

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

Институт электронного обучения

Специальность Информационно-измерительная техника и технологии

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Разработка ультразвукового толщиномера синхронизированного с устройством на базе ОС Android

УДК 620.179.16:531.717.55

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Шувалов Евгений Анатольевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Уваров А.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	профессор, доктор физ.-мат. наук		

Томск – 2016 г.

Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки (специальность) Информационно-измерительная техника и технологии
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(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
3-1401	Шувалов Евгений Анатольевич

Тема работы:

Разработка ультразвукового толщиномера синхронизированного с устройством на базе ОС Android

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 277/с от 22.01.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект исследования трубопроводы отопления, водоснабжения и водоотведения. Область применения разрабатываемого средства измерения жилищно-коммунальные хозяйства. Прибор должен иметь радиомодуль связи с планшетным ПК для контроля измерений. Вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов должна быть не менее 0,95.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (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).	Обзор методов измерения толщины стенки трубопроводов. Анализ существующих схем построения измерителей толщины, их достоинства и недостатки Цель разработки: Создание прибора для измерения толщины стенки труб для их технического диагностирования Сконструирован прибор позволяющий измерять толщину стенки до 80 мм. С его помощью можно производить периодический контроль. Благодаря использованию современной элементной базы, прибор обладает высоким быстродействием и надежностью.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Схема структурная 2. Схема принципиальная 3. Чертеж общего вида ультразвукового толщиномера 4. Чертеж крепежной планки ПЭП 5. Чертеж печатной платы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов О.Н.
«Социальная ответственность»	Кырмакова О.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Уваров А.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Шувалов Евгений Анатольевич		

ОПРЕДЕЛЕНИЯ,ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Толщиномер: прибор для измерения толщины исследуемого материала при помощи физических методов исследования

Bluetooth модуль радиомодуль беспроводной передачи данных

Планшетный ПК: ППК

Пьезоэлектрический преобразователь: ПЭП.

Ультразвуковой: УЗ.

Микроконтроллер: МК.

4. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА

4.1. Структурная схема

Структурная схема разработанного прибора приведена в приложении А

На структурной схеме условно обозначены:

С	синхронизатор
ГЗИ	генератор зондирующих импульсов
ПЭП	пьезоэлектрический преобразователь
ПУ	приемник, усилитель
АЦП	аналого-цифровой преобразователь
ВЧ	вычислитель
БМ	блютуз модуль
ППК	планшетный ПК

С синхронизатора подаётся импульс начала преобразования на генератор зондирующего импульса, генератор выдает высоко-частотный сигнал на пьезоэлектрический преобразователь, который в свою очередь преобразует его в ультразвуковые колебания и вводит их в объект контроля. После подачи сигнала управления на генератор, синхронизатор отключает генератор и переключается на приемник усилитель для приема отраженного донного эхо-сигнала. После усиления на приемнике усилителе сигнал обрабатывается аналого-цифровым преобразователем. Оцифрованный сигнал попадает в вычислитель в котором производится вычисление толщины по формуле 1. Полученные данные передаются на радиомодуль связи Bluetooth, который в свою очередь передает их на планшетный ПК, для индикации показаний и дальнейшего использования полученной информации.

4.2. Проектирование ультразвукового толщиномера

4.2.1 Выбор пьезоэлектрического преобразователя

Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) применяются в ультразвуковом НК, выступая в качестве излучателя и приемника ультразвукового импульса обрабатываемого УЗ дефектоскопом. Принцип действия ПЭП основан на пьезоэлектрическом эффекте – явлении возникновения электрической поляризации под действием механических напряжений.

Требования к УЗ ПЭП указаны в [ГОСТ Р 55725-2013](#) - Преобразователи ультразвуковые пьезоэлектрические. Общие технические требования и [ГОСТ Р 55808-2013](#)- Преобразователи ультразвуковые. Методы испытаний.. Расширенный перечень нормативов касающихся УЗ ПЭП приведен в конце данной страницы. УЗ ПЭП можно условно классифицировать по следующим признакам:

По углу ввода колебаний различают:

Прямые преобразователи вводят и (или) принимают колебания по нормали к поверхности объекта контроля в точке ввода.

Наклонные преобразователи вводят и (или) принимают колебания в направлениях отличных от нормали к поверхности объекта контроля.

По способу размещения функций излучения и приема УЗ сигнала различают:

Совмещенные ПЭП где один и тот же пьезоэлемент, работает как в режиме излучения так и в режиме приема.

Раздельно-совмещенные преобразователи где в одном корпусе размещены два и более пьезоэлемента, один из которых работает только в режиме излучения, а другие в режиме приема.

По частоте колебаний

Высокочастотные УЗ ПЭП условно можно ограничить диапазоном 4-5 МГц, такую частоту обычно применяют при контроле мелкозернистых

заготовок небольшой толщины (обычно менее 100мм) и сварных соединений толщиной менее 20мм.

Среднечастотные УЗ ПЭП с диапазоном частот 1,8-2,5 МГц. Преобразователи с данным диапазоном частот применяются для контроля изделий большей толщины и с большим размером частиц.

Низкочастотные УЗ ПЭП с диапазоном частот 0,5-1,8 МГц, используются для контроля заготовок с крупнозернистой структурой и высоким коэффициентом затухания, например чугуна, бетона или пластика.

По способу акустического контакта

Контактные ПЭП где рабочая поверхность соприкасается с поверхностью ОК или находится от нее на расстоянии менее половины длины волны в контактной жидкости.

Иммерсионные которые работают при наличии между поверхностями преобразователя и ОК слоя жидкости толщиной больше пространственной протяженности акустического импульса.

По типу волны возбуждаемой в объекте контроля:

Продольные волны - колебания которых происходит вдоль оси распространения;

Сдвиговые (поперечные) волны- колебания которых происходит перпендикулярно оси распространения;

Поверхностные волны (волны Реллея) - распространяющиеся вдоль свободной (или слабонагруженной) границы твердого тела и быстро затухающие с глубиной.

Нормальные ультразвуковые волны (волны Лэмба) – ультразвуковые волны, которые распространяются в пластинах и стержнях. Существуют симметричные и антисимметричные волны.

Головные волны – совокупность акустических волн возбуждаемых при падении пучка продольных волн на границу раздела 2 твердых сред под первым критическим углом.

Выбор преобразователя, зависит от параметров контролируемого объекта, таких как материал, толщина, форма и ориентация дефектов и т.д.

Выбор ПЭП по углу ввода (прямой или наклонный) выбирают исходя из схемы прозвучивания конкретного объекта. Схемы прозвучивания содержатся в [государственных и ведомственных стандартах](#), а так же [технологических картах контроля](#). В общем случае угол ввода выбирают таким образом, что бы обеспечивалось пересечение проверяемого сечения акустической осью преобразователя (прямым или однократно отраженным лучем). Выявление дефектов выходящих на поверхность наиболее эффективно обеспечивается при падении поперечной волны под углом 45 ± 5 к этой поверхности.

Выбор ПЭП по схеме включения (совмещенный или РС) выбирается в зависимости от толщины изделия или расстояния зоны контроля от поверхности ввода. Прямые совмещенные ПЭП обычно применяют при контроле изделий толщиной более 50мм, а прямые РС ПЭП для контроля изделий толщиной до 50мм включительно, или приповерхностного слоя до 50мм.

Наклонные РС ПЭП в основном используются по совмещенной схеме включения. Наклонные РС ПЭП с поперечной волной используют преимущественно для контроля сварных соединений тонкостенных (до 9мм) труб диаметром не более 400мм (хордовые преобразователи). Наклонные РС ПЭП с продольной волной применяют для контроля соединений с крупнозернистой структурой и высоким уровнем шумов (аустенитные швы).

Выбор ПЭП по частоте колебаний, выбирается в основном исходя из толщины ОК и требуемой чувствительности контроля. Благодаря более короткой волне, высокочастотные преобразователи позволяют находить дефекты меньшего размера, тогда как УЗ волны низкочастотных ПЭП глубже проникают в материал, т.к. коэффициент затухания уменьшается с частотой. Низкочастотные ПЭП применяются при контроле крупнозернистых материалов и материалов с высоким коэффициентом затухания.

При выборе частоты надо учитывать, что ее увеличение вызывает:

увеличение ближней зоны

уменьшение мертвой зоны, связанное с уменьшением длительности свободных колебаний пьезоэлемента;

улучшение лучевой и фронтальной разрешающей способности;

сужение характеристики направленности;

увеличение коэффициента затухания и связанное с ним падение чувствительности на больших толщинах

увеличение уровня структурных шумов в крупнозернистых материалах;
уменьшение уровня собственных шумов ПЭП, связанное с увеличением затухания звуковой волны в элементах ПЭП при возрастании частоты;

Далее приведены основные типы и характеристики преобразователей, наиболее часто применяемых в процессе [ультразвукового контроля](#).

П111 - Прямые совмещенные преобразователи

Преобразователи типа П111 используются для дефектоскопии и толщинометрии изделий продольными волнами. На практике, прямые совмещенные преобразователи применяются для контроля листов, плит, валов, отливок, поковок, а также для поиска локальных утонений в стенках изделий. Преобразователи П111 используются для выявления объемных и плоскостных дефектов – пор, волосовин, расслоений и т.д. Характеристики ПЭП типа П111 приведены в таблице:

Таблица 2.

Обозначение УЗ ПЭП	Эффективная частота, МГц	Диапазон контроля по	Диаметр отражателя,	Диаметр рабочей	Габаритные размеры, мм
--------------------	--------------------------	----------------------	---------------------	-----------------	------------------------

		стали 40х13, мм	мм	поверхности, мм	
П111-1,25-K20	1,25 ± 0,125	15 - 180	3,2	22	Ø 32х43
П111-2,5-K12	2,5 ± 0,25	10 - 180	1,6	14	Ø 22х35
П111-2,5-K20	2,5 ± 0,25	25 - 400	1,6	22	Ø 32х43
П111-5-K6	5,0 ± 0,5	5 - 70	1,2	9	Ø 19х32
П111-5-K12	5,0 ± 0,5	15 - 200	1,2	14	Ø 22х35
П111-5-K20	5,0 ± 0,5	15 - 200	1,2	22	Ø 32х43
П111-10-K6	10,0 ± 1,0	5 - 30	1,0	9	Ø 19х32

П112 - прямые раздельно-совмещенные преобразователи

Контактные раздельно-совмещенные преобразователи, типа П112, как правило используются для применяются для определения остаточной толщины стенки изделий и для поиска дефектов, расположенных на относительно небольших глубинах под поверхностью. Толщина контролируемых П 112 объектов, как правило, находится в диапазоне от 1 до 30мм. Характеристики П112 приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Обозначение УЗ ПЭП	Эффективная частота, МГц	Диапазон контроля по стали 40х13, мм	Диаметр отражателя, мм	Размеры рабочей поверхности, мм	Габаритные размеры, мм
П112-2,5-12	$2,5 \pm 0,25$	2 - 30	1,6	Ø 16	Ø 24 x 43
П112-5-6	$5,0 \pm 0,5$	1 - 25	1,2	Ø 9	Ø 21 x 40
П112-5-12	$5,0 \pm 0,5$	2 - 30	1,2	Ø 16	Ø 24 x 43
П112-5-3x4	$5,0 \pm 0,5$	1 - 25	1,2	10 x 15	Ø 32 x 12 x 28
П112-10,0-6/2	$10,0 \pm 0,5$	1-30	1,2	Ø 6	Ø 6 x 18

П121 наклонные совмещённые преобразователи

Наклонные преобразователи, типа П121, широко применяются в задачах контроля сварных соединений, листов, штамповок, поковок и других объектов. Преобразователи П121 позволяют выявлять трещины, объемные дефекты, такие как неметаллические включения, поры, непровары, усадочные раковины и т.п. С помощью преобразователей типа П121, как правило, определяются характеристики вертикально ориентированных дефектов.

П122 – наклонные раздельно-совмещенные преобразователи

Хордовые преобразователи типа П122 в основном применяют для контроля кольцевых сварных швов трубных элементов из сталей и полиэтилена диаметром от 14 до 219 мм. с толщиной стенки от 2 до 6 мм., используются контактные раздельно-совмещенные хордовые преобразователи. Применение преобразователей хордового типа особенно эффективно для контроля тонкостенных сварных швов от 2 до 4 мм.

Преобразователи типа П122 предназначены для контроля тонкостенных сварных швов, как правило из нержавеющей, малоуглеродистых сталей и

сплавов алюминия. Характерная особенность ПЭП – минимальная мертвая зона и фокусировка УЗ поля в определенном диапазоне толщин.

Для основных типов ПЭП в России принято буквенно-цифровое обозначение, которое формируется следующим образом:

первый знак – буква П – Преобразователь;

первая цифра – 1 – контактный, 2 – иммерсионный, 3 – контактно-иммерсионный;

вторая цифра – 1 – прямой, 2 – наклонный;

третья цифра – 1 – совмещенный, 2 – раздельно-совмещенный, 3 – раздельный;

кроме этого производители обычно указывают частоту, угол ввода, размер пьезоэлемента.

Схема обозначения ультразвуковых преобразователей приведена на рисунке 9.

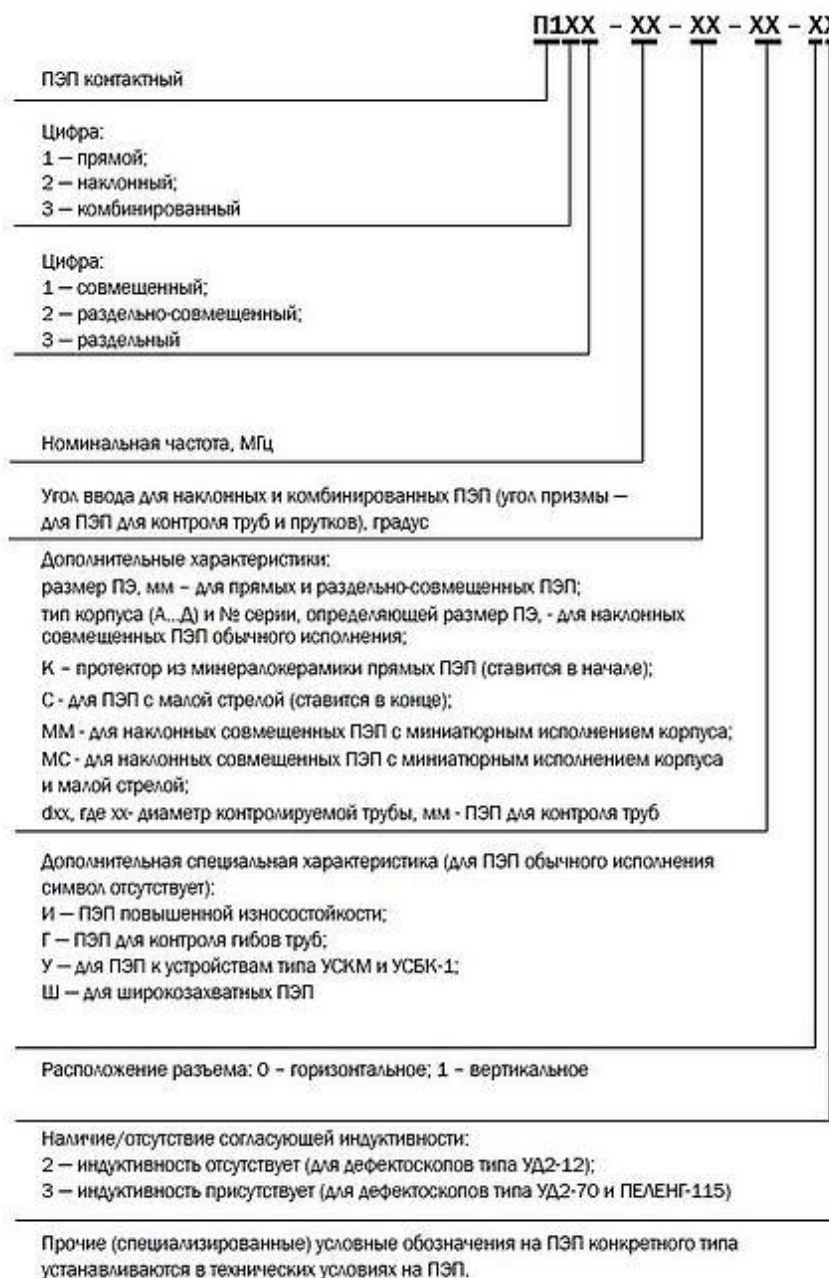


Рисунок 9.

В данном проекте оправдано использование ПЭП с маркировкой П 112 (преобразователь контактный, прямой, раздельно совмещенный.) Так как преобразователь должен быть интегрирован непосредственно в устройство и иметь малые габариты, а также исходя из материала объекта контроля эффективную рабочую частоту не менее 5 МГц. То был выбран П112-10,0-6/2 его основные рабочие характеристики указаны в таблице 3

4.3. Электрическая схема прибора и ее элементная база

4.3.1. Выбор микроконтроллера

Разрабатываемый УЗ толщиномер будет работать под управлением микроконтроллера ATmega 8.

ATmega8- мощный 8-разрядный КМОП микроконтроллер, основанный на расширенной AVR RISC- архитектуре. За счет выполнения большинства инструкций за один машинный цикл ATmega8 достигает производительности 1 млн. операций в секунду/МГц, что позволяет проектировщикам систем оптимизировать соотношение энергопотребления и быстродействия

ATmega8 содержит следующие элементы:

8 кбайт внутрисистемно программируемой флэш-памяти с поддержкой чтения во время записи,

512 байт EEPROM,

1 кбайт статического ОЗУ,

23 линии универсального ввода-вывода,

32 универсальных рабочих регистра, счетчик реального времени (RTC), три гибких таймера-счетчика с режимами сравнения и ШИМ,

2 УСАПП, двухпроводной последовательный интерфейс ориентированный на передачу байт,

6- канальный(восемь каналов в TQFP и пакетах QFN/MLF)

10-разр. АЦП ,

программируемый сторожевой таймер с внутренним генератором, последовательный порт SPI, а также шесть программно выбираемых режимов уменьшения мощности.

Режим холостого хода (Idle) останавливает ЦПУ, но при этом поддерживая работу статического ОЗУ, таймеров-счетчиков, SPI-порта и системы прерываний.

Режим выключения (PowerDown) позволяет сохранить содержимое регистров, при остановленном генераторе и выключении встроенных функций до следующего прерывания или аппаратного сброса.

В экономичном режиме (Power-save) асинхронный таймер продолжает работу, позволяя пользователю сохранить функцию счета времени в то время, когда остальная часть контроллера находится в состоянии сна.

Режим снижения шумов АЦП (ADC Noise Reduction) останавливает ЦПУ и все модули ввода-вывода, кроме асинхронного таймера и АЦП для минимизации импульсных шумов в процессе преобразования АЦП. В дежурном режиме (Standby) кварцевый/резонаторный генератор продолжают работу, а остальная часть микроконтроллера находится в режиме сна. Данный режим характеризуется малой потребляемой мощностью, но при этом позволяет достичь самого быстрого возврата в рабочий режим.

Микроконтроллер производится по технологии высокоплотной энергонезависимой памяти компании Atmel. Встроенная внутрисистемно программируемая флэш-память позволяет перепрограммировать память программ непосредственно внутри системы через последовательный интерфейс SPI с помощью простого программатора или с помощью автономной программы в загрузочном секторе. Загрузочная программа может использовать любой интерфейс для загрузки прикладной программы во флэш-память. Программа в загрузочном секторе продолжает работу в процессе обновления прикладной секции флэш-памяти, тем самым поддерживая двухоперационность: чтение во время записи.

За счет сочетания 8-разр. RISC ЦПУ с внутрисистемно самопрограммируемой флэш-памятью в одной микросхеме ATmega8 является мощным микроконтроллером, позволяющим достичь высокой степени гибкости и эффективной стоимости при проектировании большинства приложений встроенного управления.

ATmega8 поддерживается полным набором программных и аппаратных средств для проектирования, в т.ч.: Си-компиляторы, макроассемблеры, программные отладчики/симуляторы, внутрисистемные эмуляторы и оценочные наборы.

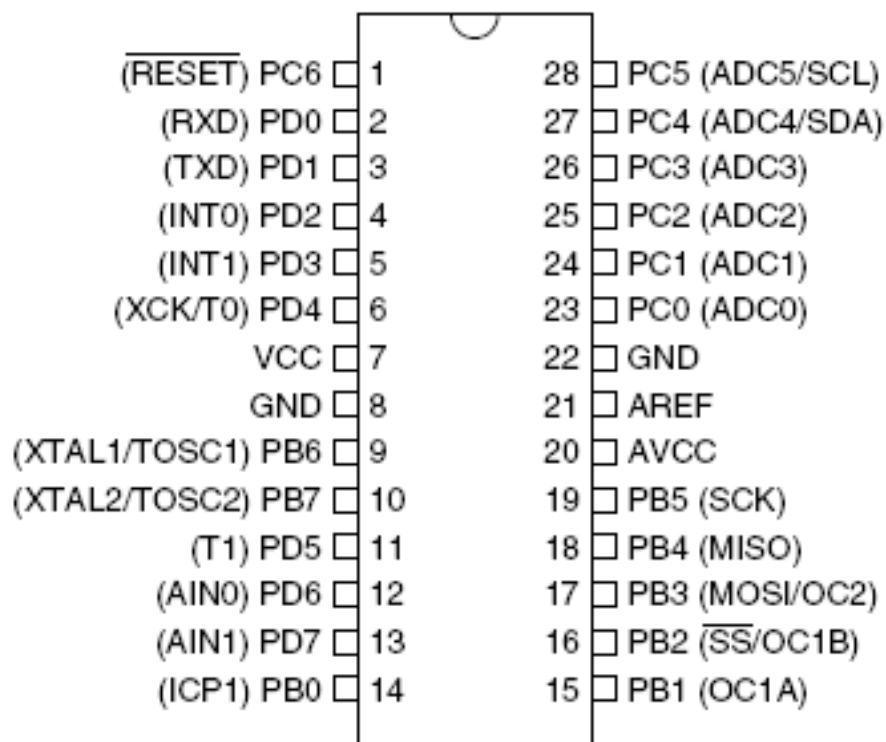


Рисунок 10 Схема выводов микроконтроллера ATmega 8

4.3.2. Выбор генератора

В качестве генератора выберем микросхему 74НС4060

Рабочие параметры:

Тактовая Частота 95МГц

Стиль Корпуса Микросхемы Логики DIP

Количество Выводов 16выводов

Минимальное Напряжение Питания 2В

Максимальное Напряжение Питания 6В

Минимальная Рабочая Температура - 40°C

Максимальная Рабочая Температура 125°C

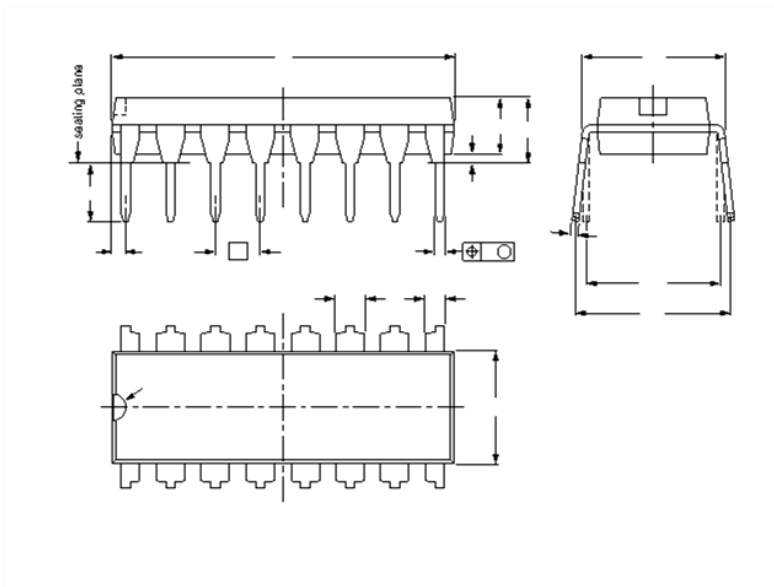


Рисунок 11. Общий вид 74НС4060

Микросхема 74НС 4060 фирмы Philips – это счетчик-генератор, реализованный по CMOS технологии для достижения высокой производительности. Особенностью данной микросхемы является генерация высоко-частотного сигнала с малым уровнем шумов, что позволяет использовать его без дополнительных фильтров

4.3.3. Выбор приемника усилителя

Для увеличения напряжения выходящего с пьезоэлектрического преобразователя предусмотрен повышающий преобразователь напряжения AP 1522.

Тип исполнения корпуса SOT-25, что позволяет уменьшать габариты платы

Напряжение обратной связи $-1,25\text{ В}$, сводит к минимуму потери мощности, что приводит к высокому КПД-85%

4.3.4. Выбор Bluetooth модуля

Bluetooth модуль в разрабатываем устройстве служит для передачи полученных измерений на планшетный ПК или смартфон под управлением

ОС Android. Для обеспечения удобства работы и понижению погрешности измерения при удалении задержек сигнала в соединительных кабелях.

Модуль должен соответствовать миниатюрным размерам прибора и иметь при этом удобство монтажа.

Под предъявляемые условия подходит готовый модуль BlueNiceCom 3

Микросхема обеспечивает скорость передачи информации до 921,6 кБод с возможностью внутрисистемного программирования.

Номинальное напряжение питания 3,3В при потребляемом токе в режиме передачи до 68 мА, в режиме сканирования без установленных связей- 6мА, в ждущем режиме -0,25 мА.

Чувствительность приемника не менее 77 Дбм.

Рабочий интервал температур от – 40 до + 85° С

Габаритные размеры: 14,1x10,1x2 мм.

5. КОНСТРУКТОРСКО_ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Технология изготовления и конструкция печатной платы

Прибор содержит печатную плату, на которой смонтированы элементы принципиальной схемы. Печатная плата была разработана с помощью пакета автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD 2006.

К печатной плате предъявляются следующие требования:

- поверхность платы не должна иметь вздутий, посторонних включений, трещин и расслоений материала основания, снижающих электрическое сопротивление и прочность изоляции. Материал основания печатной платы должен иметь хорошие прочностные характеристики, чтобы при механической обработке (распиле, сверлении и штамповке), на ее поверхности не образовывались трещины и местные расслоения материала, которые неблагоприятно влияют на эксплуатационные свойства и электрические параметры плат;

- расстояние и ширина между печатными проводниками устанавливают требованиями чертежа. У печатных проводников должны быть ровные края. Не допускается механическое повреждение печатных проводников.

- согласно международным требованиям толщина платы выбирается из ряда: 0,2; 0,5; 0,8; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 6,4 мм.

Печатные проводники, их прочность сцепления с основанием платы – есть качество и надежность самой печатной схемы.

Назначение печатных плат - монтаж на нее радиодеталей с гибкими выводами (резисторы, конденсаторы и др.), не менее пяти одиночных перепаек.

Печатные платы предназначенные для монтажа многовыводных элементов (микросхемы, разъёмы) - не менее трех перепаек. Конструкция прибора обеспечивает устойчивость платы к механическим воздействиям.

В процессе конструирования печатной платы необходимо:

выбрать тип;

определить класс точности;
определить габаритные размеры и ее конфигурацию;
выбрать материал основания;
расположить навесные элементы;
определить размеры элементов рисунка;
произвести трассировку;
оформить конструкторскую документацию;

Согласно ГОСТ 23751 разработанная печатная плата является двусторонней и соответствует третьему классу точности.

Плата разрабатывалась в пакете автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD 2006.

Разработанная плата с габаритами 60x40x2 мм удовлетворяет требованиям ГОСТ. Толщина платы определяется исходным материалом, механической нагрузкой

Материалом печатной платы: стеклотекстолит СФ-2-35Г-2 марка по ГОСТ 12652.

Материал проводника: медь электротехническая степень чистоты - 99,5 %;

предельное удлинение 5...6 %; толщина покрытия 35 мкм (± 10 %).

Механическая сборка платы включает в себя подготовку выводов элементов, монтаж и механическое закрепление их в монтажных отверстиях печатной платы.

Пайка электрических соединений гарантирует прочное механическое крепление деталей и надежное электрическое соединение выводов деталей с проводниками на плате. Пайка осуществляется припоем ПОС-61 с применением бескислотного флюса с помощью паяльника.

Печатная плата устройства фиксируется горизонтально с помощью винтов согласно ГОСТ 17473 на держателях внутри корпуса. Держатели выполнены из диэлектрического материала корпуса – АБС пластика.

Конструкция электронного блока прибора соответствует технологическим, эксплуатационным и экономическим требованиям. При выполнении всех требований устройство обладает: надёжностью, быстротой сборки-разборки, и соответственно удобством в обслуживании и хорошей ремонтоспособностью.

5.2. Конструкция и технология изготовления корпуса прибора

Корпус прибора представляет собой прямоугольную коробку с закругленными краями плоскую с боков, изготовленную при помощи горячего штампования. Снизу прибора выступает рабочая часть капсулы пьезоэлектрического преобразователя, который благодаря крепежной планке надёжно и герметично закреплён в корпусе прибора, что позволяет избежать заломов капсулы при измерениях и попаданию в корпус прибора контактной жидкости при проведении измерений.

Плата с подключенным ПЭП и его креплением монтируется в литой корпус прибора на литые держатели при помощи винтов.

Общий вид прибора приведен в приложении «Ультразвуковой толщиномер» чертеж общего вида ФЮРА 424.121.001. ВО

Чертеж крепежной планки ПЭП приведен в приложении «Планка крепления ПЭП» ФЮРА 424.121.002

5.3. Программирование микроконтроллера

Микроконтроллер Atmega 8 используемый в устройстве можно запрограммировать или перепрограммировать непосредственно в устройстве. Для этого на плате имеется разъем X2 позволяющий подключить программатор. В любой момент можно изменить программу и настроить толщиномер на измерение других материалов. Листинг программы для микроконтроллера приведен в приложении В

5.4. Настройка и тест Bluetooth модуля

После монтажа схемы для правильного функционирования устройства необходимо протестировать Bluetooth модуль на корректную работу, на его «видимость» объектом сопряжения и точность передачи данных. Для тестирования модулей существуют программные продукты распространяющиеся бесплатно, такие как : Bluetooth Auto Connect;

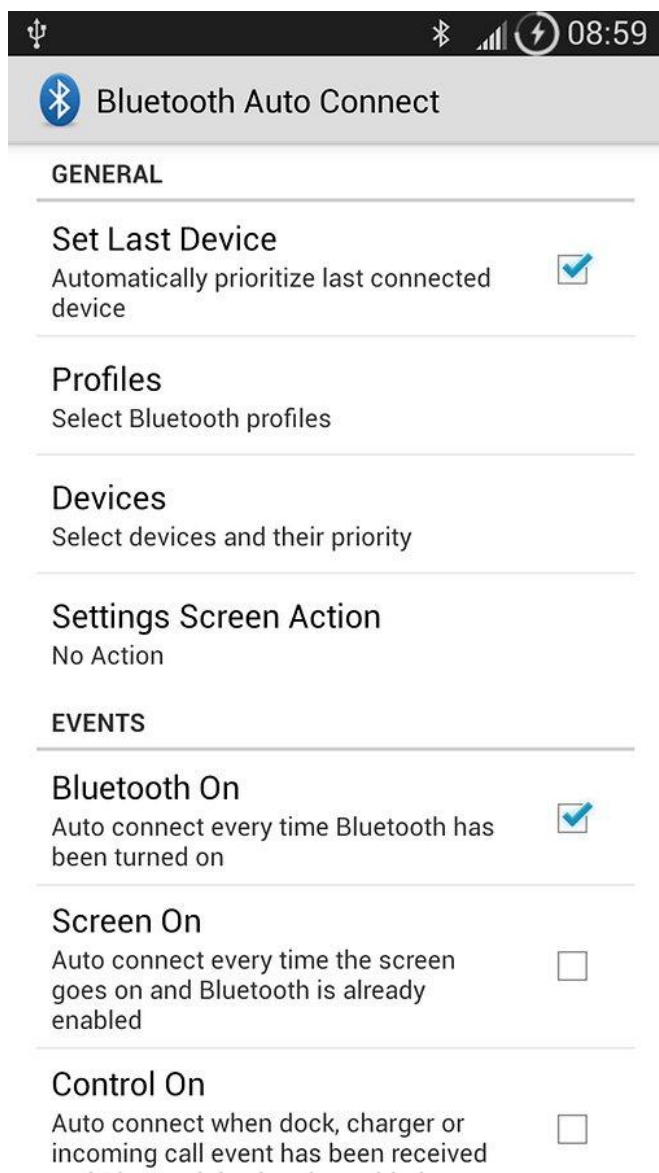


Рисунок 12. Окно программы Bluetooth Auto Connect.

После обнаружения устройства, проводится настройка передачи данных устройства Android и обратно, а так же отслеживается уровень сигнала модуля. После сопряжения с планшетным ПК или смартфоном, можно устанавливать программу «Толщиномер», для дальнейшей работы и снятия измеренных показаний с прибора.

6. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ

Надежность - определяет эксплуатационную пригодность измерительной аппаратуры и является одним из важнейших свойств. Показатели надежности вместе с такими показателями как точность, масса считаются основными техническими характеристиками прибора. Техническое задание на разработку любого измерительного устройства должно обязательно содержать раздел с требованиями по надежности.

Согласно ГОСТ 27.002-89 к критериям надежности относят.

Безотказность – это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность - это свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Ремонтопригодность - это свойство объекта, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения их последствий путем проведения профилактических и капитальных ремонтов и технического обслуживания.

Сохраняемость – это свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующие способность объекта выполнять требуемые функции в течение использования, после хранения и транспортировки.

Важно отметить, что понятие надежности для любого технического устройства связано с отказами.

Отказ – это событие, которое заключается в нарушении работоспособного состояния объекта.

В настоящее время существуют различные варианты классификации отказов. Отказы для радиоэлектронных устройств можно классифицировать:

1. по характеру возникновения отказа: внезапные и постепенные;

2. по времени существования отказа: постоянный, временной и перемежающийся (временные отказы, которые следуют один за другим);
3. по характеру проявления отказа: явный и неявный;
4. по зависимости отказов между собой: зависимый и независимый;
5. по причине возникновения отказа: конструктивный, производственный, эксплуатационный и деградационный.

Важно отметить, что надежность является комплексным свойством любого технического устройства. На практике с количественной стороны надежность оценивается рядом критериев, которые получили название показателей надежности. Основные единичные и комплексные показатели приведены в таблице 4.

Таблица 4 Показатели надежности

Свойства	Показатель
Безотказность	-вероятность безотказной работы -интенсивность отказов -средняя наработка до отказа -параметр потока отказов -средняя наработка на отказ
Ремонтопригодность	-вероятность восстановления -интенсивность восстановления -среднее время восстановления
Безотказность и ремонтпригодность	-коэффициент готовности -коэффициент простоя -коэффициент технического использования -коэффициент оперативной готовности
Долговечность	-назначенный ресурс -средний ресурс между капитальными (средними) ремонтами

	-средний срок службы
Сохраняемость	-средний срок сохраняемости

Необходимо отметить, что на надежность любого технического устройства влияют многочисленные факторы, имеющие место на этапах его проектирования, производства и эксплуатации. Соответственно различают:

- 1.Расчетную надежность;
- 2.Производственную надежность;
- 3.Эксплуатационную надежность.

Следует заметить, что в идеальном случае значения расчетной, производственной и эксплуатационной надежностей должны совпадать.

Расчёт надежности проектируемой технической системы заключается в определении показателей надежности системы по известным характеристикам надежности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации.

Основным показателем безотказности изделия - вероятность безотказной работы $P(\tau)$. Вероятность безотказной работы $P(\tau)$ - это безразмерная величина, которая зависит от времени наработки τ и изменяющаяся в пределах от 0 до 1.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, когда приработка изделия завершена и производственные дефекты, если такие выявились, устранены, а износ еще не наступил, то вероятность безотказной работы вычисляется по формуле:

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i; \tau)\right),$$

где λ_i - интенсивность отказа i – элемента,

m – число элементов.

Таким образом, вероятность безотказной работы уменьшается со временем по экспоненциальному закону от значения 1. При этом интенсивность отказа системы определяется по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^m \lambda_i.$$

А среднее время наработки до отказа есть величина обратная интенсивности отказа.

Интенсивность отказа элементов и компонентов проектируемой системы (устройства) с учетом условий эксплуатации устройства можно определить по следующей формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * K1 * K2 * K3 * K4 * a_i(t_k, K_n),$$

где λ_{0i} - номинальная интенсивность отказа i -го элемента или компонента;

$K1, K2$ - поправочные коэффициенты на воздействие механических факторов;

$K3$ - поправочный коэффициент на воздействие влажности;

$K4$ - поправочный коэффициент на давление воздуха;

$a_i(t_k, K_n)$ - поправочный коэффициент на температуру поверхности компонента (t_k) и коэффициента электрической нагрузки (K_n).

Значения номинальной интенсивности отказов компонентов λ_{0i} берутся из условий на данный компонент или из справочников. В таблице 5 приведены значения номинальной интенсивности отказов для некоторых типов элементов.

Таблица 5 Значения номинальной интенсивности отказов

Наименование элемента	$\lambda_{cp} * 10^{-6}, 1/\text{час}$
Конденсаторы керамические	0,15

Резисторы прецизионные	0,0125
Конденсаторы керамические	0,2
Интегральные микросхемы	0,01
Полупроводниковые диоды	0,01
Выключатель	3,9

В таблице 6 приведены значения отдельных поправочных коэффициентов K_1 и K_2 , учитывающих влияние механических воздействий.

Таблица 6 Поправочные коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация k_1	Ударные нагрузки k_2	Суммарное воздействие k_Σ
Лабораторные	1,0	1,0	1,0
Стационарные (полевые)	1,04	1,03	1,07
Корабельные	1,3	1,05	1,37
Автофургонные	1,35	1,08	1,46
Железнодорожные	1,4	1,1	1,54
Самолетные	1,46	1,13	1,65

В таблице 7 приведены значения поправочного коэффициента K_3 , учитывающего влияние влажности.

Таблица 7 Поправочный коэффициент на воздействие влажности

Влажность, %	Температура, °C	Поправочный коэффициент k_3
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

В таблице 8 приведены значения поправочного коэффициента K_4 , учитывающего влияние атмосферного давления.

Таблица 8 Коэффициент влияния атмосферного давления

Давление, кПа	Поправочный коэффициент k_4	Давление, кПа	Поправочный коэффициент k_4
0,1...1,3	1,45	32,0...42,0	1,2
1,3...2,4	1,40	42,0...50,0	1,16
2,4...4,4	1,36	50,0...65,0	1,14
4,4...12,0	1,35	65,0...80,0	1,1
12,0...24,0	1,3	80,0...100,0	1,0
24,0...32,0	1,25		

Коэффициенты электрической нагрузки K_n компонентов определяются отношением значения контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) рассматриваемого компонента к максимально возможному (допустимому) по техническим условиям значению этого параметра. Отметим, что в качестве контролируемого параметра для конкретного компонента устройства выбирается тот, от которого в наибольшей степени зависит надежность данного компонента. Контролируемые параметры и формулы вычисления коэффициентов нагрузки для основных видов элементов приведены в таблице 9.

Таблица 9 Коэффициенты нагрузки компонентов

Компоненты	Контролируемые параметры	Коэффициент нагрузки K_H
Микросхемы	Входной ток микросхем, включенных на выходе, $I_{вхi}$ Максимальный выходной ток $I_{вых \max}$ Число нагруженных входов n	$\frac{\sum_{i=1}^n I_{вхi}}{I_{вых \max}}$
Транзисторы	Мощность, рассеиваемая на коллекторе, P_K	$P_K / P_{K \text{ доп}}$
Полупроводниковые диоды	Обратное напряжение U_o	$U_o / U_{o \text{ доп}}$
Конденсаторы	Напряжение на обкладках U	$U / U_{\text{доп}}$
Резисторы	Рассеиваемая мощность P	$P / P_{\text{доп}}$
Трансформаторы	Ток нагрузки I_H	$I_H / I_{H \text{ доп}}$
Электрические соединители	Ток I_K	$I_K / I_{K \text{ доп}}$

Для аналоговых и цифровых микросхем принимаем $K_H=1$. Карта режимов работы элементов приведена в таблице 10.

Таблица 10 Карта режимов работы элементов

Обозначение элементов	Номинальное значение параметра	Рабочее значение параметра	Уровень нагрузки U_H	Коэффициент нагрузки K_H
1	2	3	4	5
Конденсаторы керамические				
C1,C2	50В	5В	0,1	1
Конденсаторы с оксидным диэлектриком				
C3- C4-C5	63В	5В	0,07	1
Резисторы				
R1-R6,	0,125 Вт	0,05 Вт	0,4	1,5

R7	0,125 Вт	0,05 Вт	0,4	1,5
R8	0,125Вт	0,05 Вт	0,4	1,5
Микросхемы цифровые				
DD1-DD4				1
Индикатор				
HG1				1

При определении поправочного коэффициента, необходимо соблюдать следующее отношение температур:

где t_c – температура окружающей среды, $t_{ку}$ – температура корпуса устройства, $t_{ср}$ – температура воздуха внутри устройства, $t_{ки}$ – температура поверхности корпуса электронного i -го компонента.

Значения коэффициентов определяем по графикам.

Результаты расчета надежности устройства представлены в таблице 11.

Таблица 11 Суммарная интенсивность отказов

Обозначение элементов	Кол-во элементов	Коэффициент нагрузки K_H	Интенсивность отказов $\lambda_I \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$	Суммарная интенсивность отказов $\lambda_c \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$
C1,C2	2	1	0,04	0,08
C3- C4,C5	3	3	0,04	0,36
R1-R8	8	1,5	0,015	0,18
DD1-DD3	3	1	0,05	0,15
DA1	1	1	0,01	0,01
Разъемы X1-X2	2	1	0,05	0,1
Паяные соединения	180	1	0,001	0,18
Итого				1,31

Следовательно, среднее время безотказной работы:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{1,31 \times 10^{-5} \text{ ч.}^{-1}} = 76336 \text{ (часов).}$$

Получаем вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов:

$$P(t) = P_C = e^{-\frac{1000}{76336}} = 0,99$$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям технического задания по требованиям к показателям надежности.

7. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ПРИБОРА

Разработанный прибор представляет из себя моноблок с кнопкой управления измерением и индикацией питания прибора и работы модуля Bluetooth.

Перед применением прибора поверхность исследуемого объекта подготавливается следующим образом:

Зачищается от грязи и ржавчины до металлического блеска

Места контроля размечаются согласно технологической карте

На поверхность наносится контактная жидкость или густая не графитовая смазка

Прибор включается кнопкой «Пуск». О работе прибора сигнализирует светодиод «питание» на панели инструмента, если аккумулятор разряжен, индикатор периодически вспыхивает. После включения прибор через модуль bluetooth автоматический определяется планшетным компьютером, после установки сопряжения на панели прибора загорается светодиод «сопряжение». Можно производить измерение. Об измерении и передачи полученных значений сигнализируют два светодиода «передача» на панели прибора поочередно вспыхивая.

В окне программы «Толщиномер», на планшетном ПК происходит отображение результатов измерения в режиме реального времени. Как только показания на дисплее замирают или изменяются в десятых долях миллиметра, они записываются в память планшетного ПК автоматический в ячейку «измерение 1» и обозначаются «точка 1» по умолчанию.

После проведения измерения прибор выключается так же кнопкой «Пуск» или в противном случае, после того как на микроконтроллер перестанут поступать данные из приемника усилителя, прибор уйдет в «спящий режим».

8. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

8.1. Организация и планирование работ по разработке темы проекта

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Разделим выполнение ВКР работы на этапы, представленные в таблице 11.

Таблица 11. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

8.2. Определение трудоемкости работ

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом,

основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (2.1)$$

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

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

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

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{ч_i} \quad (2.2)$$

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

$t_{ожи}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k$$

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

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

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

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}$$

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

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365} = 1$$

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

Результаты расчетов приведены в таблице 12.

Таблица 12. Перечень и продолжительность выполнения работ

№ Раб.	Исполнители	Продолжительность работ				
		t_{min} чел-дн.	t_{max} чел-дн	$t_{ож}$ чел-дн	T_p Раб.дн	T_k Кал.дн
1	Инженер технолог 8 разряда	1	2	1,4	0,7	1
2	Инженер технолог 8 разряда	6	7	6,4	3,2	4
3	Инженер технолог 8 разряда	4	5	4,4	2,2	3
4	Инженер технолог 8 разряда	6	7	6,4	3,2	4
5	Инженер технолог 8 разряда	2	3	2,4	1,2	2
6	Инженер технолог 8 разряда	1	2	1,4	0,7	1
7	Инженер технолог 8 разряда	5	7	5,8	2,9	3
8	Инженер технолог 8 разряда	5	7	5,8	2,9	3
9	Монтажник КИПиА 5 разряда	3	4	6,8	3,4	4
10	Инженер технолог 8 разряда	4	6	4,8	2,4	3
11	Монтажник КИПиА 5 разряда	9	11	9,8	4,9	5
12	Слесарь КИПа 6 разряда	3	4	3,4	1,7	2
13	Инженер технолог 8 разряда	2	3	2,4	1,2	2
14	Слесарь КИПа 6 разряда	12	14	12,8	6,4	7
15	Монтажник КИПиА 5 разряда	5	7	5,8	2,9	3

8.2.1 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта - горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками,

характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 12 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени вахты. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу(смотреть таблицу 3).

Таблица 13. Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работ	Исполнители	T _к	Февраль	Март	Апрель
1	Задание на проект	Инженер технолог 8 разряда	1			
2	Изучение технической документации	Инженер технолог 8 разряда	4			
3	Определения состояния прибора	Инженер технолог 8 разряда	3			
4	Подбор комплектующих блоков	Инженер технолог 8 разряда	4			
5	Разработка информационно передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	2			
6	Разработка измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	1			
7	Поиск неполадок информационного передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	3			
8	Поиск неполадок измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	3			
9	Получение комплектующих для ультразвукового толщиномера	Монтажник КИПиА 5 разряда	4			
10	Подбор пьезо-электрического преобразователя(ПЭП)	Инженер технолог 8 разряда	3			
11	Ознакомление с инструкцией монтажа ультразвукового толщиномера	Монтажник КИПиА 5 разряда	5			
12	Получение ПЭП со склада	Слесарь КИПа 6 разряда	2			
13	Поиск неполадок комплектующих с ультразвуковым толщиномером	Инженер технолог 8 разряда	2			
14	Монтаж ПЭП с ультразвуковым толщиномером	Слесарь КИПа 6 разряда	7			

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Ультразвуковой толщиномер	1	31860	36639
2.	Пьезо-электрический преобразователь	2	2500	2875
Итого				39514

Таблица 14. Расчет потребности в приборах и оборудовании для выполнения исследовательской работы

8.3.2. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей работы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 -30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 5.

Под основной заработной платой понимаем заработную плату инженера технолога 8 разряда, электромонтажник 5 разряда и слесарь КИПиА 6 разряда. Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий день. Месячный оклад инженера составляет-40000 руб., электромонтажника – 25000 руб., слесарь КИПиА – 25000 руб..

Средняя заработная плата рассчитывается следующим образом:

$$\text{Дневная з/плата} = \text{Месячный оклад} / 28 \text{ дней}, \quad (3.9)$$

Соответственно дневной оклад инженера равен 1400,15 руб., монтажника КИПиА – 892,85 руб., слесарь КИПиА – 892,85 руб.

Таблица 15.

№ п/п	Вид работ	Исполнители	Трудоемкость, чел.- дн	Зарботная плата, приходящаяся на один чел. - дн., тыс. руб.	Всего зарботная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Задание на проект	Инженер технолог 8 разряда	1	1,4	1,4
2	Изучение технической документации	Инженер технолог 8 разряда	4	1,4	5,6
3	Определения состояния прибора	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
4	Подбор комплектующих блоков	Инженер технолог 8 разряда	4	1,4	5,6
5	Разработка информационно передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	2	1,4	2,8
6	Разработка измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	1	1,4	1,4
7	Поиск неполадок информационного передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
8	Поиск неполадок измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
9	Получение комплектующих для ультразвукового толщиномера	Монтажник КИПиА 5 разряда	4	0,9	3,6
10	Подбор пьезо-электрического преобразователя(ПЭП)	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
11	Ознакомление с инструкцией монтажа ультразвукового толщиномера	Монтажник КИПиА 5 разряда	5	0,9	4,5
12	Получение ПЭП со склада	Слесарь КИПиА 6 разряда	2	0,9	1,8
13	Поиск неполадок комплектующих с ультразвуковым толщиномером	Инженер технолог 8 разряда	2	1,4	2,8
14	Монтаж ПЭП с ультразвуковым толщиномером	Слесарь КИПиА 6 разряда	7	0,9	6,3
15	Монтаж блоков ультразвукового толщиномера	Монтажник КИПиА 5 разряда	3	0,9	2,7
Итого					55,3

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работали инженер технолог , электромонтажник и слесарь КИПиА. Принимая во внимание, что за час работы инженер получает 117 руб., электромонтажника – 75 руб., слесарь КИПа – 75 руб. (рабочий день 12 часов).

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

Где, $З_{осн}$ - основная заработная плата;

$З_{доп}$ - дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$$

Где, $k_{доп}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 - 0,15).

Таким образом, заработная плата инженера технолога 45000, монтажника КИПиА 28000 и слесарь КИПиА 28000

8.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$$

Где, $k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. (данные приведены в таблице 16).

Таблица 16. Отчисления во внебюджетный фонд

Исполнитель	Основная заработная	Дополнительная
-------------	---------------------	----------------

	плата, Руб	заработная плата, руб
Инженер технолог	40000	4800
Монтажник КИПиА	25000	3000
Слесарь КИПа	25000	3000
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
30240		

8.3.4. Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \right) \cdot k_{\text{нр}}$$

Где, $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:

$$З_{\text{накл.}} = 135854 \cdot 0,16 = 21736,64$$

8.3.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 17. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	39514	Пункт 3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	55300	Пункт 3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10800	Пункт 3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	30240	Пункт 3.3
5. Накладные расходы	21736,64	16 % от суммы ст. 1 - 5
6. Бюджет затрат НТИ	157590,64	Сумма ст. 1- 6

8.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}},$$

Где , $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} - стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} - максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{исп,ифнр}}=157590,64/225129,1=0,7;$$

$$I_{\text{исп,ифнр}}=225129,1/225129,1=1;$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i,$$

Где, I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p - балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n - число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 12).

Таблица 18. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2 (Аналог)
1. Надежность	0,2	5	4
2. Универсальность	0,2	4	3
3. Уровень материалоемкости.	0,15	4	4
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,20	5	3
5. Ремонтпригодность	0,1	5	5
6. Энергосбережение	0,15	5	3
ИТОГО	1	4,65	3,15

$$I_{p-\text{исп.1}} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 = 4,5$$

$$I_{p-\text{исп.2}} = 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 = 3,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения

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

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

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{4,5}{0,7} = 6,428; \quad I_{\text{исп.}2} = \frac{3,55}{1} = 3,55$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (смотреть таблицу 8) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.}i}^{\text{max}}}$$

Таблица 19. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,7	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	6,428	3,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,55	0,43

8.5.Вывод

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

9. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

9.1. Введение

Обеспечение безопасности работника зависит от правильной оценки вредных и опасных факторов производства, а именно сочетания факторов производственной среды, чрезмерной физической, умственной нагрузки и нервно-эмоционального напряжения.

Опасными называются производственные факторы, воздействие которых на работника в определенных условиях приводит к травмам или резкому ухудшению состояния здоровья. Если производственные факторы вызывают заболевание или снижают работоспособность, то их считают вредными. При продолжительном воздействии на организм человека вредные факторы могут стать опасными. [1]

Рассмотренной работой, связанной с выполнением ВКР, является эксплуатация, ревизия основных трубопроводов водоснабжения и вспомогательного оборудования, связаны с обследованием трубопроводов в колодцах и подвалах и возможностью получения травм работником вызванных острыми кромками, заусенцами и шероховатостью на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола). и поражение электрическим током.

Колодцы и подвалы оснащены электрооборудованием, имеют частично заниженные габариты, отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны, неблагоприятные условия микроклимата.

Неблагоприятные факторы понижают восприимчивость работников к сигналам опасности. Неосторожное выполнение операций в этих условиях может явиться причиной несчастного случая с самим работающим или его коллегами на рабочем месте. неблагоприятные условия микроклимата.

9.2. Техногенная безопасность.

9.2.1.1. Неблагоприятные условия микроклимата

Существуют определенные гигиенические требования к микроклимату рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работников и относительно периодов года. В технологических корпусах зданий станций параметры микроклимата поддерживаются в пределах санитарных норм для категории работ средней тяжести – II б по СанПиН 2.2.4.548-96:

- а) температура в теплое время года 22 - 24 °С;
- б) температура в холодное время года 17 - 19 °С;
- в) относительная влажность воздуха 60 - 40 %;
- г) скорость движения воздуха в теплое и холодное время года не более 0,2 м/с.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они 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.

Для поддержания параметров микроклимата помещения в необходимых пределах необходимо: в теплое время года необходимо использование системы вентиляции, а в холодное время года необходимо использование системы отопления совместно с системой вентиляции.

9.2.1.2 Производственное освещение

Одним из распространенных вредных факторов производства является недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны.

Подавляющее большинство работ, осуществляется под контролем зрения; наблюдение за ходом процесса, за работой механизмов и аппаратов, проведение разнообразных операций немыслимы без участия зрения.

Поэтому при выполнении почти любой работы орган зрения человека имеет ту или иную степень напряжения и, как и другие органы и системы, при определенной величине этого напряжения и определенных условиях способен утомляться; в свою очередь, утомление органа зрения приводит к общему утомлению организма, так как последний мобилизует имеющиеся у него компенсаторные возможности для напряжения зрения, на что затрачивает дополнительную энергию. Напряжение органа зрения и работоспособность зависят от характера выполняемой работы и от степени и качества освещения на рабочем месте и участке в целом.[2]

В подвалах допустимый уровень освещенности согласно СНиП 23-05-95 составляет на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк: 150, для работ высокой точности при относительной продолжительности зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность не менее 70 % должна составлять 300лк. Оптимальным решением освещенности будет использование комбинированного искусственного освещения-применение переносных светильников.

9.2.2. Анализ опасных производственных факторов

9.2.2.1. Повышенный уровень напряжения, поражение электрическим током

Подвалы жилых домов оснащены электрооборудованием с напряжениями от 220 до 380 В, Основные причины травматизма , поражение электрическим током можно сгруппировать по следующим группам:

- прикосновение к токоведущим частям под напряжением вследствие несоблюдения правил безопасности, дефектов конструкции и монтажа электрооборудования;
- прикосновение к нетоковедущим частям, которые случайно оказались под напряжением (повреждение изоляции, замыкание проводов);

По сравнению с другими видами травматизма поражение электрическим током имеет следующие особенности:

- организм человека не обладает органами, с помощью которых можно дистанционно определять наличие напряжения, и поэтому защитная реакция организма проявляется только после попадания под напряжение;
- ток, протекающий через человека, действует не только в местах контактов и по пути протекания через организм, но и вызывает рефлекторное воздействие с нарушением нормальной деятельности отдельных органов (серечно-сосудистой, нервной системы, органов дыхания);
- существует возможность получения травм не только при прикосновении или приближении к частям электроустановки, но и без непосредственного контакта с этими частями (при поражении напряжением прикосновения или через электрическую дугу).

Электрический ток, протекая через организм человека, вызывает четыре вида воздействия: термическое, электролитическое, механическое и биологическое. Термическое действие проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высоких температур внутренних тканей человека, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства. Электролитическое действие проявляется в разложении органических жидкостей, в том числе и крови, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава. Механическое действие приводит к разрыву тканей и переломам костей. Биологическое действие проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей в организме, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, присущих нормально действующему организму; с биологической точки зрения исход поражения человека электрическим током может быть следствием тех физиологических реакций, которыми ткани отвечают на протекание через них электрического тока.

Для защиты персонала от поражения электрическим током предпринимается ряд организационных и технических мер, таких как:

- а) оснащение специальной маркировкой всех энергопотребляющих устройств;

- б) размещение токоприемников способом, исключающим случайный доступ и использование;
- в) ограждение токоведущих частей для защиты от случайного прикосновения к ним;
- г) применение малых напряжений (не выше 42 В для питания переносных токоприемников (электроинструмент, электропаяльники, электросветильники), а также использование электроинструментов и бытовых электроприборов с двойной изоляцией;
- д) использование устройств защитного заземления и зануления в электроустановках и для передвижных токоприемников.

9.2.2.2. Травматизм и работа на высоте

Частыми случаями получения травм при проведении работ в подвалах и колодцах является использование неисправного инструмента и невнимательность работников в условиях плохого освещения, а так же падения при работе на высоте и общее неисполнения инструкции по технике безопасности при проведении данных работ.

Для предотвращения данных случаев необходимо строго соблюдать предписания и инструкции разработанные на предприятии на основе федеральных нормативно технических документов в данном случае- ПОТ РМ-025-2002 «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства».

9.3. Региональная безопасность

9.3.1. Влияние проводимых работ на окружающую среду.

В результате проводимых работ по ультразвуковой толщинометрии как таковых отходов или вредных выбросов в окружающую среду не происходит. Для ввода ультразвука в металл используется контактная жидкость (глицерин или вода) . Применение этих жидкостей не вредит окружающей среде, поэтому мероприятия по защите окружающей среды не требуются.

9.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений

9.4.1 Требования законодательства

1. К самостоятельной работе по ультразвуковой толщинометрии допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, и прошедшие:

соответствующую профессиональную подготовку, в том числе по вопросам охраны труда;

-обязательный медицинский осмотр и признанные годными по состоянию здоровья к работе на насосной станции;

-вводный и первичный инструктаж на рабочем месте;

-стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда.

2. Работники проходят повторный инструктаж по охране труда в сроки не реже одного раза в шесть месяцев и ежегодную проверку знаний по вопросам охраны труда.

3. К работе допускается персонал, имеющий квалификационную группу допуска по электробезопасности

не ниже четвертой группы по электробезопасности;

Выход на пенсию мужчинам 60 лет, женщинам в 55 лет. Лицам проработавшим определенное количество лет на Крайнем Севере и приравненных к нему местностях выходят на пенсию досрочно. Так же досрочно можно выйти на пенсию из-за вредных факторов труда.

Организациям запрещается по отношению к беременной женщине:

- снижать заработную плату по мотивам, связанным с беременностью; привлекать беременную женщину к работам:

- в ночное время - с 22 до 6 часов (ст.96 ТК РФ),

- в выходные и нерабочие праздничные дни (ст.259 ТК РФ),

- вахтовым методом - особая форма осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работника, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение домой (ст.298 ТК РФ);

-отзывать её из ежегодного оплачиваемого отпуска (ст.125 ТК РФ); переводить и перемещать женщину на работу, противопоказанную ей по состоянию здоровья (ст 72.1 ТК РФ).

Организация обязана в отношении беременной женщины:

- предоставить отпуск по беременности и родам (ст.255 ТК РФ) на основании заявления женщины и листка нетрудоспособности (140 календарных дней при нормальных родах, 156 - при осложненных, 194 - при многоплодной беременности); выплатить пособие по беременности и родам (ст.255 ТК РФ);

В соответствии с медицинским заключением предоставленным женщиной:

- снизить ей нормы выработки или нормы обслуживания в среднем на 40% от постоянной нормы;

- перевести беременную женщину на другую работу – более лёгкую и исключающую воздействие неблагоприятных производственных факторов, с сохранением прежнего среднего заработка (ст.254 ТК РФ). [4]

- освободить её от работы с сохранением среднего заработка, за все пропущенные вследствие этого рабочие дни за счет средств работодателя, до предоставления другой работы (исключающей воздействие неблагоприятных производственных факторов);

- связанных с применением на производстве потенциально опасных химических веществ, в т.ч. аллергенных и канцерогенных в плане влияния на репродуктивную функцию;

Беременной женщине должны быть обеспечены: оптимальные параметры температуры, влажности и подвижности воздуха в помещении, где она работает; перевод на рабочее место:

- без воздействия вибрации, ультразвука, повышенного ионизирующего излучения;

- не превышение интенсивности шума на рабочих местах 50-60 дБА;

При наличии вредных и опасных условий труда беременным с момента первой явки в женскую консультацию выдается "Врачебное заключение о переводе беременной на другую работу" с сохранением среднего заработка

по прежней работе. Коллективным договором, действующим в организации, для беременных женщин могут устанавливаться дополнительные льготы.

9.4.2 Требования к охране труда

Для обеспечения безопасной эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства подразделение должно иметь исполнительные чертежи всех водопроводно-канализационных сетей и сооружений с указанием всех технических данных (материала и размеров трубопроводов, колодцев и других подземных сооружений) с привязками к зданиям или опорным пунктам. Кроме того, должны быть приведены данные о засорах, появлении опасных примесей в сточных водах.

Все члены бригады при работе в колодцах должны быть обеспечены защитными средствами:

Дежурной спецодеждой и спецобувью – в зависимости от условий работы.

Переносными знаками безопасности установленного образца.

Защитными касками и сигнальными жилетами оранжевого цвета со светоотражающей полосой.

Приспособлениями:

Аккумуляторными фонарями напряжением не выше 50 В.

Специальным крючком для открывания крышек колодцев и ломом для скалывания льда.

Переносными испытанными стремянками высотой не меньше 0,5 м от верхней части люка или лаза колодца.

Шестом или складной рейкой для проверки прочности скоб в колодце.

Страховочными тросами.

Работа в колодцах производится в дневное время. Время пребывания в емкости, а также продолжительность отдыха с выходом из нее определяет руководитель работ в зависимости от условий и характера работы. Запрещается работа в емкости при уровне жидкости в ней над уровнем пола выше 200 мм, а также при температуре жидкости выше 45° С.

При работе запрещается держать инструмент возле края люка колодца, во избежание его падения.[5]

При работе в подвалах так же используется спецодежда и спецобувь, защитные каски, аккумуляторные фонари напряжением не выше 50 В.

Во избежание получения травм во время работы необходимо:

Опасные участки в подвалах с заниженными габаритами обозначить знаками «Габарит занижен» и сигнальной разметкой-желтый фон черные косые полосы на нем

Тщательно осмотреть рабочие поверхности, при недостаточном освещении с применением фонарей, на наличие острых кромок, заусенцев. При обнаружении таковых, устранить их с помощью необходимых инструментов.

Для работ использовать только исправный инструмент, проверяемый предварительно перед началом работ.

9.4.3 Личная гигиена работников и спецодежда

Хранение и прием пищи на рабочем месте запрещается.

Хранение личной одежды, обуви на рабочем месте запрещается.

Спецодежда и спецобувь должны находиться в чистом, готовом для работы виде на рабочих местах.

Спецодежда и спецобувь, защитные средства выдаются работникам в соответствии с утвержденными нормами.

Для работы на улице в холодное время года работникам выдается дежурная сезонная теплая спецодежда (в -скобках указан срок носки в месяцах):

- куртка ватная ТУ 17 РСФСР 06-7186-86 (24);
- брюки ватные (24), валенки ОСТ 17-337-79 (30);
- шапка (24), сапоги (12);
- рукавицы ватные ГОСТ 12.4.010-73(12).

При ношении спецодежда должна быть застегнута на все пуговицы, опрятна; спецобувь – зашнурована.

В случае преждевременного износа или утери спецодежды, спецобуви, защитных средств работнику в установленном порядке должна быть выдана пригодная к носке спецодежда, спецобувь, защитные средства.

Преждевременный износ (утеря) оформляется актом за подписью начальника соответствующего участка. Смена спецодежды должна производиться не реже, чем 1 раз в 7 дней по установленному графику.

Ответственность за сохранность, исправность и своевременность проверки защитных средств, инструмента, приборов, спецодежды несут работники, получившие их для работы.

9.5.Защита в чрезвычайных ситуациях

Возможные чрезвычайные ситуации, которые могут произойти на объектах это затопление колодцев, подвалов и обрушение зданий в которых эти подвалы находятся. Так как данные чрезвычайные ситуации мало вероятны разработка мер по предотвращению этих чрезвычайных ситуаций не требуется.

