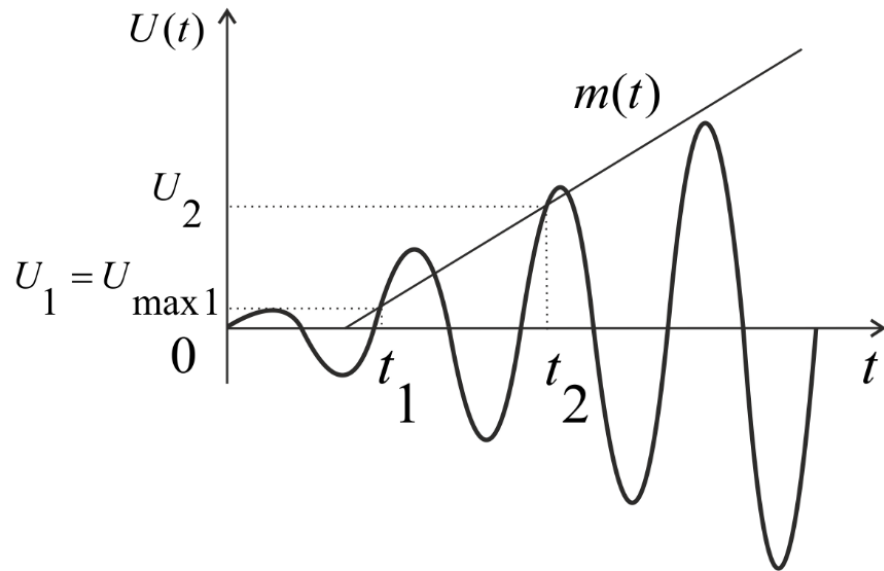


Рис.9

Зависимость погрешности измерения от срабатывания U_2 изображен на рис.10.

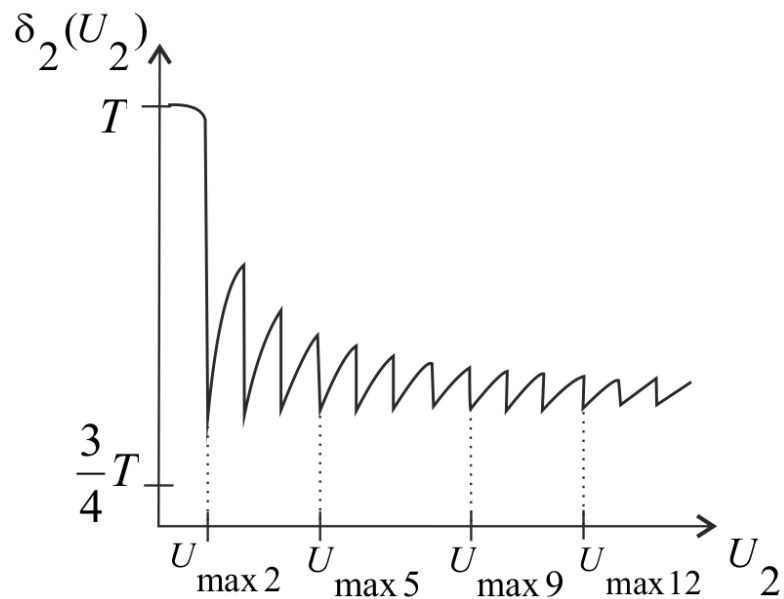


Рис.10

В данном случае минимальная погрешность не будет равна 0. Но на рисунке видно, что график стремится к некоторому значению δ' и чем больше разница напряжений между U_1 и U_2 , тем ближе погрешность к значению δ' .

Случай 3.

Рассмотрим следующий случай:

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot U_{\max 1}$$

Данное значение напряжения расположено во втором периоде

$$T < t < T + \frac{T}{4}$$

Зависимость $\delta_3(U_2)$ изображена на рис.11. Минимальная погрешность достигается при $U_2 = U_{\max 2}$ (в третьем периоде). Как и в случае 2 погрешность измерения стремится к определенному значению δ ”.

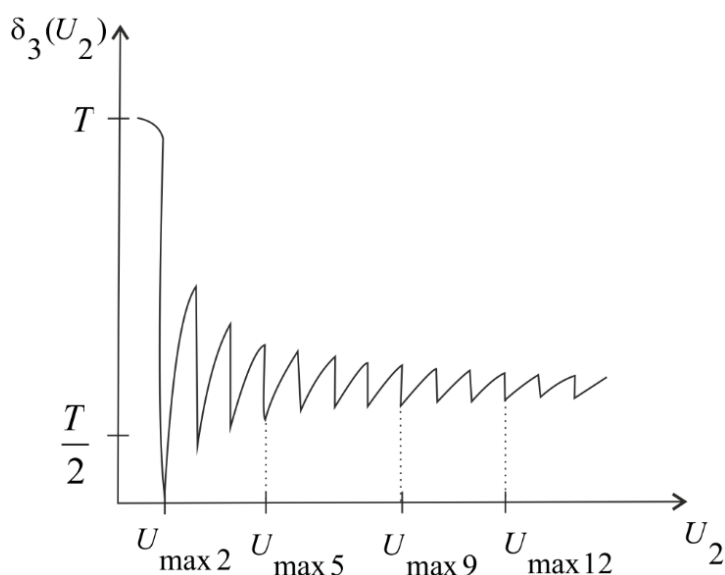


Рис.11

На рис.6 изображены погрешности δ_1 , δ_2 , δ_3 . Проанализировав данные графики можно сделать вывод, что при первом срабатывании компаратора в диапазоне от $U_{\max 1}$ до половины $U_{\max 2}$, графики погрешностей данных случаев будут располагаться между δ_2 и δ_3 , а при срабатывании в диапазоне от половины $U_{\max 1}$ до $U_{\max 2}$ – между δ_1 и δ_3 .

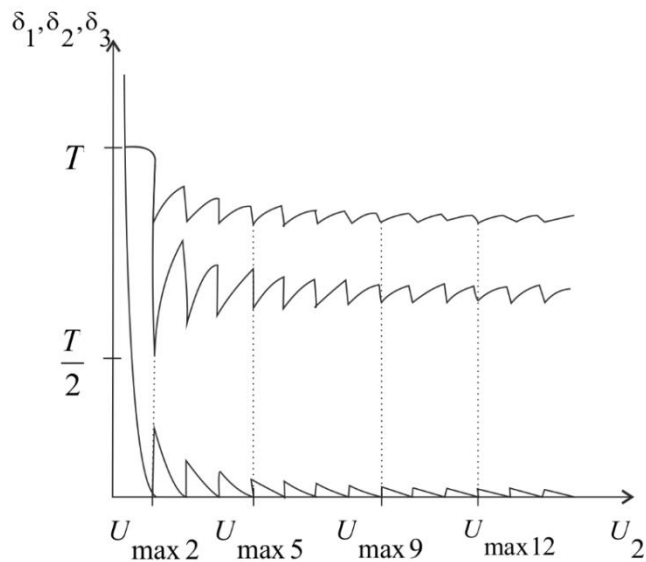


Рис.12

Таким образом, худшим случаем при срабатывании первого компаратора во втором периоде является случай 2, так как имеем максимальную погрешность.

Случай 4.

При срабатывании первого компаратора при $U=U_{\max 3}$.

В данном случае погрешность имеет то же поведение, что и в случае 1.

На рис.13 приведены зависимости δ_1 и δ_4 .

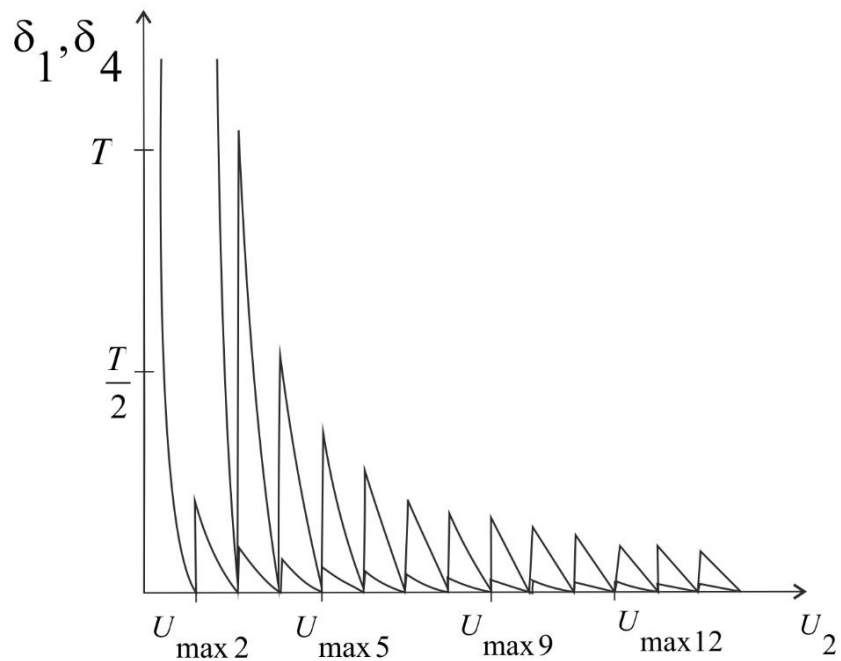


Рис.13

Видно, что с увеличением значения напряжения срабатывания второго компаратора погрешности стремятся к 0.

Таким образом, выяснено при каком случае имеется максимальная погрешность.

Описание двухчастотного метода

Суть двухчастотного метода состоит в излучении двух сигналов на разных частотах и измерении двух временных интервалов между излученным импульсом и принятым импульсами, по моменту срабатывания компаратора.

Для двух принятых сигналов разных частот срабатывание компаратора происходит в разное время относительно сигнала возбуждения – точки t_1 и t_2 (рис. 14), относительно этих точек и строится расчет прихода импульса.

После измерения временных интервалов между излученным и принятым сигналами производят сравнение этих временных интервалов и их коррекцию (рис. 15).

В ходе моделирования было установлено, что для достижения минимальной погрешности необходимо выбирать наименьшее соотношение излучаемых частот. Коррекция временных интервалов осуществляется в соответствии с выражением:

$$(\Delta t_1 - i \cdot T_1) - (\Delta t_2 - i \cdot T_2) = \min \quad (1)$$

где T_1 – период колебаний первой ультразвуковой волны, T_2 – период колебаний второй ультразвуковой волны, i – номер коррекции, Δt_1 – первый измеренный временной интервал, Δt_2 – второй измеренный временной интервал. Выражение в первой скобке используют при определении расстояния до отражающей поверхности.

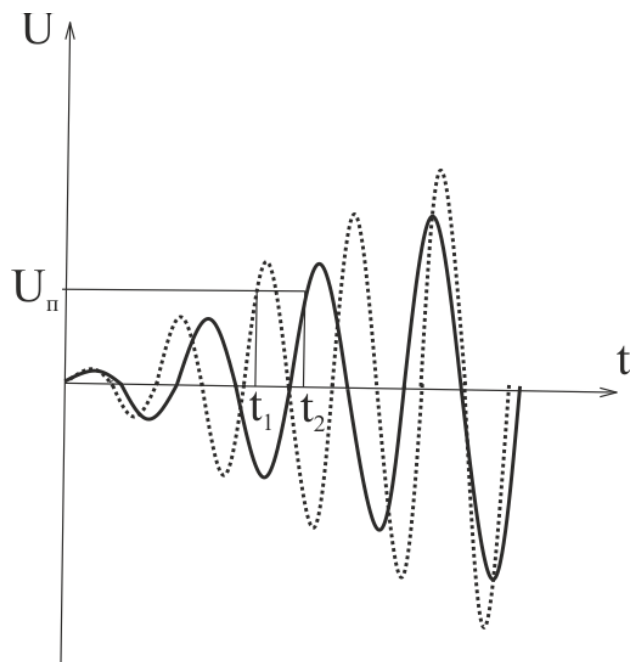


Рис. 14. Двухчастотный метод срабатывание компаратора, где $U_{\text{п}}$ – пороговое напряжение компаратора; t_1, t_2 – время срабатывания компаратора для 1 и 2 частоты соответственно

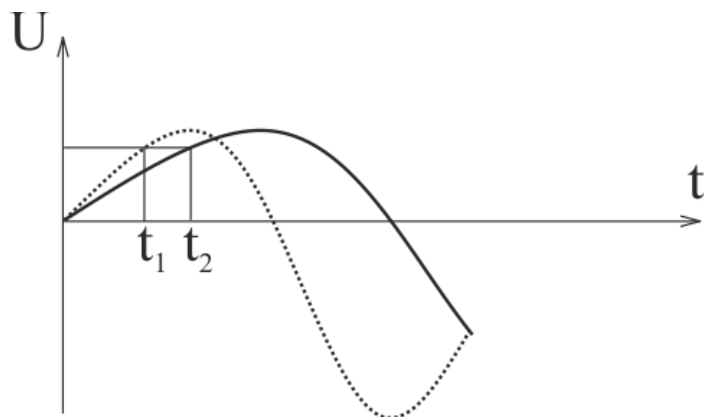


Рис. 15. Двухчастотный метод срабатывание компаратора после выполнения итераций, где t'_1, t'_2 – временные интервалы после проведения корректировки

Математическое моделирование погрешностей двухчастотного метода

Расчет времен переключения компараторов для различных порогов их срабатывания выполнен с использованием программы MathCad, пользуясь встроенными функциями, решаем уравнения вида:

$$f(t, h) = \frac{h}{\pi} \cdot \sin(h \cdot t) - U$$

где h – кратность частоты;

t – время первого срабатывания компаратора;

U – напряжение порога срабатывания компаратора.

Используя выражение (1), находим номер коррекции и подставляем в выражение $(\Delta t_1 - i \cdot T_1)$.

Зная скорость звука, находим предполагаемую глубину скважины и рассчитываем относительную погрешность.

Точность определения момента прихода импульса будет определяться фазой сигнала в момент срабатывания компаратора, т.е. чем ближе пороговый уровень компаратора к амплитудному значению в каждом периоде эхо-сигнала, тем больше погрешность измерения. Увеличить точность измерения можно увеличивая частоту второго сигнала, но в этом случае уменьшается максимально возможное измеряемое расстояние.

Для анализа возможностей предложенного метода проведено моделирование погрешности измерения при изменении порога срабатывания компаратора (Рис. 16). Увеличение порога срабатывания компаратора при приближении к вершине синусоиды приводит к плавному нелинейному увеличению погрешности. При переходе на следующий период погрешность уменьшается, что объясняется резким изменением фазы сигнала, в момент которой происходит срабатывания компаратора.

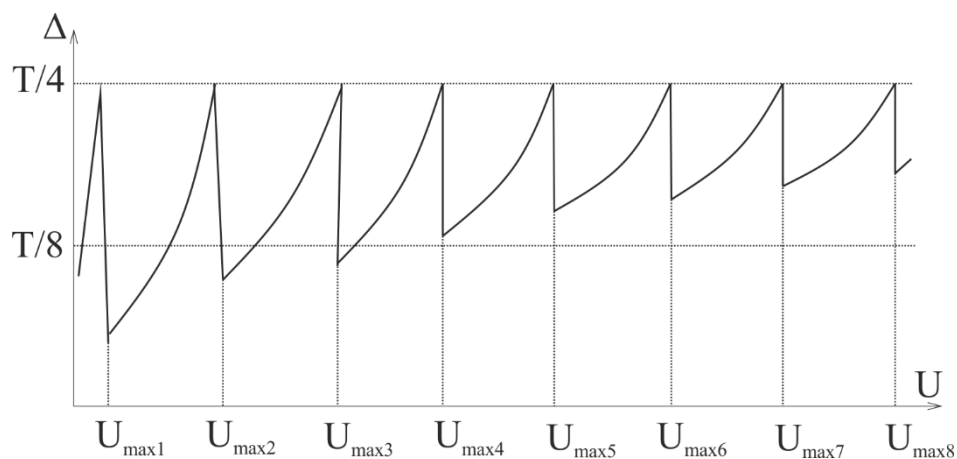


Рис. 16. График зависимости погрешности измерения от порога срабатывания компаратора, где U_{\max} – максимальная амплитуда сигнала; Δ – погрешность

Из графика видно, что погрешность измерения зависит от выбранного порога срабатывания, но не превышает четверти периода, что является преимуществом данного метода.

Расчет погрешности двухчастотного метода

Расчет времен переключения компараторов для различных порогов их срабатывания выполнен с использованием программного интерфейса «Глубиномера» (Рис.17).

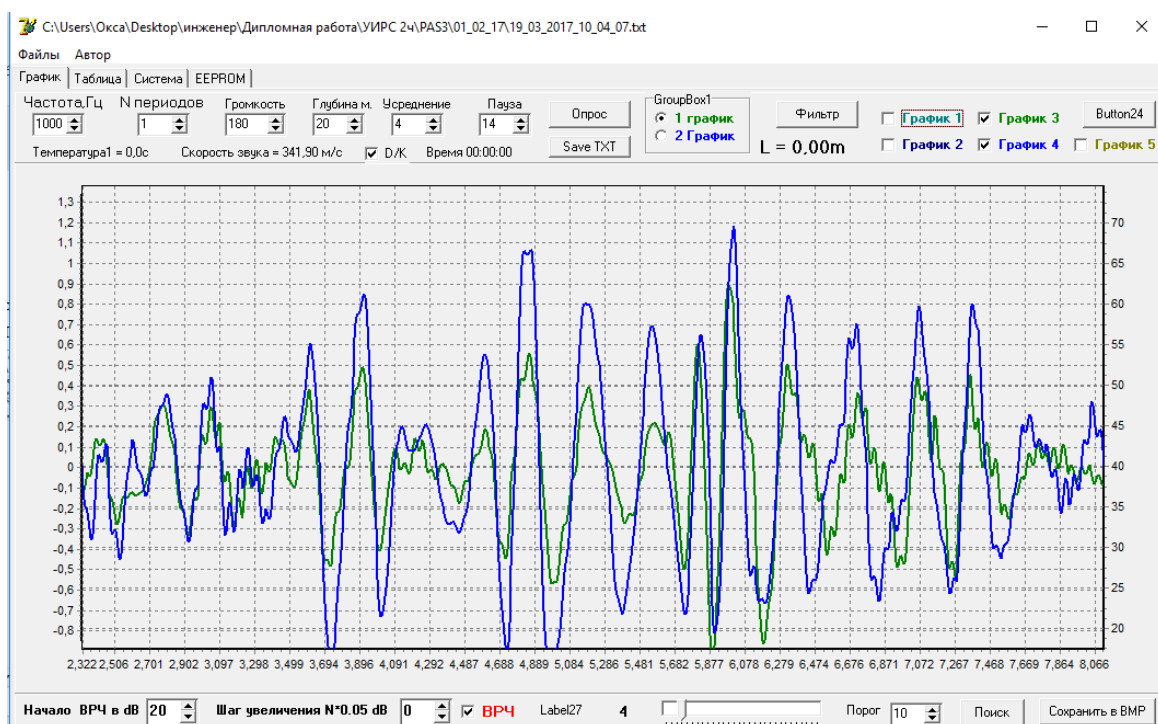


Рис. 17. Программный интерфейс «Глубиномера»

Программный интерфейс автоматически рассчитывает глубину скважины по двухчастотному методу. Фиксируя определенное значение напряжения компаратор срабатывает в конкретном периоде и фазе отраженного сигнала. Программа при этом показывает значение глубины скважины с учетом корректировки. Изменяя напряжение порога срабатывания компаратора имеем соответствующую глубину скважины. Полученные значения приведены в таблице 2.

| U, В | d, м | N | d, м | Δ , м | λ |
|------|-------|----|-------|--------------|-----------|
| 0,2 | 3,452 | 1 | 3,393 | 0,059 | 1,819 |
| 0,3 | 3,570 | 2 | 3,547 | 0,023 | 0,709 |
| 0,4 | 3,582 | 2 | 3,547 | 0,035 | 1,079 |
| 0,5 | 3,594 | 2 | 3,547 | 0,047 | 1,449 |
| 0,6 | 3,860 | 3 | 3,806 | 0,054 | 1,665 |
| 0,7 | 3,866 | 3 | 3,806 | 0,060 | 1,850 |
| 0,8 | 3,901 | 3 | 3,806 | 0,095 | 2,929 |
| 0,9 | 4,806 | 7 | 4,771 | 0,035 | 1,079 |
| 1, | 4,812 | 7 | 4,771 | 0,041 | 1,264 |
| 1,1 | 5,995 | 11 | 5,942 | 0,053 | 1,634 |

Таблица 2, U напряжение порога срабатывания

компаратора, D рассчитанная глубина скважины без корректировки, N номер коррекции (номер периода срабатывания), d глубина скважины с учетом корректировки, Δ абсолютная погрешность измерения, λ относительная погрешность

Зная истинное значение глубины скважины $L_0=3.245$ м, рассчитываем относительную погрешность измерения.

График зависимости относительной погрешности от значения напряжения срабатывания компаратора изображена на рис. 18.

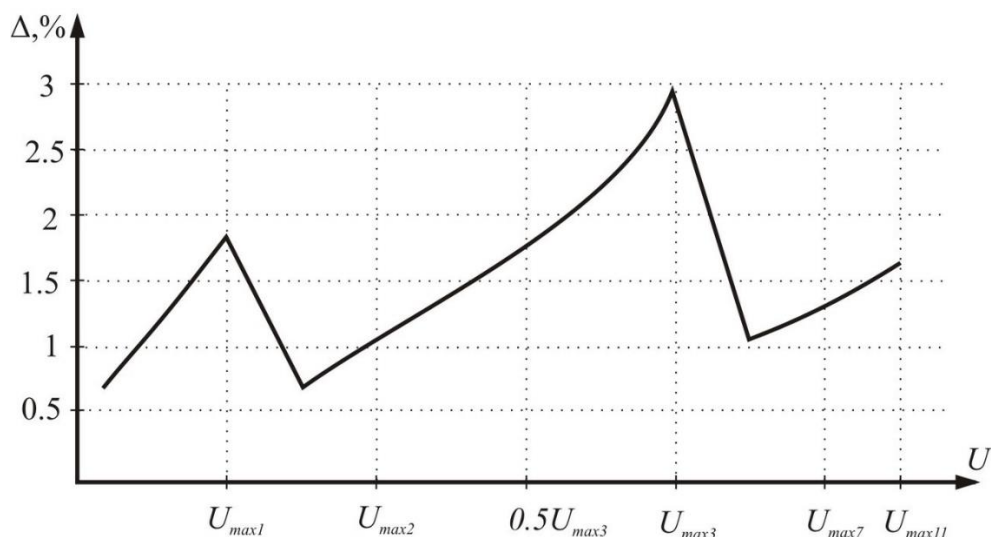


Рис. 18. График зависимость погрешности измерения от порогового напряжения, где U_{max} – амплитуда сигнала в конкретном периоде; Δ – погрешность

Из графика видно, что погрешность измерения напрямую зависит от выбранного порога срабатывания, но не превышает 3% от истинного значения глубины скважины. Так же можно отметить, что погрешность измерения не снижается ниже 0,5%.

Сравнивая графики погрешностей, смоделированных теоретически (Рис.16) и практически (Рис. 18) можно заметить, что общая пилообразная форма наблюдается на обоих графиках. На графике реального сигнала также прослеживается увеличение минимальной погрешности за период, но все же он имеет весьма неровную и хаотичную форму. Это можно объяснить тем, что в результате отражений о стенки трубы (скважины) происходят многократные отражения, которые накладываются друг на друга и образуют неидеальный отраженный сигнал. Это можно наблюдать на рис.17.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Анализ конкурентных технических решений

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

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в табл. 3. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

Таблица 3

*Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
(разработок)*

| Критерий оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|--|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1.Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0.1 | 5 | 3 | 5 | 0.5 | 0.3 | 0.5 |
| 2.Помехоустойчивость | 0.05 | 3 | 5 | 3 | 0.15 | 0.25 | 0.15 |
| 3. Надежность | 0.05 | 3 | 5 | 4 | 0.15 | 0.25 | 0.2 |
| 4. Простота эксплуатации | 0.2 | 4 | 5 | 4 | 0.8 | 1 | 0.8 |
| 5.Функциональная мощность (предоставляемые возможности) | 0.2 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0.6 | 0.4 |
| 6.Масса-габаритные параметры | 0.2 | 4 | 3 | 4 | 0.8 | 0.6 | 0.8 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1.Конкурентоспособность продукта | 0.1 | 4 | 5 | 4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 |
| 2.Цена | 0.1 | 3 | 5 | 5 | 0.3 | 0.5 | 0.5 |
| Итого | 1 | 31 | 33 | 31 | 4.1 | 4 | 3.75 |

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

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i B_i, (1)$$

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

Φ – разрабатываемый акустический глубиномер; $K1$ – механический глубиномер УАРК-1; $K2$ – глубиномер-угломер скважинный ИУГС (Промгруппа ЛАБОРАНТ, Россия).

Согласно представленным характеристикам в таблице 1, можно заключить, что механический глубиномер более прост в использовании, имеет более низкую цену, но при этом уступает разрабатываемому устройству в точности измерения и масса-габаритах.

Сравнивая разрабатываемый акустический глубиномер с ИУГС, нужно отметить, что основное преимущество первого – точность измерения. Слабым звеном является стоимость и надежность скважинного глубиномера.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

Таблица 4

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № Раб | Содержание работ | Должность исполнителя |
|--|-------|--|-------------------------------|
| Разработка технического задания | 1 | Составление и утверждение темы проекта | Научный руководитель |
| | 2 | Постановка целей и задач, получение исходных данных | Научный руководитель, инженер |
| Выбор направления исследований | 3 | Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта | Научный руководитель, инженер |
| | 4 | Подбор литературы по тематике работы | Инженер |
| | 5 | Сбор материалов и анализ существующих разработок | Научный руководитель, инженер |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 6 | Выбор и обоснование наиболее подходящей и перспективной методики | Научный руководитель |
| | 7 | Разработка экспериментального макета устройства | Научный руководитель, инженер |

Продолжение таблицы 4

| | | | |
|--------------------------------|----|--|-------------------------------|
| | 8 | Выбор структурной схемы | Инженер |
| | 9 | Выбор принципиальной схемы | Инженер |
| Обобщение и оценка результатов | 10 | Согласование полученных данных с научным руководителем | Научный руководитель, инженер |
| | 11 | Оценка эффективности полученных результатов | Инженер |
| | 12 | Работа над выводами по проекту | Научный руководитель, инженер |
| Оформление отчета по НИР | 13 | Составление пояснительной записки к работе | Инженер |

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определим продолжительность работ на каждом этапе проектирования. Продолжительность работ определяется по следующей формуле.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

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

В данном дипломном проекте трудоемкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют студент, инженер и научный руководитель. Исходя

из полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн. $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. дн. $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на одном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для отображения этапов проектирования используется график сетевой, либо линейный. Для удобства построения графика необходимо каждый этап перевести в календарные дни. Рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}$$

где T_{ki} – продолжительность одной работы в календарных днях. $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

где $T_{кал}$ – календарных дней году (366); $T_{вых}$ – выходных дней в году (104); $T_{пр}$ – праздничных дней в году (15).

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 104 - 15} = 1.48$$

Полученные данные, которые были рассчитаны вышеуказанными формулами, заносятся в таблицу.

Расчет производится для каждого из трех исполнений скважинного глубиномера, имеющего свои технические особенности. В испытании 1 (Исп.1) определение глубиномером прихода импульса осуществляется методом одного компаратора, в испытании 2 (Исп.2) – методом двух компараторов, в испытании 3 (Исп.3) используется двучастотный метод

определения прихода импульса. Каждый из методов имеет свою погрешность и техническое решение.

Таблица 5

Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы | Трудоемкость работ | | | | | | | | | Исполнители | Длительность работ в календарных днях, T_{pi} | | | Длительность работ в календарных днях, T_{ki} | | |
|--|---------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-----------------------|---|-------|-------|---|-------|-------|
| | t_{min} , чел-дни | | | t_{max} , чел-дни | | | $t_{ож}$, чел-дни | | | | 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 | | | | | | | |
| Составление и утверждение темы проекта | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | Руководитель | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 4,7 | 4,7 | 4,7 |
| Постановка целей и задач, получение исходных данных | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | Руководитель, инженер | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | Руководитель, инженер | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 2 | 2 | 2 |

| | | |
|--|-----------------------|-----|
| Согласование полученных данных с научным руководителем | | 3 |
| | | 3 |
| | | 3 |
| | | 7 |
| | | 7 |
| | | 7 |
| | | 4,6 |
| | | 4,6 |
| | | 4,6 |
| | Руководитель, инженер | |
| | | 2,3 |
| | | 2,3 |
| | | 2,3 |
| | 3,4 | |
| | 3,4 | |
| | 3,4 | |

Продолжение таблицы 5

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|------|-----|-----|-----------------------|------|-----|-----|------|------|------|
| Оценка эффективности полученных результатов | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | Инженер | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| Работа над выводами по проекту | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | Руководитель, инженер | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| Составление пояснительной записки | 10 | 10 | 10 | 14 | 20 | 20 | 11,6 | 14 | 14 | Инженер | 11,6 | 14 | 14 | 17,2 | 20,7 | 20,7 |

Таблица 6

Календарный план-график проведения НИОКР по теме

| № | Вид работ | Исполнители | T_{ki} , кал. дни | Продолжение | | | | | |
|---|--|-----------------------|---------------------|-------------|---|------|---|--|--|
| | | | | Фев. | | Март | | | |
| | | | | 2 | 3 | 1 | 2 | | |
| 1 | Составление и утверждение темы проекта | Руководитель | 4,7 | ■ | | | | | |
| 2 | Постановка целей и задач, получение исходных данных | Руководитель, инженер | 2,4 | ■ ■ | | | | | |
| 3 | Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта | Руководитель, инженер | 2 | ■ ■ | | | | | |
| 4 | Подбор литературы по тематике работы | Инженер | 4,1 | | ■ | | | | |

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

4.2.5 Расчет материальных затрат НИИ

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

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{\text{расх } i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 7.

Таблица 7

Материальные затраты

| Наименование | Единица измерения | Количество | | | Цена за ед., руб. | | | Затраты на материалы, (Z_M), руб. | | |
|--------------|-------------------|------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|
| | | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 |
| Бумага | Лист | 150 | 150 | 150 | 2 | 2 | 2 | 345 | 345 | 345 |
| Картридж | Шт. | 1 | 1 | 1 | 350 | 350 | 350 | 402.5 | 402.5 | 402.5 |
| Интернет | М/бит (пакет) | 1 | 1 | 1 | 350 | 350 | 350 | 402.5 | 402.5 | 402.5 |
| Ручка | Шт. | 2 | 2 | 2 | 20 | 20 | 20 | 46 | 46 | 46 |
| Тетрадь | Шт. | 3 | 3 | 3 | 50 | 50 | 50 | 172.5 | 172.5 | 172.5 |
| Итого | | | | | | | | 2116 | 2116 | 2116 |

3.2.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу X. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НИИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 8

Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

| № п/п | Наименование оборудования | Количество единиц оборудования | | | Цена единицы оборудования, тыс. руб. | | | Общая стоимость оборудования, тыс. руб. | | |
|--------|--|--------------------------------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|---|-------|-------|
| | | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 |
| 1 | Труба картонная 3,5м | 6 | 6 | 6 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| 2 | Экспериментальный прибор для измерения длины картонной трубы | 1 | 1 | 1 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 3 | Персональный компьютер | 1 | 1 | 1 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Итого: | | | | | | | | 32.62 | 32.62 | 32.62 |

4.2.7 Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года ($M=10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 48 раб.дня);

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн. (таблица 9).

Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Инженер |
|--|--------------|---------|
| Календарное число дней | 366 | 366 |
| Количество нерабочих дней – выходные дни - праздничные дни | 119 | 119 |
| Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезням | 30 | 30 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 217 | 217 |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC}(1 + k_{пр} + k_d)k_p,$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб ();

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от тс Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от Z_{TC});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 10

Таблица 10

| Исполнители | Разряд | Z_{TC} , руб | $k_{пр}$ | k_d | k_p | Z_M , руб | $Z_{дн}$, руб | T_p , раб.дн | $Z_{осн}$, руб |
|--------------|-----------|----------------|----------|-------|-------|-------------|----------------|----------------|-----------------|
| Руководитель | Ассистент | 13824 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 26956,8 | 1291,9 | 27,7 | 35786,7 |
| Инженер | | 6598 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 12866,1 | 616,6 | 70,1 | 43225,4 |
| Итого, руб | | | | | | | | | 79012,1 |

4.2.8 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

4.2.9 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

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

На 2014 г. в соответствии Федерального закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 7).

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 проекта | 35786,7 | 33201,83 | 35010,5 | 5368 | 4980,3 | 4201,3 |
| Инженер | 43225,4 | 39067,8 | 43038,7 | 6483,8 | 5860,2 | 6455,8 |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 0,271 | | | | | |
| Итого | | | | | | |
| Исполнение 1 | 24624,1 | | | | | |
| Исполнение 2 | 22522,8 | | | | | |
| Исполнение 3 | 24039,4 | | | | | |

4.3.1 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * (\text{сумма статей } 1 \div 7),$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.3.2 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) 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 табл.8.

Таблица 12

Расчет бюджета затрат НИИ

| Наименование статьи | Сумма, руб. | | | Примечание |
|--|-------------|----------|----------|-----------------------|
| | Исп.1 | Исп.2 | Исп.3 | |
| 1. Материальные затраты НИИ | 2116 | 2116 | 2116 | Пункт 3.4.1 |
| 2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 32620 | 32620 | 32620 | Пункт 3.4.2 |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 79012,1 | 72269,6 | 78049,2 | Пункт 3.4.3 |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 11851,8 | 10840,5 | 10657,1 | Пункт 3.4.4 |
| 5. Отчисления во внебюджетные фонды | 24624,1 | 22522,8 | 24039,4 | Пункт 3.4.5 |
| 6. Накладные расходы | 23697,3 | 22120,5 | 23258,5 | 16 % от суммы ст. 1-5 |
| 7. Бюджет затрат НИИ | 171805,3 | 160373,4 | 168624,2 | Сумма ст. 1- 6 |

Таким образом, проведен анализ технических решений измерения глубины скважины, выявлены достоинства и недостатки разрабатываемого устройства в сравнении с аналогами. Определены потенциальные потребители результатов исследования. Кроме того, был сформирован перечень этапов и произведено распределение исполнителей. Также был разработан график проведения научного исследования. Рассчитан бюджет на проведение исследования.

Список публикаций студента

1. 1. Терентьева О. Ю. Повышение точности акустических измерений методом при детектировании сигнала одним компаратором / О. Ю. Терентьева, Ю. В. Шульгина; науч. рук. Ю. В. Шульгина // Неразрушающий контроль: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность", Томск, 23-27 мая 2016 г.: в 3 т. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. — [3 с.].