



## **Аннотация**

Темой работы является разработка электронного устройства для зондирования водоема. Электронное устройство предназначено для использования на любительских судах с целью измерения глубины водоемов, разработки глубинных карт, поиска затонувших предметов, а также при других работах на воде, связанных с необходимостью знать рельеф дна и его глубину. Данное устройство - эхолот может быть использовано как глубиномер или уровнемер в производстве или личном пользовании.

В первом разделе работы осуществляется анализ необходимости разработки данного проекта, его практическая значимость.

Во втором разделе проведен анализ поставленной задачи, ее литературный обзор.

Третья часть работы представляет блок - схему электронного устройства для зондирования водоема.

В четвертом разделе приводится основной расчет эхолота, который включает в себя расчет акустического излучателя - датчика, выбор материалов для его изготовления, выбор типа преобразователя, его геометрических размеров, выбор схемы замещения пьезопреобразователя, расчет схемы замещения преобразователя, а также расчет передатчика, приемника, тактового генератора, схемы питания прибора.

В пятом разделе рассматриваются безопасность и экологичность проекта, опасные и вредные факторы, методы их устранения при изготовлении печатной платы. Также расчет местной вентиляции на участке травления печатной платы.

В шестом разделе проводится расчет затрат на научно - исследовательскую работу по разработке и созданию электронного эхолота.

Завершающей частью работы является заключение и список прилагаемой литературы.

Пояснительная записка содержит 71 листа. К работе также прилагается графическая часть на 6 листах формата А1.

## Оглавление

1	Литературный обзор и постановка задачи .....	5
2	Блок - схема устройства .....	7
3	Расчетная часть.....	11
3.1.1.	Выбор материала акустического излучателя.....	11
3.1.2	Выбор типа преобразователя .....	13
3.1.3	Выбор геометрических размеров преобразователя .....	14
3.1.4	Выбор схемы замещения пьезопреобразователя .....	15
3.1.5	Расчет схемы замещения преобразователя.....	18
4.2	Расчет электронной схемы .....	21
4.2.1	Расчет передатчика .....	21
4.2.2	Расчет L - C генератора.....	21
4.2.3	Расчет модулятора .....	25
4.2.4	Расчет приемника.....	37
4.2.5	Расчет тактового генератора .....	40
4.2.6	Расчет схемы счета времени и индикации обработанной информации .....	42
4.2.7	Расчет схемы питания .....	44
5	Технологическая часть.....	47
5.1	Разработка печатной платы и технология ее изготовления .....	47
5.2	Конструкция акустического излучателя - датчика .....	52
6	Экономическая часть проекта .....	54
6.1	Аннотация.....	54
6.2	Вывод.....	68
7	Заключение .....	69
8	Литература.....	70

## Введение

Электронное устройство для зондирования водоема или просто эхолот - гидроакустический прибор для измерения глубины водоёма. Измеряя время между излучением звукового сигнала и приемом эха, определяют пройденный звуком путь, а по нему расстояние до дна, т.е. глубину водоёма.

Предлагаемое электронное устройство может быть использовано на любительских судах для поиска затонувших предметов, а также при других работах на воде, связанных с необходимостью знать рельеф дна и глубину. Рыболовы же с его помощью легко смогут отыскать наиболее перспективные места добычи рыбы. Также, эхолот может быть использован как глубиномер или уровнемер в производстве, личном пользовании (например, определении глубины скважины для контроля её обвала, контроль уровня воды в различных емкостях и т.д.).

Принцип действия электронного устройства основан на использовании эффекта отражения ультразвуковых колебаний от границы раздела жидкости - твердое тело, жидкость - газ. Расстояние  $S$  определяется временем  $t$  распространения ультразвуковых колебаний от излучателя - пьезоэлемента до границы раздела и обратно:

$$S = \frac{2c}{t}, \quad (1)$$

где  $c$  - скорость распространения ультразвуковых колебаний в жидкости, зависящая от рода жидкости, её температуры и давления (например, для воды при температуре  $T = 20^\circ \text{C}$  и давлении  $p = 0.1 \text{ МПа}$   $c = 1485 \text{ м / с}$ ).

Практика показывает, что при эксплуатации эхолота 90% используемой информации - это перепад глубин. Остальные возможности относятся к условно - полезной информации. Настоящий эхолот - прекрасный прибор, но, положительный эффект достигается как при его качественном «аппаратном» обеспечении, так и при качественном обеспечении снасти и опытом ловли.

Таким образом, целью работы является разработка малогабаритного, портативного и недорогого электронного прибора.

## 1 Литературный обзор и постановка задачи

Эхолот — навигационный прибор для автоматического измерения глубины водоёмов с помощью гидроакустических эхо-сигналов.

Обычно в днище судна устанавливается вибратор, к которому периодически подаются от генератора электрические импульсы, преобразуемые им в акустические, распространяющиеся в ограниченном телесном угле вертикально вниз. Отражённый дном акустический импульс принимается вибратором, который преобразует его в электрический. После усиления импульс поступает на индикатор глубины, отмечающий отрезок времени (в сек) от момента посылки импульса до момента возвращения эха от дна и преобразующий его в визуальные показания или запись глубины  $h = ct/2$  в метрах, где скорость звука  $c = 1500$  м/сек. Длительность импульсов - от 0,05 до 20 мсек с частотой заполнения от 10 до 200 кгц.

Малые длительности и высокие частоты используются при измерениях малых глубин, большие длительности и низкие частоты - при измерении больших глубин. Вибратором может служить магнитострикционный преобразователь или пьезокерамический. В качестве индикаторов глубин применяются проблесковые указатели с вращающейся неоновой лампочкой, вспыхивающей в момент приёма эхо-сигнала; стрелочные, электроннолучевые и цифровые указатели, а также самописцы, записывающие измеряемые глубины на движущейся бумажной ленте электротермическим или электрохимическим методом.

Эхолоты изготавливаются на разные интервалы глубин, в пределах от 0,1 до 12 000 м и работают при скоростях хода судна до 30 узлов (55 км/ч) и даже более. Погрешность эхолота от 1 % до сотых долей процента.

Эхолоты используются также для поиска косяков рыбы, подводных лодок, для исследования звукопроницающих слоев, определения типа грунта, стратификации донных осадков и других гидроакустических измерений.

В современной практике эхолоты часто применяются в составе гидрографических комплексов: основой таких комплексов является комплекс средств сбора и обработки информации (КСОИ).

Внешний интерфейс обмена данными и структура программного обеспечения КСОИ обеспечивают высокую степень унификации и позволяют сопрягать КСОИ с различными типами эхолотов:

1. Многолучевой эхолот с двумя антеннами бокового обзора - наиболее

компактный вариант комплекса.

2. Многолучевой эхолот с тремя антеннами (двумя антеннами бокового обзора и антенной нижнего обзора) - обеспечивает наиболее широкую полосу охвата при съемке
3. Промерный (однолучевой) эхолот ПЭЛ.
4. Профилограф гидрографический. Кроме измерения глубины позволяет классифицировать первый слой донного грунта и его толщину.
5. Многоканальный эхолот "Съемка". Представляет собой специализированное судно на днище и "крыльях" которого размещены 25 однолучевых эхолотов.

В данное время многие фирмы производители предлагают большой выбор устройств для зондирования водоемов (EagleAccura 240, HumminbirdWideParamount, BottomLineFishin' Buddy 2250, RaytheonMarineL470, GarminFishfinder 240, FurunoLS6000, InterphaseAdvantage).

При выборе эхолота необходимо определиться с подходом-критерием. Некоторые используют его просто как глубиномер, некоторые для поиска рыбы и т.д.. Наиболее тяжело ответить на вопрос какой эхолот выбрать, если его собираются использовать для поиска рыбы, тогда необходимо определиться с выбором критерия (цена, качество поиска и т.д.).

- Безусловно при поиске рыбы нам интересно, чтобы эхолот обнаружил как можно больше рыбы. На способность поиска влияют: рабочая частота преобразователя эхолота, конический угол преобразователя, мощность передатчика.
- Важно, чтобы эхолот мог отличить рыбу от различных объектов, два объекта находящиеся близко не принимать за один, и отличать илистое дно от каменного. Для этого нужен чувствительный приемник эхолота, и естественно хорошее программного обеспечения. Возможность различения объектов также зависит от такого параметра, как рабочая частота преобразователя эхолота.
- Мало того, что может определить эхолот, важно, что он может донести до нас. Если на самый лучший эхолот поставить плохой экран с разрешением 50 на 50 пикселей, нам от него будет мало толку. Значит, добавляем еще один параметр - разрешающая способность экрана
- Компактность/портативность - это также немаловажный критерий при выборе эхолота.

- Полезные дополнительные функции - может ли эхолот определять температуру воды, скорость движения лодки и пройденную дистанцию.
- Для нормальной работы эхолотов в режиме поиска желательно чтобы судно двигалась равномерно.

## **2 Блок - схема устройства**

Существует большое количество решений исполнения электронных устройств для зондирования водоема. Рассмотрим некоторые конструкции. Структурная схема эхолота изображена на рис. 3.1. Тактовый генератор 1 запускает формирователь 2 зондирующих импульсов, генератор 3 парных импульсов и генератор 4 сдвинутых импульсом. Зондирующие импульсы подаются на излучатель ВQ, с помощью которого преобразуются в акустический сигнал, распространяющийся в сторону дна водоема. Парные импульсы используются для установки триггера 5 в единичное состояние. Триггер 5 устанавливается в нулевое состояние выходным сигналом приемного тракта, образованного микрофоном ВМ, принимающим отраженный от дна водоема акустический сигнал, усилителем 6 радиоимпульсов и детектором 7. В выходном напряжении усилителя 6 помимо отраженного от дна водоема сигнала будет присутствовать импульс, обусловленный влиянием наводок передающего тракта на приемный. Наведенный импульс имеет более сложную форму, чем зондирующий, и большую длительность. Его передний фронт несколько запаздывает по отношению к фронту зондирующего импульса. Поэтому он возвращает триггер в нулевое состояние сразу же после того, как тот был установлен в единичное состояние первым парным импульсом. Второй парный импульс снова устанавливает триггер в единичное состояние, а отраженный от дна эхо-сигнал возвращает в нулевое.

Таким образом, в течении каждого такта триггер 5 дважды устанавливается в каждое из состояний, а на его выходе будет иметь место два импульса. Первый из них имеет постоянную длительность, которая определяется временным интервалом между фронтами первого парного и наведенного импульсов. Длительность второго будет пропорциональна измеряемой глубине за вычетом постоянного расстояния, которое акустический сигнал проходит в воде за время, равное интервалу между парными импульсами. Возврат триггера в нулевое состояние наведенным импульсом приводит к возникновению систематической погрешности измерений, которая впоследствии легко может быть скомпенсирована, поскольку является постоянной на обоих диапазонах. Индикатор 8 измеряет среднее значение напряжения триггера, пропорциональное измеряемой глубине.

Данный эхолот обладает рядом недостатков, наличие двух пьезопреобразователей, наличие наведенного импульса, необходимость калибровки. Следующая конструкция лишена этих недостатков и поэтому более привлекательна.

Структурная схема, поясняющая устройство и работу эхолота, показана на рис. 3.2. Тактовый генератор G1 управляет взаимодействием узлов прибора и обеспечивает его работу в автоматическом режиме. Генерируемые им короткие прямоугольные импульсы положительной полярности повторяются каждый такт. Своим фронтом эти импульсы устанавливают цифровой счетчик PC1 в нулевое состояние и закрывают приемник A2, делая его нечувствительным к сигналам на время работы передатчика. Спадом тактовый импульс запускает передатчик A1, и излучатель - датчик BQ1 излучает в направлении дна короткий (40 мкс) ультразвуковой зондирующий импульс. Одновременно открывается электронный ключ S1, и колебания образцовой частоты 7500 Гц от генератора G2 поступают на цифровой счетчик PC 1.



По окончании работы передатчика приемник А2 открывается и приобретает нормальную чувствительность. Эхо сигнал, отраженный от дна, принимается датчиком ВQ1 и после усиления в приемнике закрывается ключ S1. Измерение закончено, и индикаторы счетчика РС1 высвечивают измеренную глубину. Очередной тактовый импульс вновь переведет счетчик РС1 в нулевое состояние, и процесс повторится.

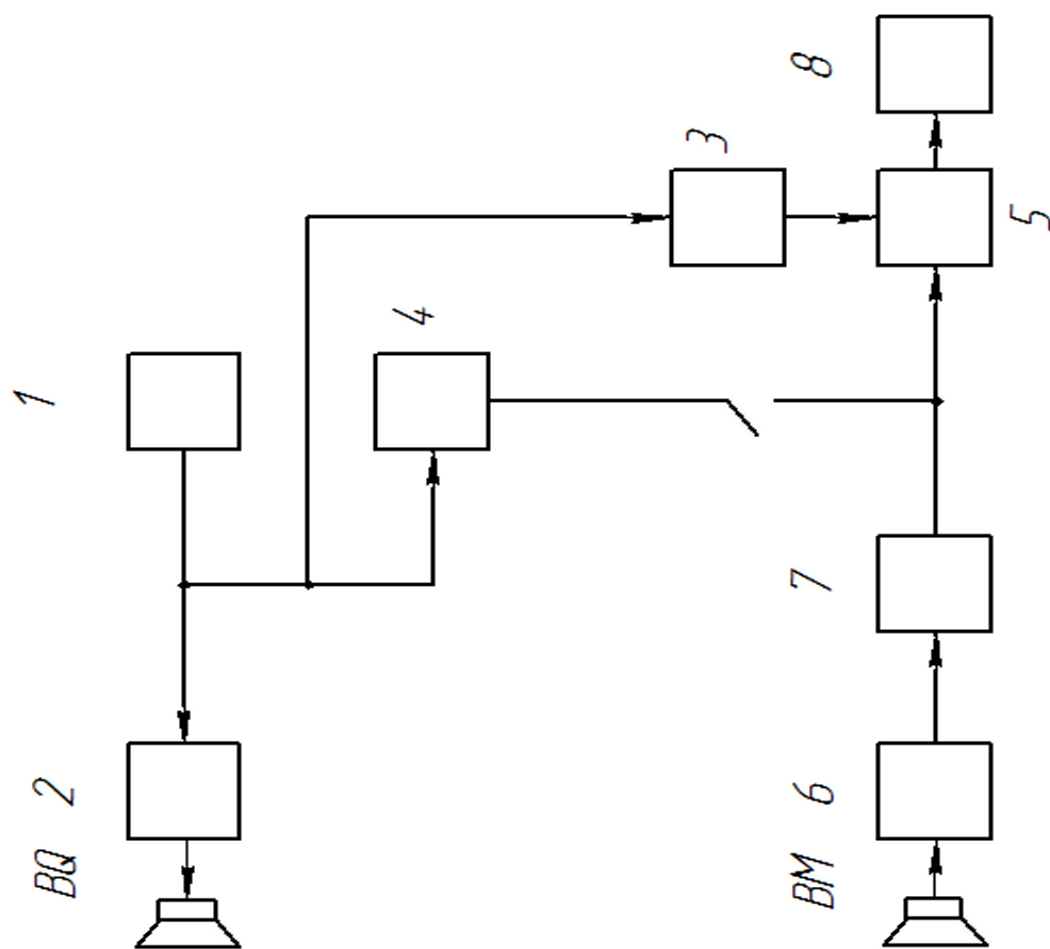


Рисунок 3.1- Структурная схема электронного устройства- эхолота

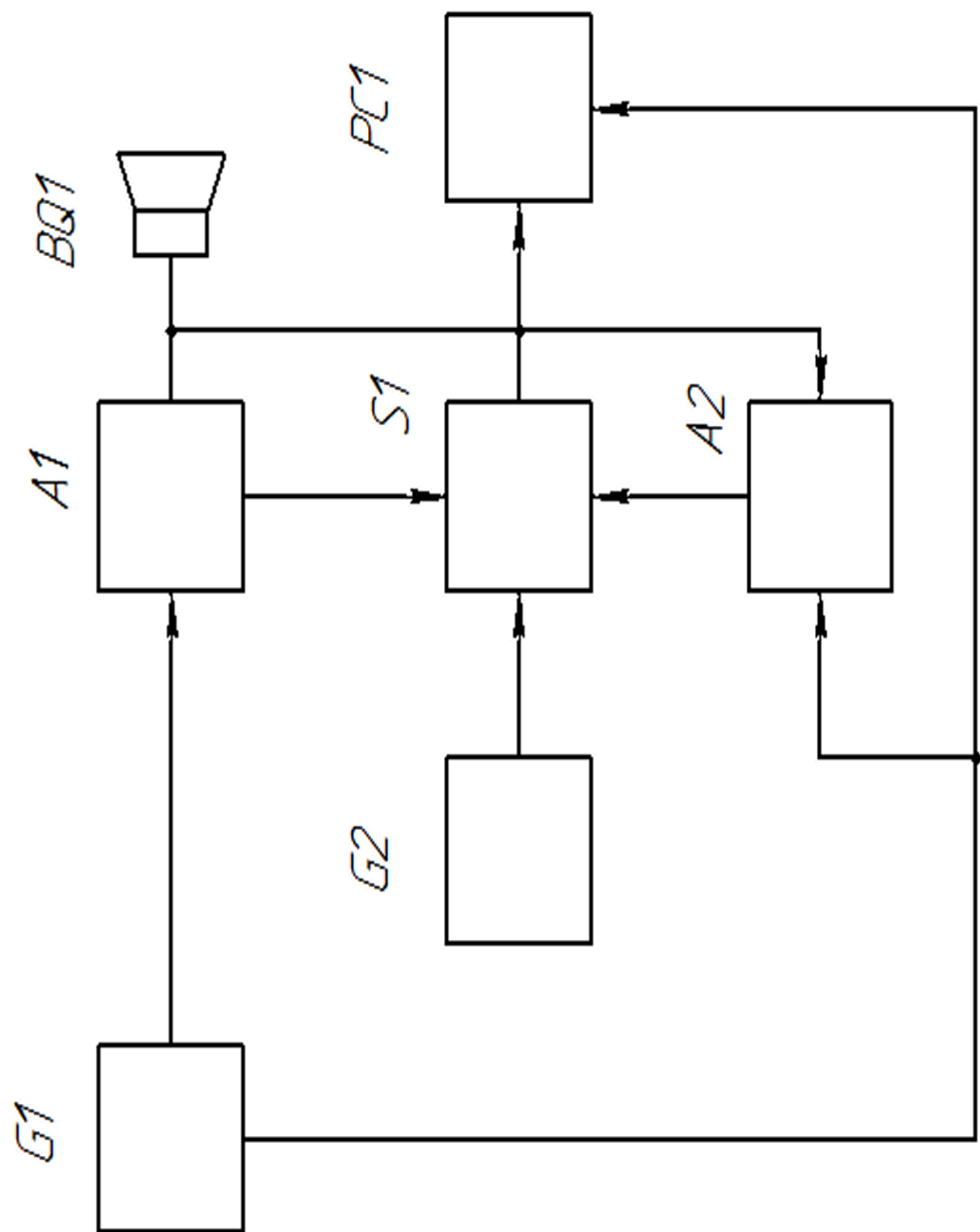


Рисунок 3.2– Структурная схема поясняющая устройство и работу электронного устройства для зондирования водоема

### **3 Расчетная часть**

Расчетная часть включает в себя расчет акустического излучателя - датчика, выбор материалов для его изготовления, выбор типа преобразователя, его геометрических размеров, выбор схемы замещения пьезопреобразователя, расчет схемы замещения преобразователя, а также расчет электронной части: передатчика, приемника, тактового генератора, схемы счета времени и индикации обработанной информации, схемы питания прибора.

Акустический излучатель - датчик это "антенна" эхолота. Он преобразовывает электрическую энергию от передатчика в звуковую волну высокой частоты. Звуковая волна от преобразователя путешествует через воду и назад, отразившись от любого объекта в воде. Когда отраженный сигнал попадает назад в преобразователь, он преобразовывает звук в электрическую энергию, которая посылается приемнику эхолота. Частота преобразователя должна соответствовать частоте звукового приемника эхолота. Другими словами, вы не можете использовать преобразователь 50 кГц на звуковом приемнике, предназначенном для 200 кГц. Преобразователь должен быть способен проводить мощные импульсы передатчика, преобразовывая электрические импульсы в звуковые с минимальными потерями мощности. В то же самое время он должен быть достаточно чувствительным, чтобы принять самые слабые из отраженных сигналов. Все это относится к определенной установленной частоте и при этом преобразователь должен игнорировать эхо приходящих на других частотах. Другими словами, преобразователь должен быть очень эффективен.

Работу по расчету акустического излучателя - датчика следует начинать с выбора материала, типа преобразователя и его геометрических размеров из условий максимальной простоты конструкции, удобства компоновки, излучаемой мощности и направленности.

#### **3.1.1. Выбор материала акустического излучателя**

Необходимое условие существования пьезоэлектрического эффекта - отсутствие у кристалла центра симметрии. Только в этом случае приложение механических напряжений может привести к появлению не скомпенсированного электрического заряда, то есть к возникновению поляризации. В ряде сложных кристаллических структур электрические заряды располагаются столь не симметрично, что даже в отсутствии внешних воздействий кристаллы самопроизвольно поляризованы. Такие диэлектрики называют пьезоэлектриками. Деформация же под действием электрического поля наблюдается у всех веществ, независимо от симметрии. Поэтому обратный пьезоэффект

необходимо отличать от электрострикции, которая имеет место у всех диэлектриков и, в частности, у кристаллов с центром симметрии.

Все кристаллы по свойствам симметрии разделены на 32 класса, из них кристаллы 20 классов не имеют центра симметрии и являются пьезоэлектриками; в это число входят 10 классов пьезоэлектриков (например, диэлектрик турмалин), в частности сегнетоэлектрики (например, титанат бария, сегнатовая соль), обладающие, как правило, наиболее сильно выраженным пьезоэффектом. Однако у кристаллов с достаточно высокой электропроводностью наблюдение и использование пьезоэффекта затруднены из-за быстрой компенсации возникающих в них зарядов свободными электронами или ионами или невозможностью создания по аналогичной причине деформирующего кристалл электрического поля.

Следует различать естественный пьезоэффект, который наблюдается у некоторых монокристаллов (например, у кварца, турмалина, сегнатовой соли), и искусственный пьезоэффект, который может быть создан у некоторых диэлектриков в результате образования так называемой пьезоэлектрической текстуры, то есть полярной анизотропии, достигаемой специальной обработкой электрическим полем (например, поляризованные поликристаллические сегнетоэлектрики - пьезокерамика и диэлектрики - электреты). Наиболее сильный пьезоэффект имеет место у некоторых монокристаллов и у пьезокерамики. Именно эти пьезоэлектрики широко используются в различных областях техники для возбуждения и приема акустических колебаний.

Пьезокерамику, подобно обычной керамике, изготавливают горячим прессованием или литьем под давлением. Поляризацию осуществляют в полях напряженностью 0.5 – 3 кВ/мм при одновременном нагревании для увеличения подвижности доменов.

Пьезокерамике свойственно старение, то есть изменение её параметров со временем.

Расчет пьезоэффекта осуществляется на основе восьми уровней состояния, связывающих тензоры механических напряжений  $\sigma$  деформации  $\epsilon$  с составляющими векторов поляризации  $P$  и напряженности электрического поля  $E_{эл}$ . В уравнение входят: постоянные упругости, или модули Юнга; абсолютная диэлектрическая восприимчивость; пьезоэлектрические постоянные, или пьезомодули, выраженные в матричной форме. Пьезомодули - это постоянные, определяющие величину деформации, возникающей в свободном кристалле, в зависимости от величины приложенного электрического поля. Чем ниже симметрия кристалла, тем больше число компонент матрицы пьезоэлектрических постоянных. В общем случае постоянные в уравнениях состояния представляют в виде матрицы, содержащей до 45 коэффициентов: 21- постоянных гибкости, 6 - диэлектрических проницаемостей, 18 - пьезомодулей. Для характеристики

пьезокерамики, которой присуща радиальная поляризованность, достаточно знать три пьезомодуля: продольный  $d_{33}$ , определяющий эффективность колебаний в направлении, параллельном полю; поперечный  $d_{31}$  - в направлении, перпендикулярном полю; и сдвиговый  $d_{15}$ .

Пьезоэффект зависит от температуры. Он исчезает с превышением определенной температурной границы, называемой точкой Кюри, при которой происходит разориентация осей доменов.

Многие монокристаллы обладают существенными недостатками. Например, кварц имеет малую величину пьезоэффекта, сегнатова соль ограниченный температурный диапазон. Поэтому наибольшее распространение получили пьезопреобразователи из пьезокерамики, обладающие высоким пьезоэлектрическим эффектом, достаточно большой прочностью и различной конфигурацией.

Так как в данном случае нагревание материала не происходит, преобразователь работает в режиме излучения и режиме приема, то целесообразно применить пьезокерамику с высоким значением КПД и пьезомодуля. Исходя из этих соображений, в качестве пьезоактивного материала выбрали пьезокерамику марки ЦТБС - 3. В таблице 3.1 приведены характеристики данного материала, которые будут необходимы при последующем расчете.

Таблица 3.1-Основные характеристики пьезокерамики марки ЦТБС - 3.

Параметры	Значения параметров	
	Численные значения	Единицы измерения
Относительная диэлектрическая проницаемость, $\epsilon$	2300	-
Скорость звука в Пьезокерамике, $c$ ,	3500	м/с
Температура Кюри, $T_{Кюри}$	180	°С
Плотность, $\rho$	720	кг/м <sup>3</sup>
Тангенс угла потерь, $tg\delta$	1,2	%
Поперечный пьезомодуль, $d_{31}$	$1,6 \cdot 10^{-10}$	Кл/Н
Продольный пьезомодуль, $d_{33}$	$3,2 \cdot 10^{-10}$	Кл/Н
Упругий модуль Юнга, $E_{Ю}$	$0,8 \cdot 10^{11}$	Па

### 3.1.2 Выбор типа преобразователя

Самое широкое применение в современной гидроакустической практике нашли пьезоэлектрические преобразователи, обеспечивающие наибольшую эффективность и надежность при работе в режимах излучения и приема. Пьезоэлектрические преобразователи более выгодны в данном случае из-за своих геометрических размеров, чем магнитострикционные, поэтому предпочтение отдано им.

Пьезоэлектрические преобразователи могут быть рассчитаны на работу с использованием продольного и поперечного пьезоэффектов. В первом случае направление колебаний совпадает с электрическим полем, то есть колебания идут в направлении электродов, во втором случае - оно перпендикулярно вектору напряженности поля. Эффективность пьезокерамических преобразователей при продольном пьезоэффекте выше, чем при поперечном. В данном случае выгодно использовать пьезокерамический преобразователь в виде круглой пластины, у которого используется продольный пьезоэффект.

### 3.1.3 Выбор геометрических размеров преобразователя

При изготовлении пьезокерамики исходное сырье измельчается и смешивается в количествах, соответствующих стехиометрическому составу соединения, а затем подвергается термической обработке при температурах 900 - 1300 °С, в процессе которой происходит химический синтез. Из порошкообразного синтезированного материала прессованием (а также литьем под давлением) получают заготовки необходимой конфигурации и размеров для будущих пьезоэлементов, которые затем подвергаются обжигу по строго определенному температурному режиму, в большей степени определяющему свойства пьезокерамики. Механическая обработка детали после обжига обеспечивает ей только заданную форму и размеры. На деталь наносятся электроды из серебра, никеля, платины и др., причем наибольшее распространение получил метод вжигания серебра.

Форма кристалла определяет частоту его работы и конический угол. Для круглых кристаллов, используемых большинством эхолотов, толщина определяет его частоту, а диаметр определяет угол конуса или угол зоны обзора. Например, в 192 кГц эхолота, с коническим углом 20 градусов размеры кристалла приблизительно один дюйм в диаметре, при этом восьми градусный эхолот требует кристалла, диаметр которого несколько дюймов. Итог: больший диаметр кристалла - меньший конический угол. Это причина, почему преобразователь с конусным углом 20 градусов намного меньше, чем преобразователь с конусным углом в 8 градусов, при использовании одинаковой частоты.

Предварительно, примерные размеры пьезокерамической пластины оценивают следующим образом.

По известной предельной деятельности действия прибора  $R$  рассчитывают оптимальную частоту зондирующего сигнала излучения  $f_p$ :

$$f_p = 39 / \sqrt{R^2} \quad (4.1)$$

В качестве рабочей частоты зондирующего сигнала излучения примем  $f_p = 200 \text{ кГц}$ .  
 Радиус пластины примем равным  $r = 0.12 \text{ м}$ .

Как уже было сказано, выбрали пьезокерамический преобразователь в виде круглой пластины, в которой используется продольный пьезоэффект. На рисунке 2.1 указаны размеры пьезоэлемента, найденные по величине резонанса.

Зная резонансную частоту  $f_p$  определим толщину пластины по формуле:

$$h = c_1 / (2 f_p) = 3500 / (2 * 200000) = 0.00876 \text{ м} \quad (4.2)$$

Приемоизлучающую поверхность определим по формуле

$$S = \pi \cdot r^2 = 3.14 \cdot 0.012 = 4.52 \cdot 10^{-4} \text{ м} \quad (4.3)$$

### 3.1.4 Выбор схемы замещения пьезопреобразователя

Для расчета параметров преобразователя применяют метод электромеханических и электроакустических аналогий, основанный на сходстве дифференциальных уравнений, описывающих электрические колебательные, механические и акустические системы.

Так как любому элементу присущи емкость, индуктивность и сопротивление, то уравнение электрической цепи, состоящей из последовательного соединения катушки, конденсатора, резистора и генератора, развивающего электродвижущую силу, согласно закону Кирхгофа выглядит следующим образом:

$$L(di/dt) + 1/c \int i \cdot dt + R \cdot i + U(t) \quad (4.4)$$

Аналогично, колебания механической системы, состоящей из массы ( $m$ ), гибкости ( $C_M$ ), трения  $r_M$  и механического генератора, развивающего механическую силу, описываются следующим образом

$$m(dv/dt) + 1/C_M \int v \cdot dt + r_M \cdot v = F(t) \quad (4.5)$$

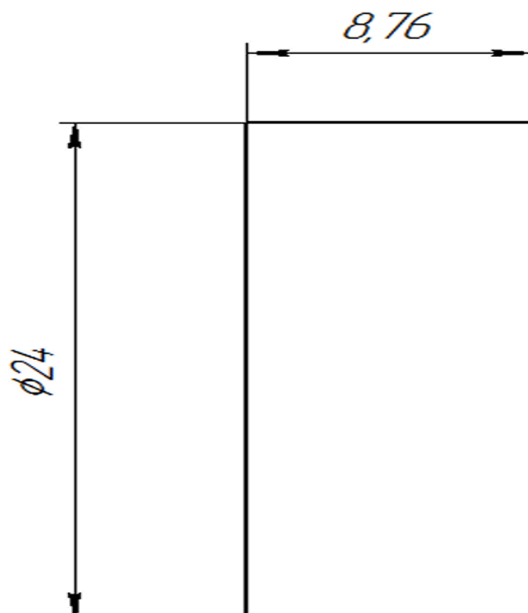


Рисунок 4.1- Пьезоэлемент

Сравнив эти уравнения между собой, можно обнаружить следующую аналогию между электрическими и механическими параметрами: масса эквивалентна индуктивности, гибкость - электрической емкости, трение - активному сопротивлению, механическая сила - электрическому напряжению, колебательная скорость - току, а смещение - заряду.

Используя эту аналогию, можно представить механическую систему в виде эквивалентной электрической схемы замещения, для которой справедливы все методы расчета подобных цепей. При этом следует помнить, что способ соединения электрических аналогов связанных механических элементов определяется специальными правилами с учетом выбранной системы аналогий. Так, например, механические двухполюсники, развивающие одинаковые усилия (соединенные в цепочку), изображаются параллельным соединением электрических аналогов, а имеющие одинаковые относительные скорости (соединение в узел) последовательным.

Так как механическая система, состоящая из пьезокерамического преобразователя, колеблется с одинаковой колебательной скоростью по всей излучающей поверхности, то все механические элементы изображаются последовательным соединением электрических аналогов.

Для полной характеристики электроакустического преобразователя на эквивалентной схеме отображают электрическую сторону. Полученная схема замещения изображена на рисунке 4.2.

Левая сторона - электрическая и правая механическая связаны между собой через условный трансформатор с коэффициентом трансформации  $n$ . Для того чтобы преобразователь работал в режиме излучения, к его клеммам с электрической стороны прикладывается электрическое напряжение, вызывающее колебательные движения пьезоэлемента. В этом режиме внешние силы отсутствуют, поэтому с механической стороны клеммы должны быть замкнуты накоротко. В режиме приема происходят обратные преобразования.

Обозначения на схеме замещения:

$C_0$  - электрическая емкость пьезоэлемента, характеризующая способность накапливать электрический заряд;

$R_0$  - эквивалентное сопротивление диэлектрических потерь;

$N$  - коэффициент электромеханической трансформации;



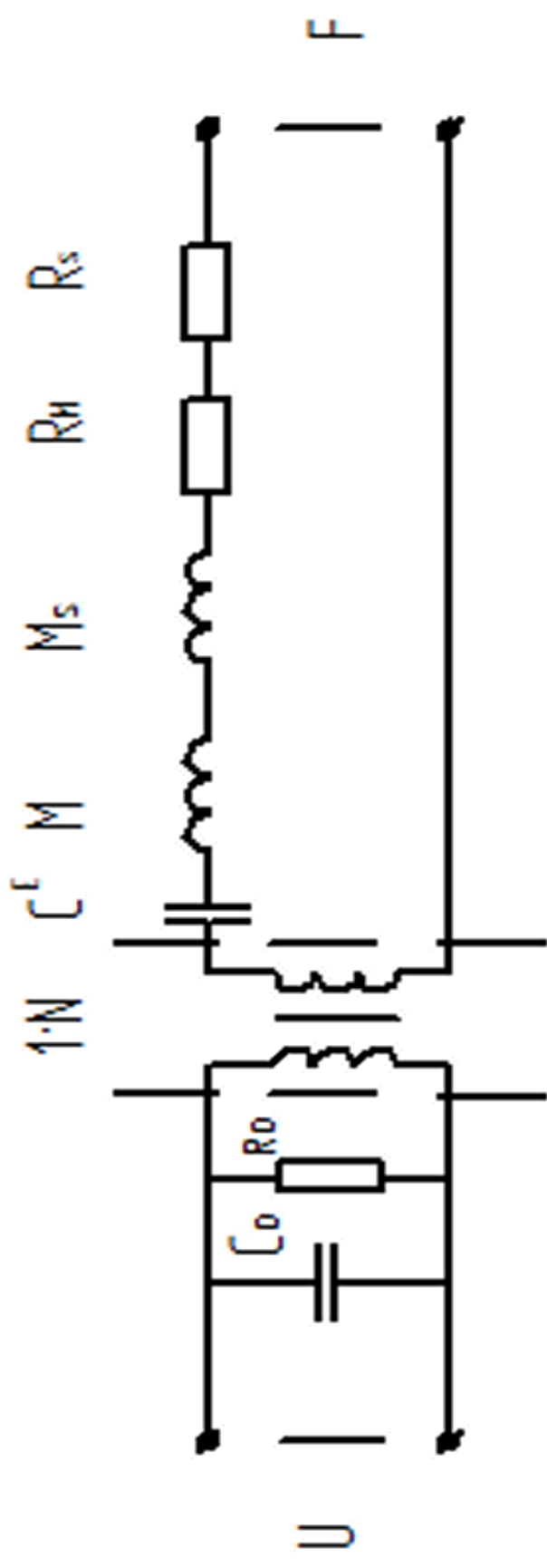


Рисунок 4.2- Эквивалентная электромеханическая схема пьезокерамического преобразователя

$C^E$  - эквивалентная гибкость пьезокерамики;

$M$  - эквивалентная масса пьезокерамики;

$m_s$  - реактивное сопротивление среды, характеризующее со колеблющуюся массу воды;

$r_s$  - активное сопротивление излучения;

$r_m$  - сопротивление механических потерь, обусловленное продольным пьезоэффектом.

При работе в режиме резонанса эквивалентная схема замещения значительно упрощается: исчезают элементы, характеризующие реактивное сопротивление среды; влиянием соколеблющейся массы воды можно пренебречь. Упрощенная эквивалентная схема замещения представлена на рисунке 4.3.

### 3.1.5 Расчет схемы замещения преобразователя

При приложении к пьзоэлементу переменного напряжения, от генератора начинает потребляться электрическая мощность, равная:

$$P_{\Sigma} = P_{\Pi} + P_M \quad (4.6)$$

Где  $P_{\Pi}$  - мощность, рассеиваемая во входной цепи в форме тепла на активном электрическом сопротивлении.

$P_M$  - механическая мощность, расходуемая на колебание механической системы.

Активное сопротивление определяем по формуле:

$$R_S = c_B * \rho_B * S = 1480 * 1000 * 4.52 * 10^{-4} = 678.25 \text{ Ом} \quad (4.7)$$

где  $c_B$  - скорость звука в воде;

$\rho_B$  - плотность воды

$S$  - прямоизлучающая поверхность преобразователя.

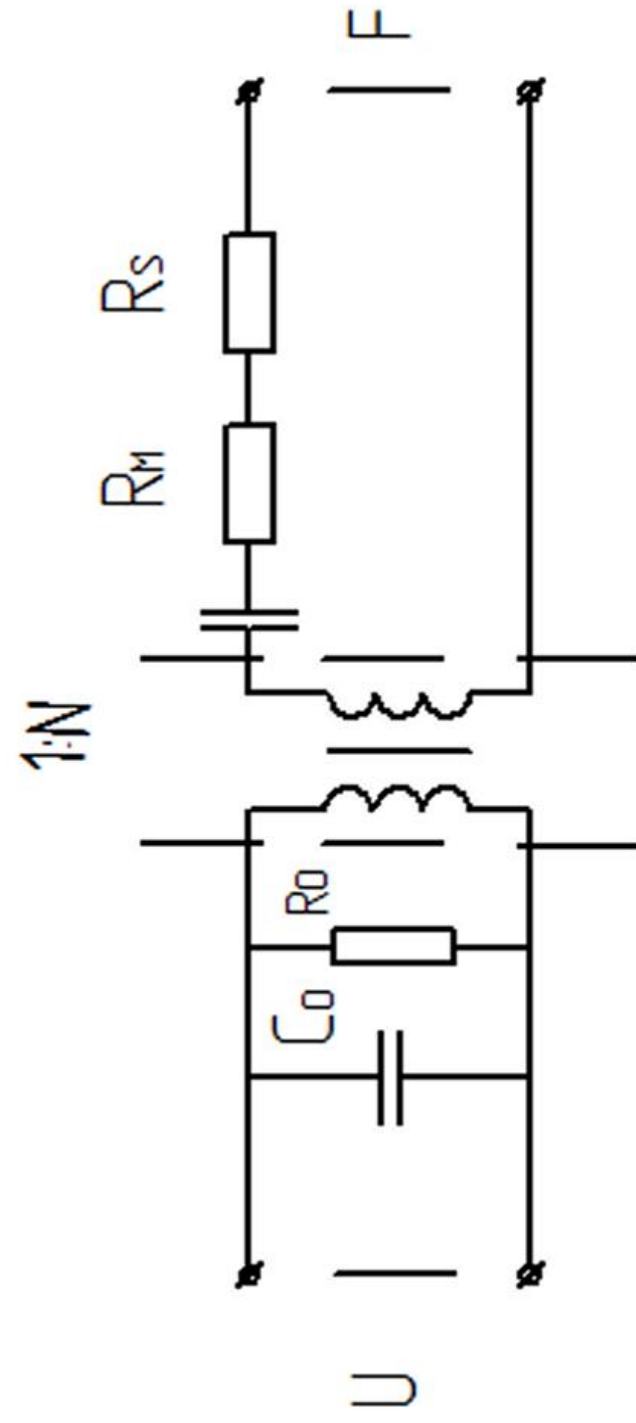


Рисунок 4.3- Упрощенная электромеханическая схема пьезокерамического преобразователя

Коэффициент электромеханической трансформации:

$$n = d_{31} * E_{1Ю} * S / h = 3.2 * 10^{10} * 0.8 * 10^{11} * 4.52 * 10^{-4} / 0.00876 = 1.34 \quad (4.8)$$

Статистическая емкость преобразователя рассчитаем по следующей формуле:

$$C_0 = 2h / (\pi^2 * E_{1Ю} * S) = 2 * 0.00876 / (1.34^2 * 0.8 * 10^{11} * 4.52 * 10^{-4}) = 4.8 * 10^{-11} \text{ Ф} \quad (4.9)$$

Сопротивление электрических потерь:

$$R_0 = 1 / (2 * \pi * f_p * C_0 * \text{tg} \delta) = 1 / (2 * 1.34 * 200000 * 4.8 * 10^{-11} * 0.012) = 1.39 * 10^4 \text{ Ом} \quad (4.10)$$

Эквивалентная масса:

$$M_{\text{ЭКВ}} = 0.5 * \rho * h * S = 0.5 * 720 * 0.00876 * 4.52 * 10^{-4} = 0.0014 \text{ кг} \quad (4.11)$$

Акустическая мощность излучения при амплитуде внешнего приложенного напряжения  $U = 70\text{В}$ :

$$P_A = 4 * n^2 * U^2 * \eta_{\text{ам}}^2 / (C_1 * \rho * S) = 4 * 1.34^2 * 70^2 * 0.7^2 / (3500 * 720 * 4.52 * 10^{-4}) = 2.6 \text{ Вт}, \quad (4.12)$$

где  $\eta_{\text{ам}}$  - акустико - механический коэффициент полезного действия, характеризующий эффективность излучателя как преобразователя энергии механических колебаний в энергию колебаний водной среды, то есть акустическую энергию. Обычно он составляет 60-80 %, выбираем  $\eta_{\text{ам}} = 70\%$ .

Давление, создаваемое излучателем:

$$P = 42 \sqrt{P_A} * K = 42 * \sqrt{2.6} * 1 = 67 \text{ Па}, \quad (4.13)$$

где  $K$  - коэффициент концентрации,  $K = 1$ .

Определим чувствительность преобразователя в режиме приема:

$$\begin{aligned} M &= 2 * \pi * \eta_{\text{ам}} / (c_1 * \rho * 2\pi * f_p * C_0) = 2 * 1.34 * 0.7 / (3500 * 720 * 2 * 1.34 * 200000 * 4.8 * 10^{-11}) \\ &= 0.021 \text{ В/Па} \end{aligned} \quad (4.14)$$

Следовательно, на преобразователе в режиме приема будет возникать минимальное напряжение равное:

$$U_{\text{ВХ}} = M * P = 0.021 * 67 = 1.4 \text{ В} \quad (4.15)$$

## 4.2 Расчет электронной схемы

Расчет электронной схемы включает в себя расчет передатчика, приемника, тактового генератора, схемы счета времени и индикации обработанной информации, схемы питания прибора.

### 4.2.1 Расчет передатчика

Передатчик представляет собой трехточечную схему L-C генератора с емкостной связью. Генератор формирует импульсы длительностью 40 мкс с радиочастотным заполнением. Работой передатчика управляет модулятор, состоящий из одновибратора, формирующего модулирующий импульс длительностью 40 мкс. Модулятор работает в ждущем режиме, запускающие тактовые импульсы поступают с тактового генератора.

### 4.2.2 Расчет L - C генератора

Для возбуждения колебаний в пьезоэлементе на него необходимо подать переменное напряжение резонансной частоты. Для получения такого напряжения применяют генераторы L-C типа. Выбираем "трехточечную" схему L-C генератора с емкостной связью. Схема генератора представлена на рис.4.4.

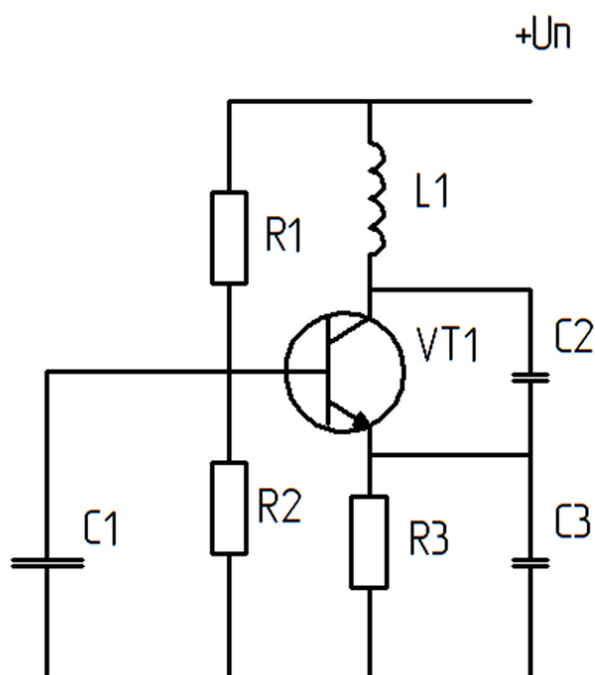


Рисунок 4.4 – Принципиальная схема LC генератора

Емкостной делитель из последовательного соединения конденсатора C2 и C3 образует цепь обратной связи, с коэффициентом K<sub>ос</sub>:

$$K_{ос} = X_{C2} / (X_{C2} + X_{C3}) = 10 * 10^{-7} / (10 * 10^{-7} + 10 * 10^{-7}) = 0.5, \quad (4.16)$$

где C2 = C3 = 10 \* 10<sup>-7</sup> Ф.

Выбираем конденсатор К10 50 25В-1мкф.

Частота генератора определяется индуктивностью катушки и значением эквивалентной емкости контура, рассчитанной по формуле:

$$C_{э\text{кв}} = C2 * C3 / (C2 + C3) + C_0 = 10 * 10^{-7} * 10 * 10^{-7} / (10 * 10^{-7} + 10 * 10^{-7}) + 4,8 * 10^{-11} = 5.1 * 10^{-7} \text{ Ф} \quad (4.17)$$

где C<sub>0</sub> = 4,8 \* 10<sup>-11</sup> Ф - эквивалентная емкость

Индуктивность катушки нашли из условия резонанса колебательного контура:

$$L = 1 / (\omega^2 * C_{э\text{кв}}) = 1.3 * 10^{-6} \text{ Гн} \quad (4.18)$$

Выбрали катушку индуктивности:

ВП1 - 1 с подстроечником 100 нН.

Выбрали кремниевый планарно - эпитаксиальный п-р-п транзистор КТ904, предназначенный для работы в схемах автогенераторов, усилителей мощности и других, входная и выходная характеристики данного транзистора изображены на рис. 4.5 и рис.4.6.

Электрические параметры транзистора сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2-Параметры транзистора КТ904

Параметры	Значения
$h_{21Э}$	10...60
$f_{ГР}, \text{МГц}$	500
$I_{К\text{макс}}, \text{А}$	0.8
$U_{КЭ\text{нас}}, \text{В}$	0.3
$U_{БЭ\text{нас}}, \text{В}$	0.9

Угол отсечки транзистора должен составлять 70 - 80 , ему соответствует режим АВ работы транзистора, для которого характерны достаточно высокий коэффициент полезного действия и относительно небольшие нелинейные искажения.

Задались рабочей точкой на входной и выходной характеристиках транзистора и построили нагрузочную прямую. Рабочий точке соответствуют следующие значения токов и напряжений: I<sub>к</sub>=39.9 мА, I<sub>э</sub>=40.5 мА, I<sub>б</sub>=0,6 мА, U<sub>БЭ</sub>=0.7 В, U<sub>кб</sub>=0.7, U<sub>КЭ</sub>=0.7 В.

Величину сопротивления эмиттерному току рассчитали по формуле:

$$R3 = (E_{II} - U_{KЭ}) / I_{Э} = 86.4 \text{ Ом} \quad (4.19)$$

Мощность потерь в резисторе рассчитали по формуле:

$$P_{R3} = I_{Э}^2 * R3 = 0.14 \text{ Вт} \quad (4.20)$$

Учитывая мощность потерь, выбрали резистор: МЛТ - 0.25 - 82 Ом  $\pm$  10%.

Задавая ток делителя  $I_{Д}=1$  мА находим R1:

$$R1 = (E_{II} - (U_{KЭ} + U_{БЭ})) / I_{Д} = 2800 \text{ Ом} \quad (4.21)$$

Определили мощность потерь в резисторе:

$$P_{R1} = I_{Д}^2 * R1 = 0.0028 \text{ Вт} \quad (4.22)$$

Выбрали резистор:

МЛТ-0.125-2.7 кОм  $\pm$  10%.

$$R2 = (U_{KЭ} + U_{БЭ}) / (I_{Д} - I_{Б}) = 13500 \text{ Ом}$$

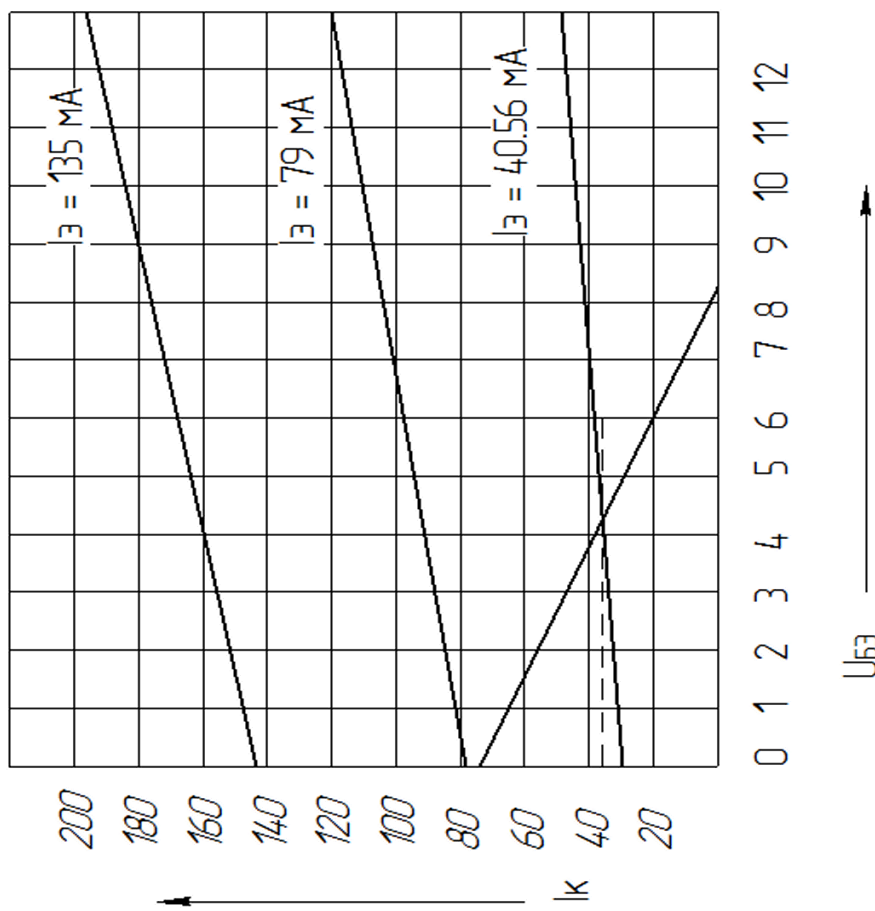


Рисунок 4.6– Выходная характеристика транзистора КТ904

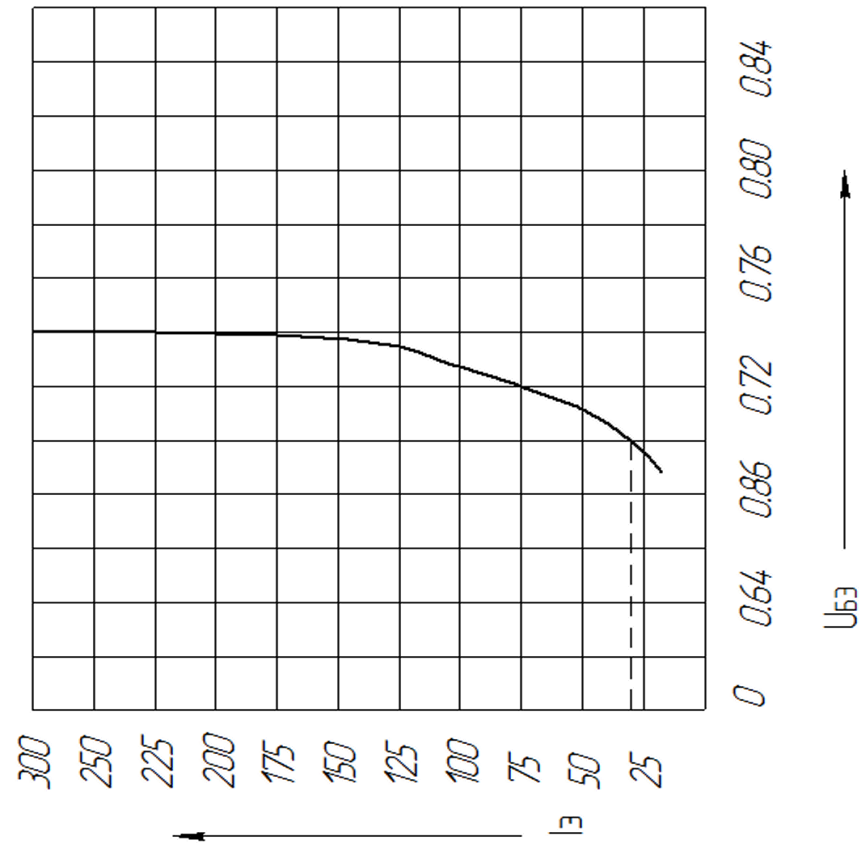


Рисунок 4.5– Входная характеристика транзистора КТ904

(4.23)



Определили мощность потерь в резисторе:

$$P_{R2}=(I_D-I_B)^2*R2 = 0.0022 \text{ Вт} \quad (4.24)$$

Выбрали резистор:

МЛТ -0.125- 1.3 кОм ± 5%.

Конденсатор С1 шунтируют по переменному току резистивный делитель R1R2, его емкость можно рассчитать из условия:

$$C1 < 100/(2*\pi*F*R_{ЭКВ}) < 0.035 \text{ мкФ}, \quad (4.25)$$

где  $R_{ЭКВ}$ - эквивалентное сопротивление делителя:

$$R_{ЭКВ}=R1*R2/(R1 + R2) = 2235.67 \text{ Ом} \quad (4.26)$$

Выберем конденсатор: К10-17-15В-35 нФ.

Мощность, потребляемую генератором от источника, определяем по формуле:

$$P_{Г}=(I_{к}+I_{д})*E_{П} = 0.34 \text{ Вт} \quad (4.27)$$

#### 4.2.3 Расчет модулятора

Модулятор представляет собой одновибратор с эмиттерной связью. Схема одновибратора представлена на рис. 4.7. Одновибратор имеет одно устойчивое и одно временно устойчивое состояние. Запускается коротким импульсом, открывающим первый транзистор. Как правило, одновибратор состоит из двух усилительных каскадов, охваченных ПОС. Одна ОС состоит из  $R_5$  и  $C_2$  (как у мультивибратора), другая -  $R_4$ . Таким образом, напряжение  $U_{ЭБ}$  VT1 зависит от тока VT2. Это одновибратор с эмиттерной связью. В исходном состоянии VT2 - насыщен, VT1 - в отсечке. Это устойчивое состояние. При  $I_{ЭБ} > I_{Кнас}/h_{21}$  и  $U_{БЭ} < U_{БЭнас}$ , VT2 открыт через  $R_5$  на базу.

На эмиттерном сопротивлении  $R_3$  напряжение:

$$U_{PЭ}=(I_{Кнас2} + I_{Б2})=R_3*I_{Э2} \quad (4.28)$$

Конденсатор  $C_2$  заряжен через  $R_{ki}$ , с отрицательным зарядом на базе VT2. Если в момент времени  $t_0$  на вход подается короткий импульс, превышающий  $U_{БЭнас}$ :

$$U_{ВХ} > U_{БЭнас} + R_3*(I_{К2} + I_{Б2}), \quad (4.29)$$

то транзистор VT1 открывается, ток  $I_{к}$  растет,  $U_{к1}$  падает, и когда VT1 откроется совсем, то емкость  $C_2$  окажется подключенной к базе и эмиттеру VT2 с "минусом" на базе.

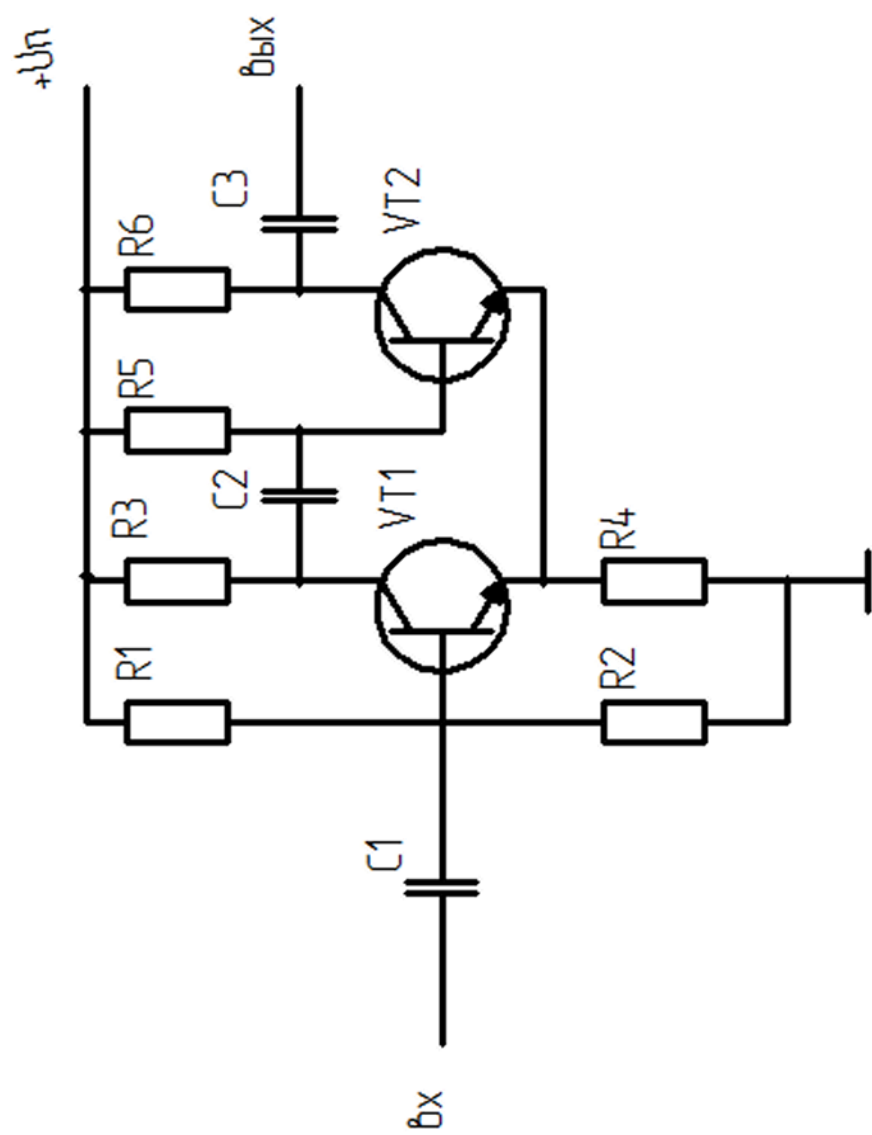


Рисунок 4.7 – Принципиальная схема однофазного инвертора

Таким образом, даже тогда, когда входной импульс закончился, транзистор VT1 остается в открытом состоянии, а VT2 - закрытым. При этом через R<sub>Э</sub> уже не протекает ток от VT2, а будет протекать ток I<sub>К1</sub>+I<sub>Б1</sub>, то есть :

$$U_{R3}=R_{Э}*(I_{К1}+I_{Б1}) \quad (4.30)$$

В результате квазиустойчивого состояния C<sub>1</sub> перезаряжается через R<sub>1</sub>,VT1 и R<sub>Э</sub>, напряжение на C<sub>1</sub> падает по экспоненте и достигает напряжения открытия VT2. VT2 начинает открываться, через R<sub>Э</sub> начинает течь ток, смещение на VT1 уменьшаться, он начинает закрываться, ток I<sub>К1</sub> падает, U<sub>К1</sub> растет и через C<sub>2</sub> открывается VT2 до насыщения - вернулись в исходное состояние.

$$T_C = C_2(R_5+R_{Э})*\ln 2U_n - U_{3Э} \quad (4.31)$$

После завершения цикла происходит заряд C<sub>2</sub> - на это уходит время восстановления:

$$t_{\%}=(3\div 5)*C(R_{Ж1}+R_{Э}) \quad (4.32)$$

Отсюда минимальный период повторения импульса T-t<sub>П</sub> + t<sub>В</sub>, а частота:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_{П} + t_{В}} \quad (4.33)$$

Диаграмма работы одновибратора показана на рисунке 4.8.

В качестве транзисторов VT1, VT2 выбрали транзистор КТ315Г, кремниевый эпитаксиально-планарной структуры n-p-p усилительный. Характеристики этого транзистора сведены в таблицу 4.3.

Входные и выходные характеристики транзистора КТ315Г изображены на рисунке 4.9 и 4.10. Транзистор VT2 насыщен, для данного режима соответствуют следующие значения токов и напряжений:

$$I_{Э2}=22\text{ма}, \quad I_{К2}=20\text{ма}, \quad I_{ВХ}=2 \text{ ма}, \quad U_{км}=1.1 \text{ В}, \quad U_{КЭ2}=0.4\text{В} \quad U_{КЭ2}=-0.7\text{В}.$$

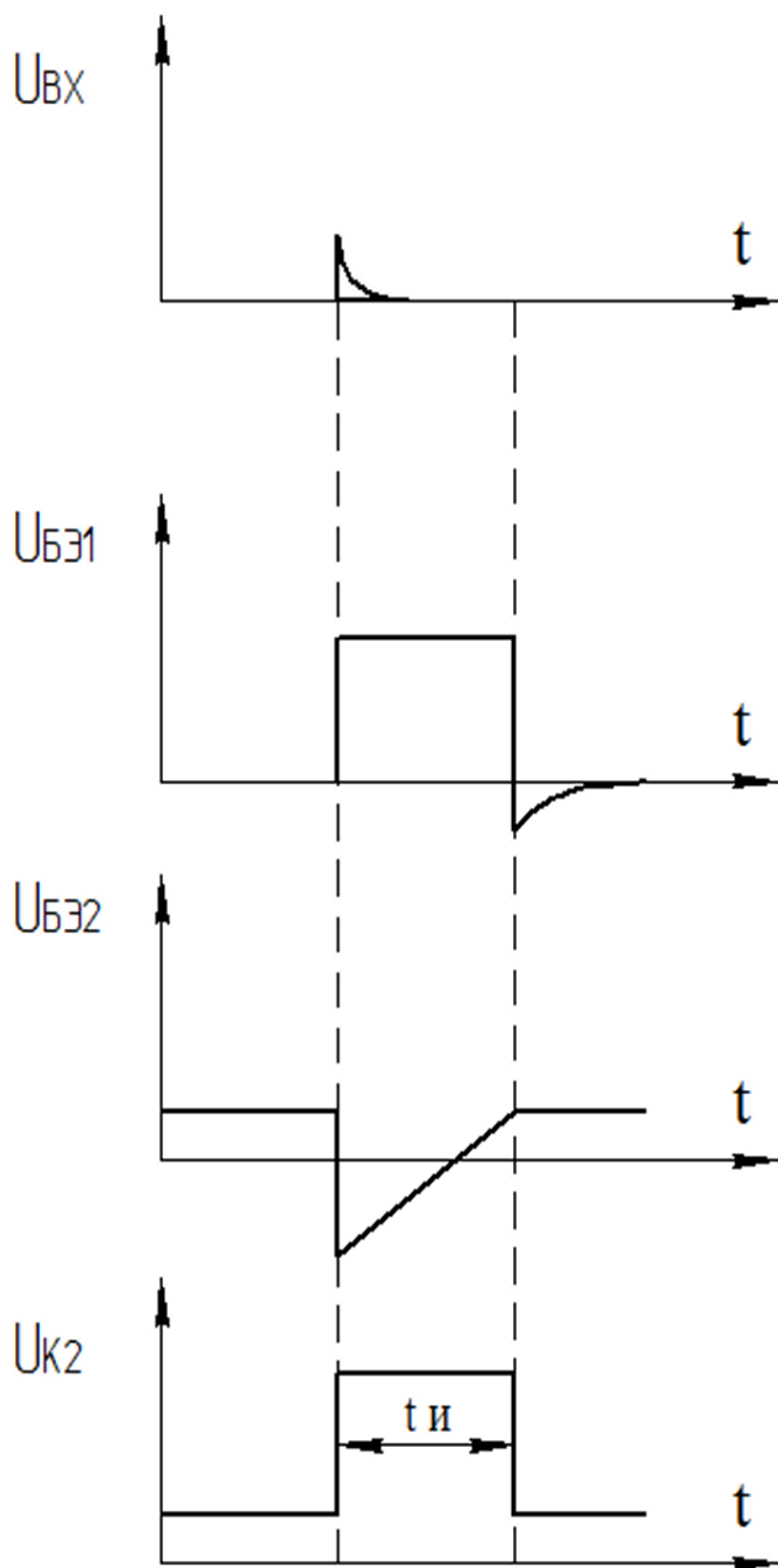


Рисунок 4.8– Диаграмма работы одновибратора

Таблица 4.3- Параметры транзистора КТ315Г

Параметры	Значения
$H_{21Э}$	20... 150
$P_K$ , Вт (при $T=25$ ГРАДУСОВ)	0.15
$f_{ГР}$ , МГц	100
$T_{МАХ}$ , С	120
$I_{КМАХ}$ , А	0.1
$U_{КЭНАС}$ , В	0.4
$U_{БЭ НАС}$ , В	1

Зададимся  $U_{Э2} = 2.2$ . В. Величину эмиттерного сопротивления  $R_4$  рассчитали по формуле:

$$R_4 = U_{Э2} / I_{Э2} = 2.2 / 0.022 = 100 \text{ Ом} \quad (4.34)$$

Мощность потерь в резисторе определили по формуле:

$$P_{R4} = I_{Э2}^2 * R_{Э2} = (0.022)^2 * 100 = 0.048 \text{ Вт} \quad (4.35)$$

Выбрали резистор  $R_4$ :

МЛТ - 0.125 - 100 Ом  $\pm$  10 %.

Сопротивление в цепи коллектора рассчитывали по формулам:

$$R_6 = (U_{П} - (V_{Э2} + U_{КЭ2})) / I_{К2} = 6.4 / 0.02 = 320 \text{ Ом} \quad (4.36)$$

Мощность потерь в резисторе определили по формуле:

$$P_{R6} = I_{К2}^2 * R_{К2} = (0.02)^2 * 320 = 0.128 \text{ Вт} \quad (4.37)$$

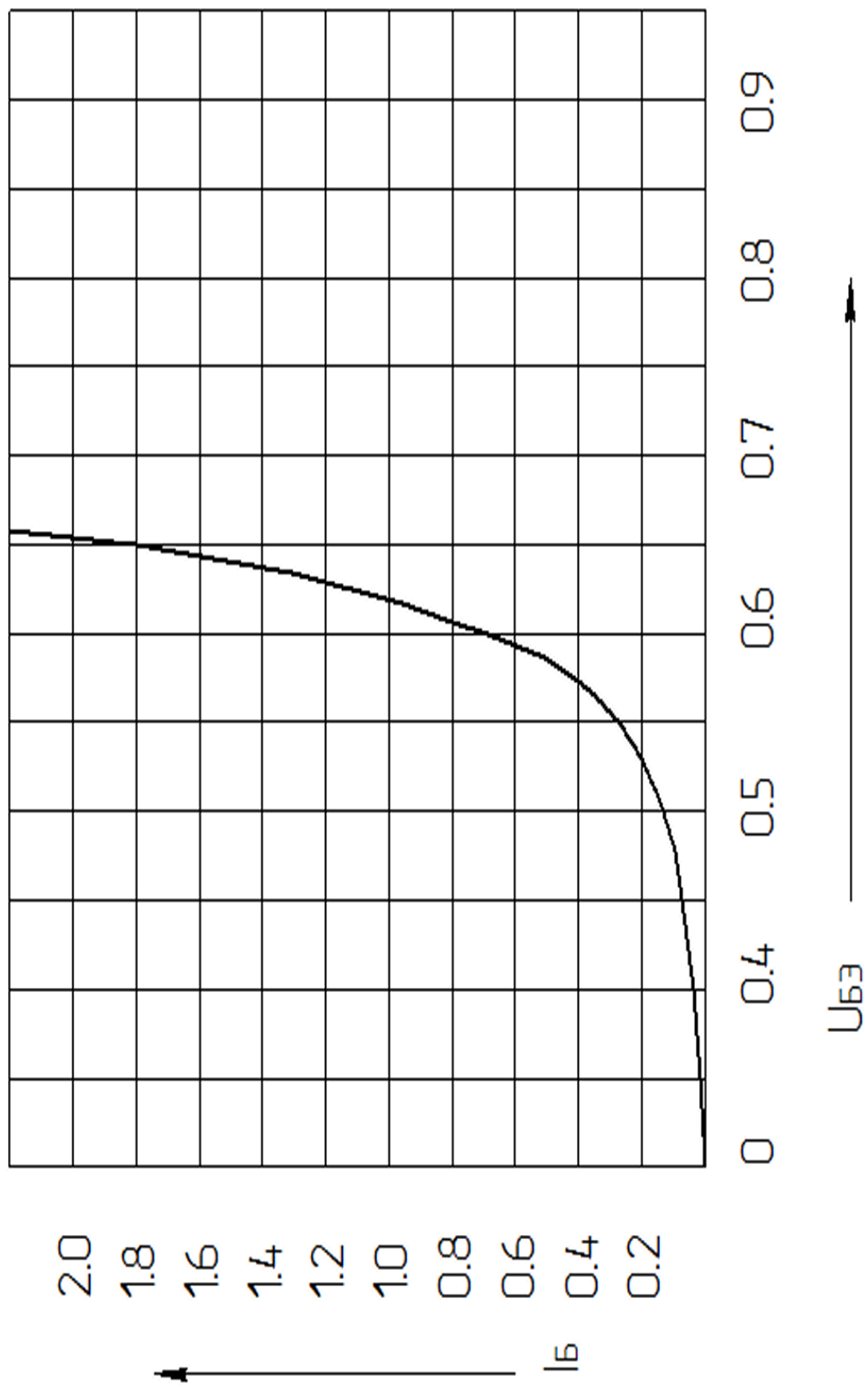


Рисунок 4.9– Входная характеристика транзистора КТ315Г

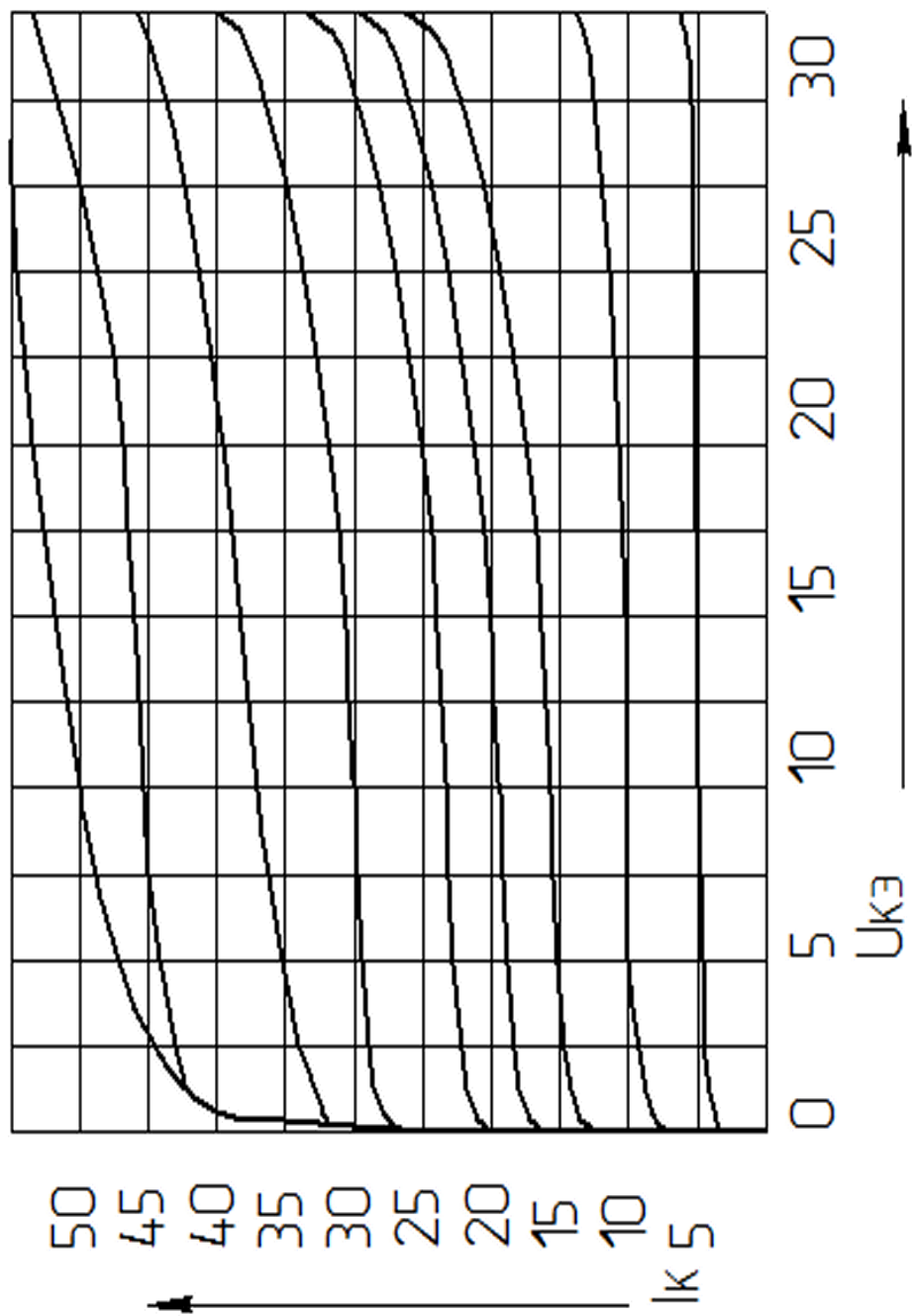


Рисунок 4.10– Выходная характеристика транзистора КТ315Г

Выбрали резистор R6:

МЛТ - 0.25 - 330 Ом ± 10%

Сопротивление резистора R5:

$$R5 = (U_{II} - (U_{Э2} + U_{БЭ2})) / I_{Б2} = 6.7 / 0.002 = 3350 \text{ Ом} \quad (4.38)$$

Мощность потерь в резисторе определили по формуле:

$$P_{R5} = I_{Б2}^2 \cdot R_{Б2} = (0.001)^2 \cdot 3350 = 0.013 \text{ Вт} \quad (4.39)$$

Выбрали резистор R5:

МЛТ-0.125-3.3кОм ± 10%.

В установленном состоянии транзистор VT1 находится в отсечке, для данного режима нужно создать отрицательное напряжение  $U_{БЭ1}$ . Зададимся током делителя  $I_D = 1 \text{ Ма}$ . Так как напряжение на  $R_3 U_{R3} = 2.2 \text{ В}$ , то создадим на базе VT1 в устойчивом состоянии напряжение порядка  $U_{Б1} = 2 \text{ В}$ . Тогда  $R_1$  равно:

$$R1 = (U_{II} - U_{Б1}) / I_D = 7 / 0.001 = 7000 \text{ Ом} \quad (4.40)$$

Мощность потерь в резисторах R1 определили по формуле:

$$P_{R1} = I_D^2 \cdot R1 = (0.001)^2 \cdot 7000 = 0.007 \text{ Вт} \quad (4.41)$$

Выбрали резистор R1:

МЛТ - 0.125 - 6.8 кОм ± 10%.

Сопротивление резистора R2 определили, пренебрегая током  $I_B$  транзистора VT1:

$$R2 = U_{Б1} / I_D = 2 / 0.001 = 2000 \text{ Ом} \quad (4.42)$$

Мощность потерь в резисторах R2 определили по формуле:

$$P_{R2} = I_D^2 \cdot R2 = (0.001)^2 \cdot 2000 = 0.002 \text{ Вт} \quad (4.43)$$

Выбрали резистор R2:

МЛТ - 0.125 - 2 кОм ± 5%

Сопротивление резистора R3 определили при токе  $I_{K1} = 1 \text{ Ма}$ :

$$R3 = U_{K1} / I_{K1} = 8 / 0.001 = 8000 \text{ Ом} \quad (4.44)$$



Мощность потерь в резисторах R3 определили по формуле:

$$P_3 = I_d^2 * R_2 = (0.001)^2 \cdot 8000 = 0.008 \text{ Вт} \quad (4.45)$$

Выбрали резистор R3:

МЛТ-0.125-8.2 кОм ± 5%.

По заданной длительности импульса определили емкость конденсатора C2 по формуле:

$$t_M = 0.7(R_5 + R_4) \cdot C_1 \quad (4.46)$$

Из формулы (4.33) получили  $C_2 = 10 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$ . Выбираем конденсатор:

К10-9-15В-16Нф.

По формуле (3.17) определим время восстановления:

$$t_{\%} = (3 \pm 5) * C_1 (R_{ж1} + R_{э}) = 5 * 16 * 10^{-9} \cdot 8300 = 664 \text{ мкс}$$

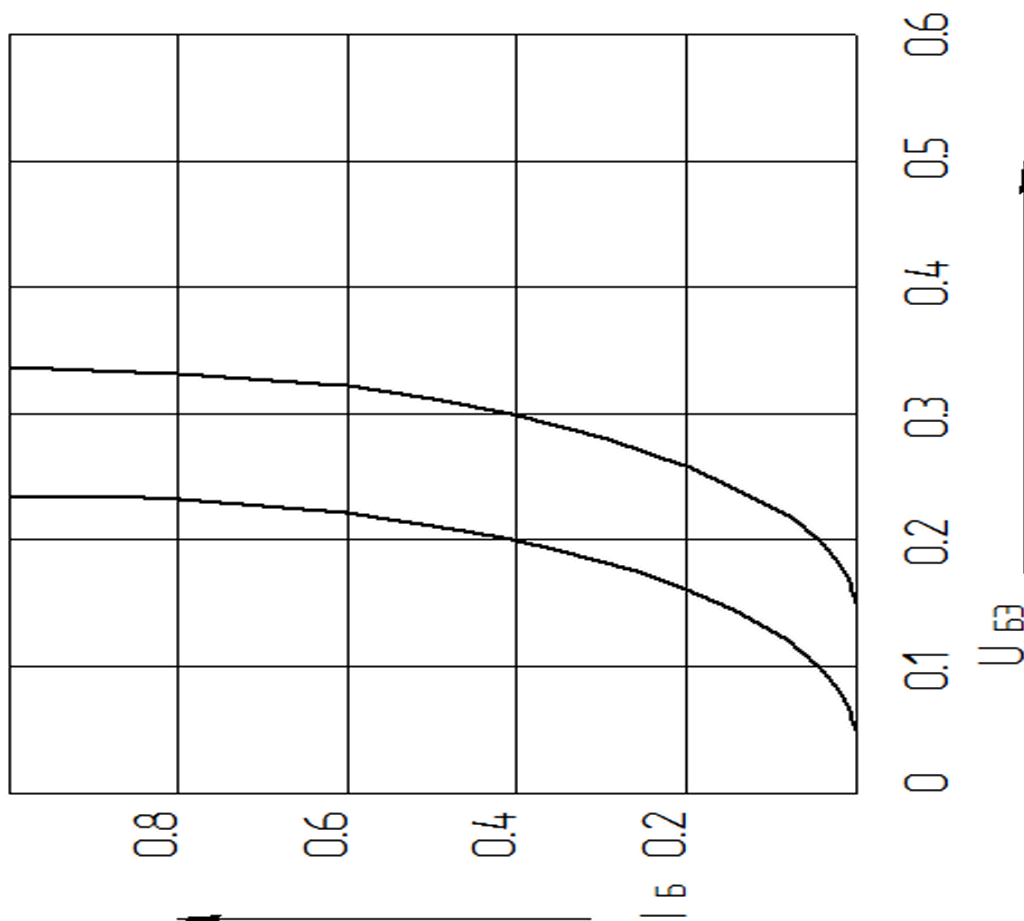


Рисунок 4.11- Входная характеристика транзистора ГТ405

Отсюда минимальный период повторения импульсов из формулы (4.33) равен:  $T = t_{II} + t_B = 704$  мкс, а частота:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_{II} + t_B} = 1420 \text{ Гц}$$

При поступлении на вход одновибратора короткого запускающего импульса на выходе вырабатывается прямоугольный импульс, длительностью 40 мкс и амплитудой  $U_{ВЫХ}$  порядка 7 В, который поступает на вход ключа. Ключ выполнен на германиевом сплаве р-п-р структуры транзистора ГТ405. Электрические параметры транзистора сведены в таблицу 4.4. Входная характеристика транзистора ГТ405 изображена на рисунке 4.11.

Таблица 4.4-Параметры транзистора ГТ405

Параметры	Значения
$h_{21Э}$	30... 80
$F_{гр}, \text{МГц}$	1
$I_{КМАХ}, \text{А}$	0.5
$P_{КМАХ}, \text{Вт}$	0.6
$U_{БЭНАС}, \text{В}$	1

Выбрали резистор R:

МЛТ - 0.125 - 4.7 кОм  $\pm$  5%

Принципиальная схема передатчика изображена на рисунке 4.12.

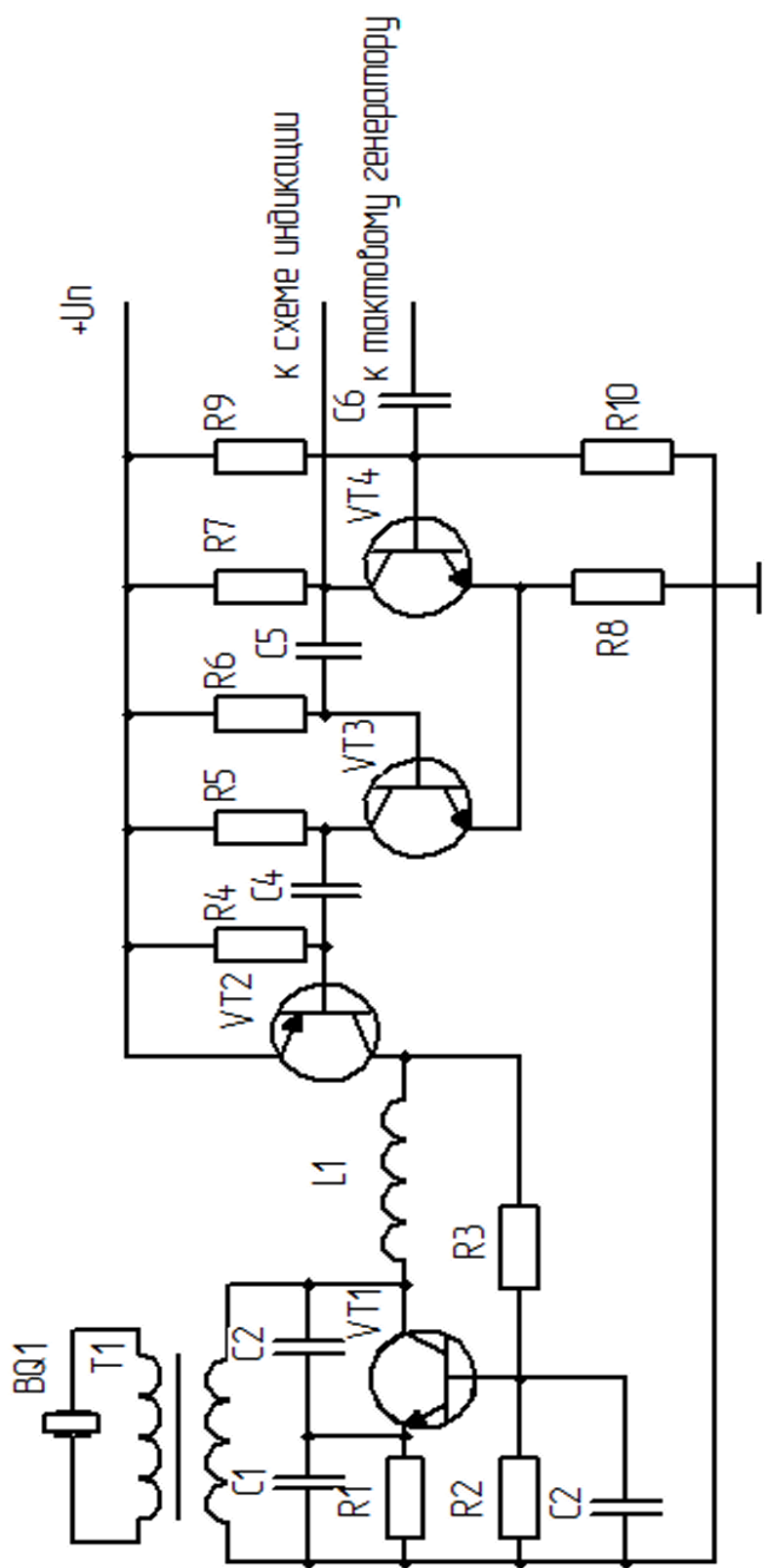


Рисунок 4.12– Принципиальная схема передатчика

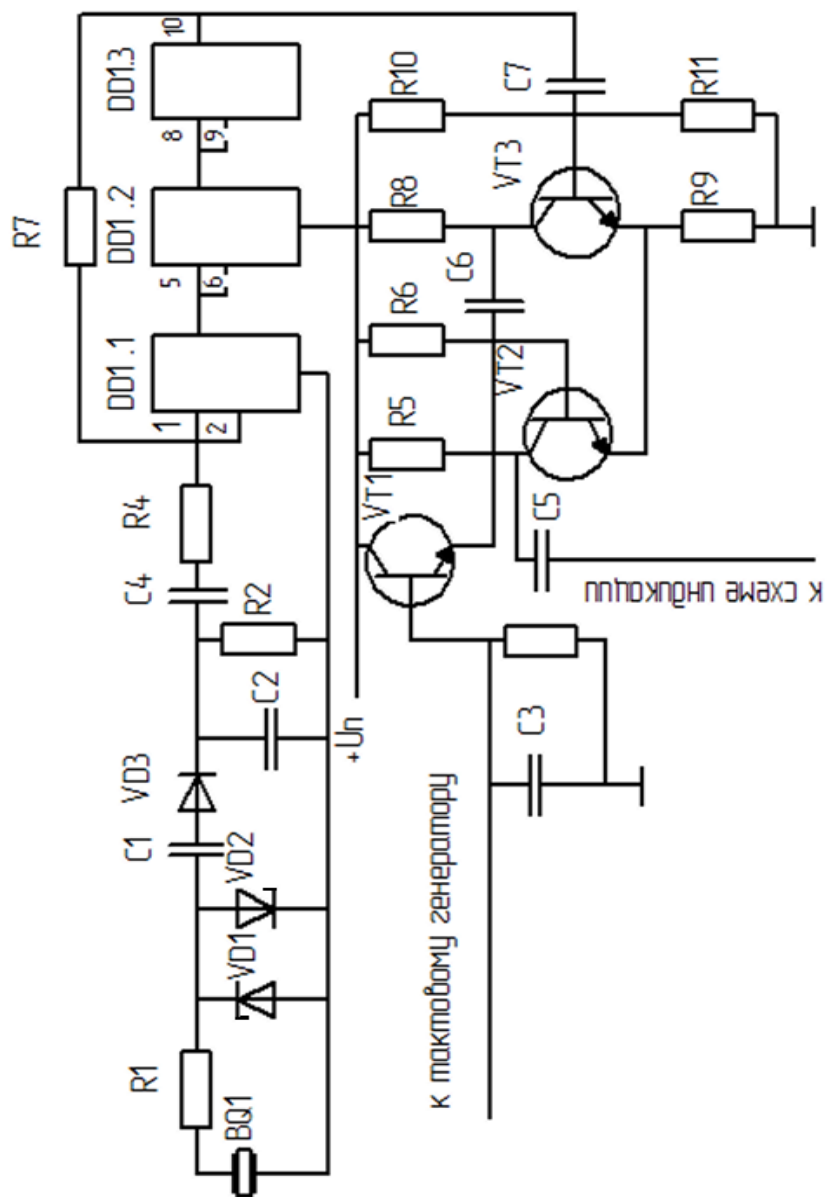


Рисунок 4.13– Принципиальная схема приемника

#### 4.2.4 Расчет приемника

Приемник эхолота собран по схеме прямого усиления. Принципиальная схема приемника изображена на рисунке 4.13. От импульса передатчика приемник защищает диодный ограничитель (VD1, VD2) и резистор R1. Диод VD3 использован в амплитудном детекторе. Усилитель собран на микросхеме K176ЛA7, он усиливает протектированный сигнал. На транзисторах VT2, VT3 собран одновибратор, обеспечивающий постоянство параметров выходных импульсов и порога чувствительности приемника.

В приемнике применено принудительное выключение одновибратора приемника с помощью транзистора VT1. На его базу поступает положительный тактовый импульс и заряжает конденсатор C3. Открываясь, транзистор VT1 соединяет базу транзистора VT2 одновибратора приемника с положительным проводом питания, предотвращая тем самым возможность его срабатывания от приходных импульсов. По окончании тактового импульса конденсатор C3 разряжается через резистор R3, транзистор VT1 постепенно закрывается, и одновибратор приемника обретает нормальную чувствительность.

В качестве одновибратора используется одновибратор, рассчитанный в схеме передатчика.

В данной схеме используется одновибратор, рассчитанный в схеме передатчика.

В данной схеме используется двусторонний диодный ограничитель, который является комбинацией двух параллельных односторонних диодных ограничителя. На рисунке 4.14 приведена передаточная характеристика двустороннего диодного ограничителя. В качестве диодов используем точечный диод Д9В, параметры которого приведены в таблице 4.5. В качестве резистора R1 возьмем:

МЛТ-0.125-1.2	кОм	±	10%
---------------	-----	---	-----

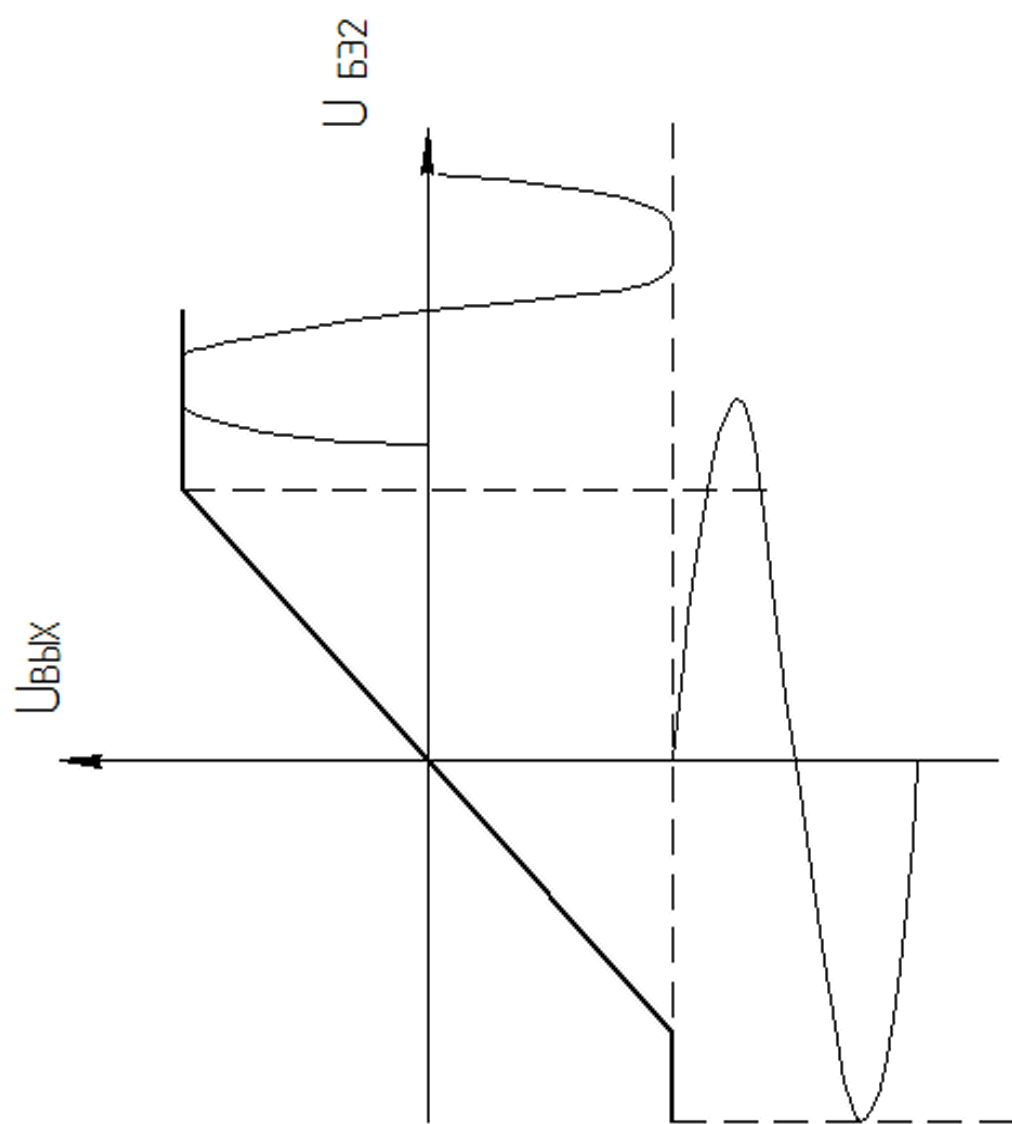


Рисунок 4.14– Передаточная характеристика  
двустороннего диодного ограничителя

Таблица 4.5-Параметры диода Д9В

Параметры	Значения
$U_{ПР}, В$	1
$I_{ОБР}, мкА, не более$	250
$I_{ИМППР}, мА$	62
$I_{СРМАХ}, мА$	20
$U_{ИМПОБР}, В$	30

Амплитудный диодный детектор, применяемый в схеме, отличается простотой, малыми габаритами, незначительной величиной входной емкости и удовлетворительной чувствительностью. Из условия:

$$R2 = R_H I2 \quad (4.47)$$

Сопротивление  $R2 = 250 \text{ Ком}$ .

Выбираем резистор  $R2$ :

МЛТ - 0.25 -240 кОм  $\pm 10\%$

Следовательно, производительность нагрузки детектора для низкочастотного сигнала составит:

$$R_H = R2 * R_{BX} / (R2 + R_{BX}) = 166666.7 \text{ Ом} \quad (4.48)$$

Величина емкости  $C1$  детектора должно быть достаточно большим, чтобы преобладающая часть входного напряжения высокой частоты прикладывалась к диоду. Приближенно принимаем:

$$C1 = 1.5 / (2 * \pi * F_B * R_H) = 1.5 / (2 * \pi * 200000 * 166666.7) = 7.1 * 10^{-12} \text{ Ф} \quad (4.49)$$

Выбираем конденсатор:

К10- 17-15 В-7.5 пФ + 5%

В качестве ключа выбираем транзистор КТЗ15Г.

Выбираем резистор  $R3$ :

МЛТ-0.125-5.1 кОм  $\pm 5\%$ .

Конденсатор  $C3$ :

К10-17-15В - 0.1 мкФ  $\pm 5\%$ .

#### 4.2.5 Расчет тактового генератора

Тактовый генератор, управляющий работой эхолота, собран на транзисторах разной структуры. Принципиальная схема тактового генератора изображена на рисунке 4.15.

В качестве транзистора VT1 выбрали транзистор КТ315Г, кремниевый эпитаксиально - планарной структуры n-p-p усилительный. В качестве транзистора VT2 выбрали p-p-p транзистор МП42Б. Частота следования импульсов определена постоянной времени цепи R1C1.

В качестве конденсатора C1 выбрали:

К10- 17 -15В -22мкФ±5%.

Резистор R1 найдем из формулы:

$$T=R1C1, \tag{4.50}$$

где T = 5с.

Откуда:

$$R1 = 227300 \text{ Ом}$$

Выбираем резистор R1:

МЛТ - 0.125 - 220 кОм ± 5%.



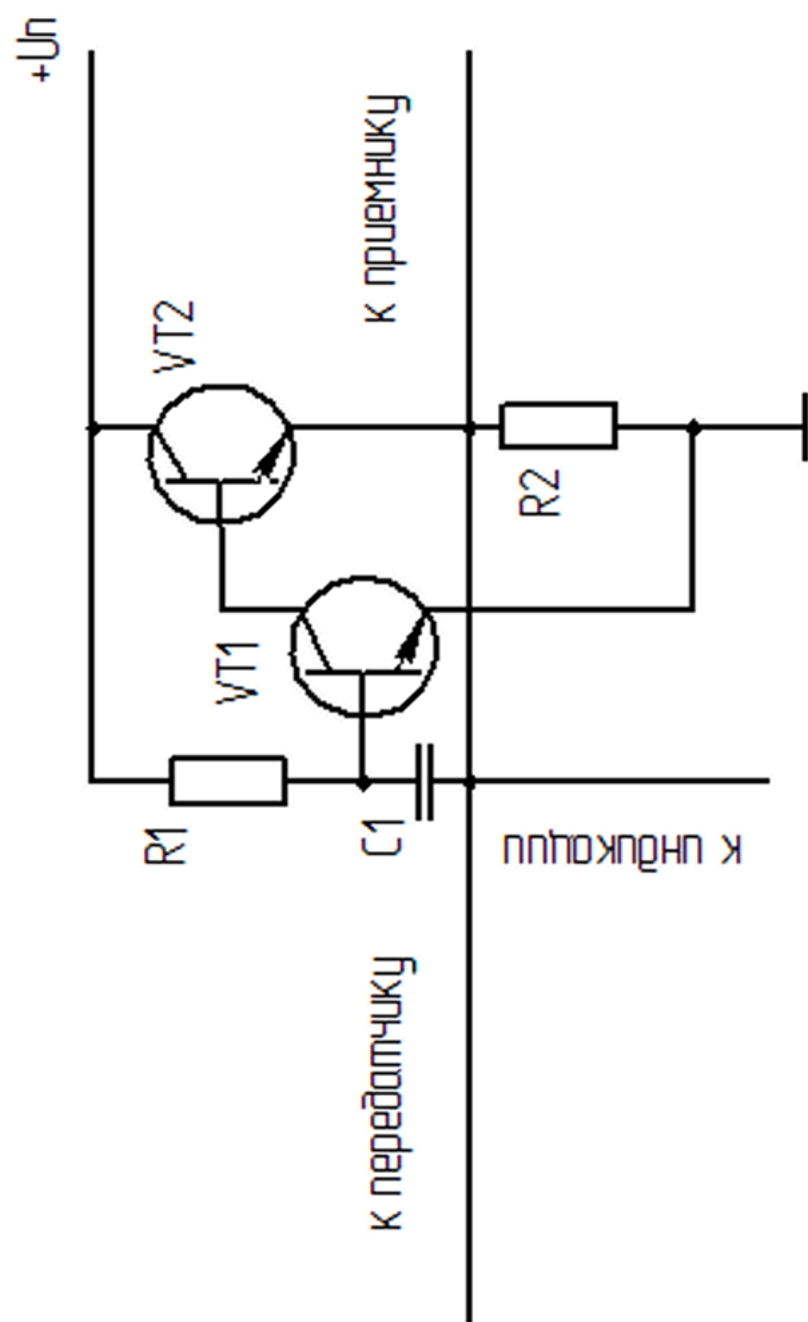


Рисунок 4.15- Принципиальная схема мактового генератора

#### 4.2.6 Расчет схемы счета времени и индикации обработанной информации

Принципиальная схема счета времени и индикации обработанной информации показана на рисунке 4.16. В состав схемы счета времени и индикации образованной информации входит генератор импульсов с образцовой частотой повторения, счетчик, а также ключ, управляемый RS-тригером. Импульс начала счета поступает на триггер от модулятора передатчика через транзистор VT2, импульс окончания счета с выхода приемника через транзистор VT2.

В качестве самого счетчика используется последовательное включение 3 микросхем K176ИЕ4 с коэффициентом счета равным 10 и с дешифратором, работающим на семисегментный индикатор. Для правильной работы этих и всех других счетчиков, выполненных по КМОП технологии (серий K164, K176, K564, K561), необходимо после включения питания (или после снижения уровня напряжения источника питания до 8 В) устанавливать их в исходное нулевое состояние подачей импульса высокого уровня на вход R. В противном случае счетчики могут работать со случайными коэффициентами пересчета.

Основные параметры микросхемы K176ИЕ4 приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6-Основные параметры микросхемы K176ИЕ4

Параметры	Значения
U <sub>пит</sub> , В	+9
R <sub>МАХ</sub> , мВт	10
F <sub>МАХ</sub> , МГц	1

Генератор импульсов с образцовой частотой повторения, ключ и RS-триггер собраны на одной микросхеме K176ЛА7. Из резистора R1 и катушки L1 составлена цепь отрицательной обратной связи, выводящей элемент на линейный участок характеристики. Это создает условия для самовозбуждения на частоте, определяемой параметрами контура L1C18.

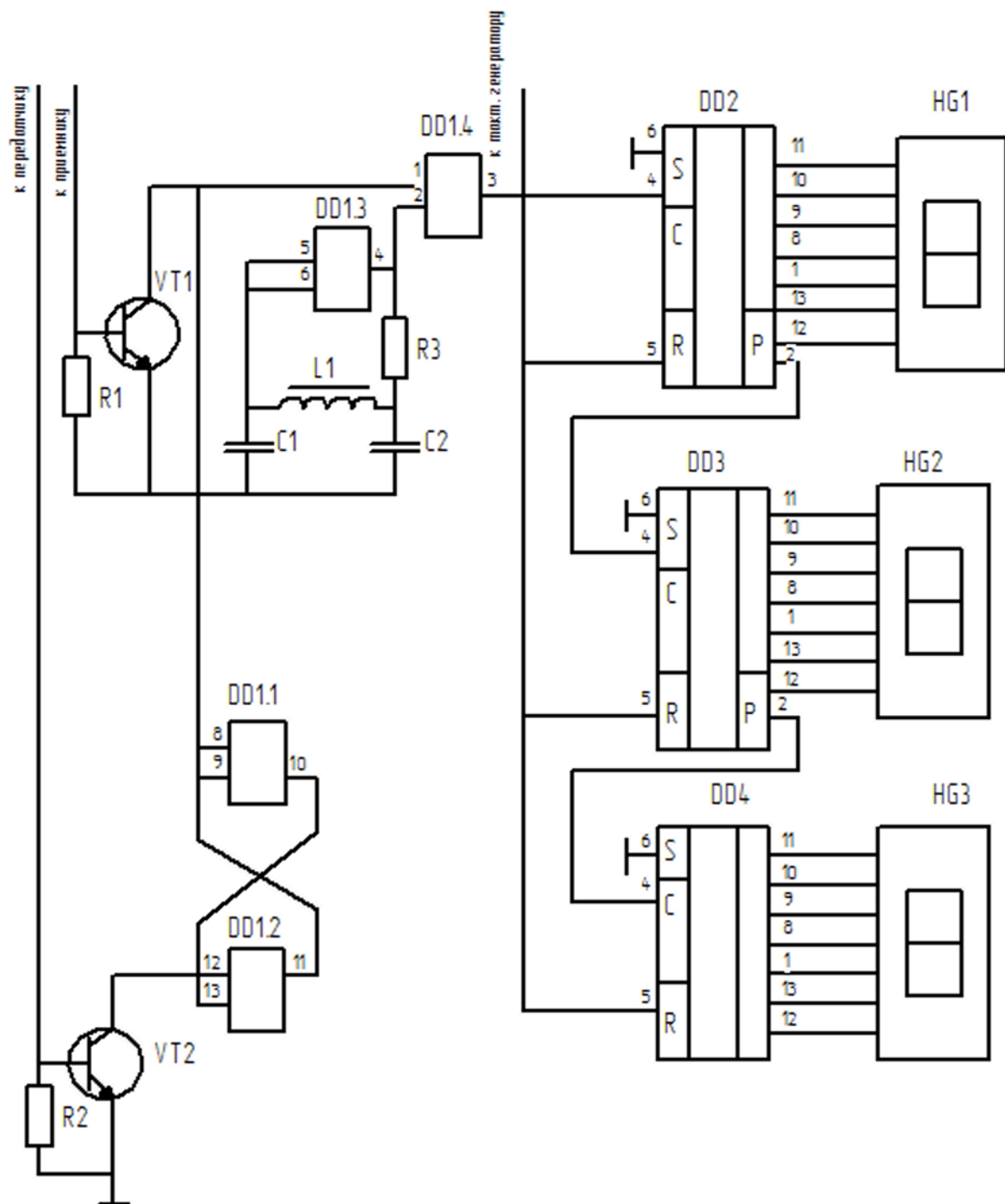


Рисунок 4.16– Схема индикации и счета времени

#### 4.2.7 Расчет схемы питания

Прибор работает от однофазной сети напряжения 220 В, частотой 50 Гц, либо от источника питания напряжением в 9 В.

Напряжение вторичной обмотки трансформатора должно составлять порядка 11В. По справочнику выбираем трансформатор ТПП2 - 3 - 127/220 - 50. Для получения необходимого напряжения на вторичной обмотке трансформатора необходимо использовать выводы 15-16 вторичной обмотки.

Для выпрямления переменного напряжения выбираем блок КЦ407А из кремниевых пеза-дифузионных диодов, соединенных по однофазной мостовой схеме. Электрические параметры блока КЦ407А представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7-Таблица электрических параметров блока КЦ407А .

Параметр	Значения
U <sub>ОБР</sub> , В	400
I <sub>СР</sub> ,мА	200

Для стабилизации выпрямленного напряжения воспользуемся стабилизатором напряжения в интегральном исполнении К142ЕН8А. Принципиальная схема питания изображена на рисунке 4.17.

В качестве конденсаторов С1, С2, С3 выбираем конденсаторы:

С1 - К50 - 35 - 25В - 100 мкФ ± 10%.

С2 - К73 - 17 - 63В - 1 мкФ ± 10%.

С3-К50-35-16В-47мкФ ±10%.

Общая принципиальная электрическая схема представлена на рисунке 4.18.

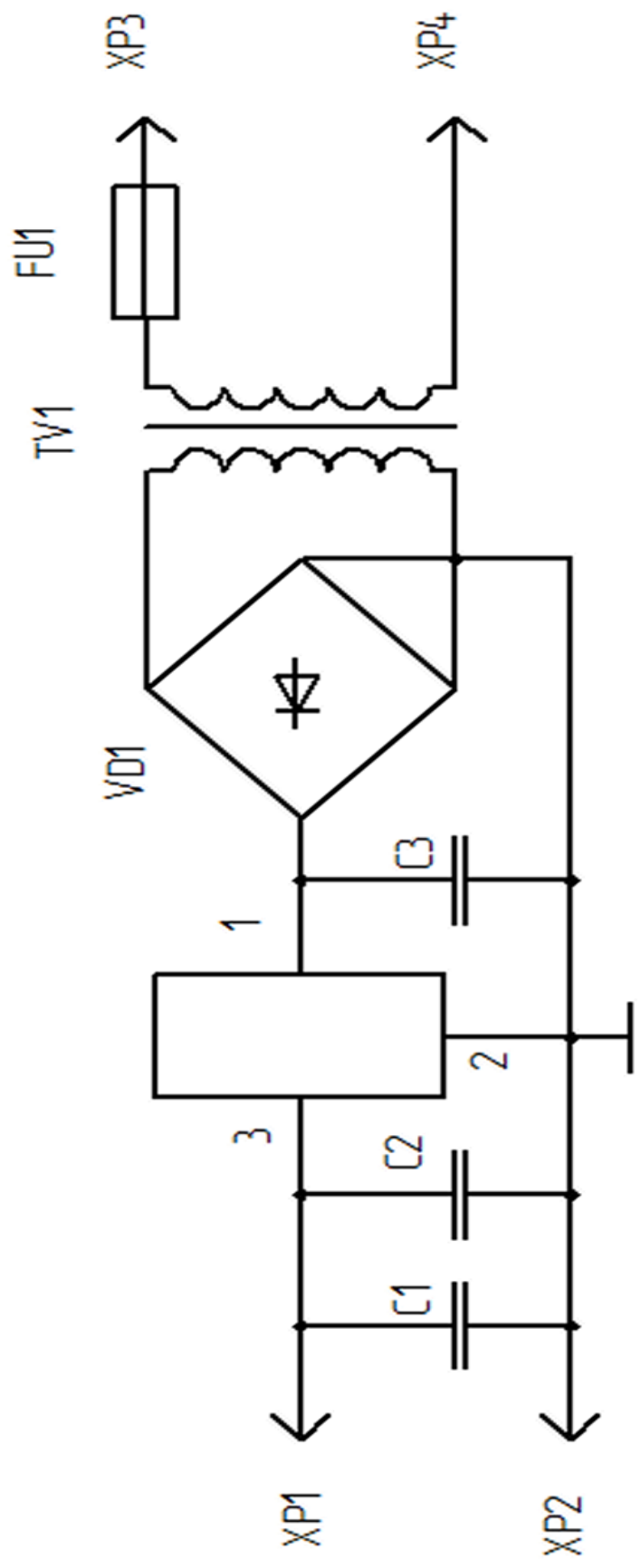


Рисунок 4.17– Принципиальная схема питания

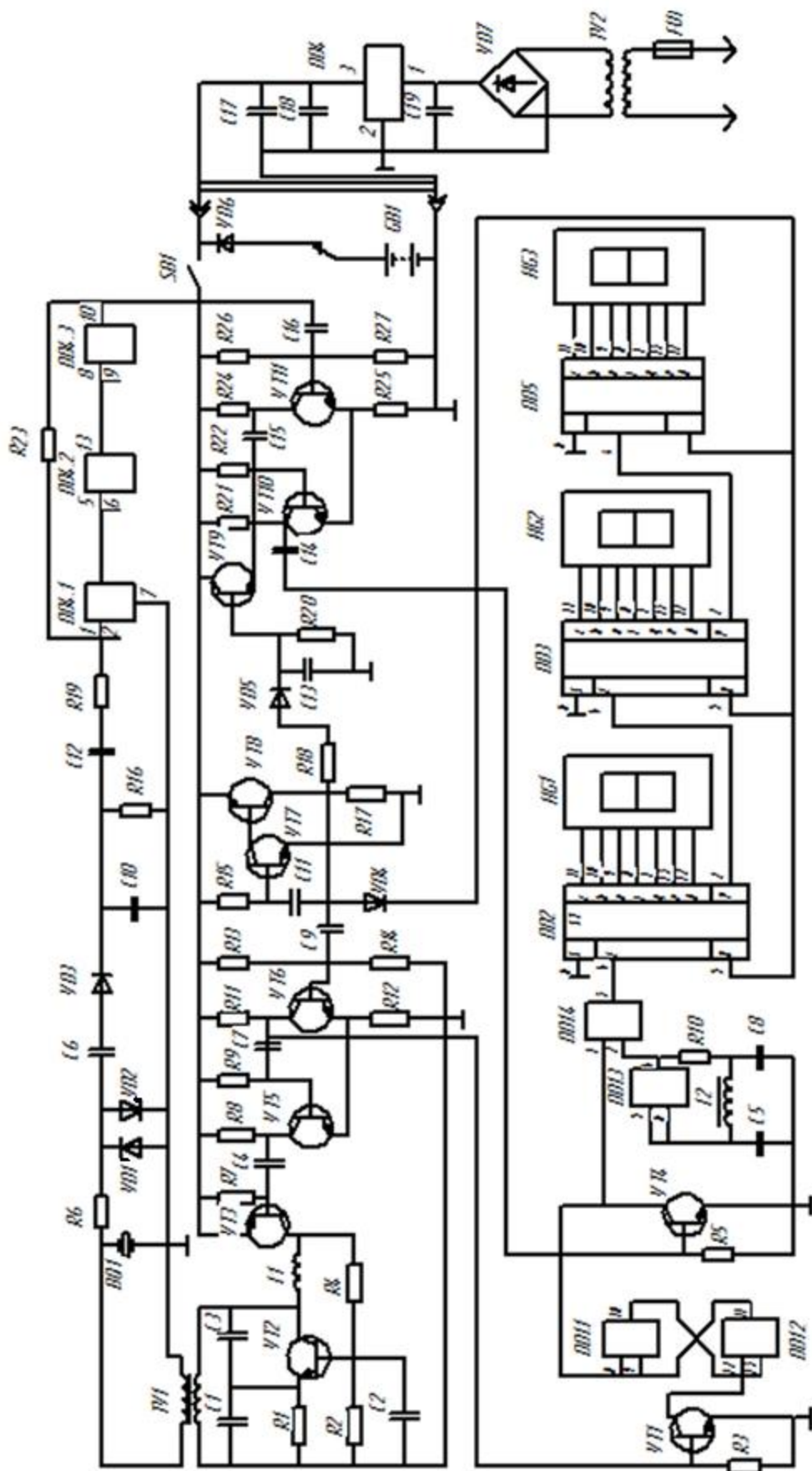


Рисунок 4.18- Принципиальная электрическая схема эхолота

## **5 Технологическая часть**

### **5.1 Разработка печатной платы и технология ее изготовления**

Печатная плата представляет собой плоское изоляционное основание, на одной или обеих сторонах которого расположены токопроводящие полоски металла (проводника) в соответствии с электрической схемой. Печатные платы служат для монтажа на них электрорадиоэлементов с помощью полуавтоматических и автоматических установок с последующей одновременной пайкой всех электрорадиоэлементов погружением в расплавленный припой или на волне жидкого припоя ПОС - 60.

Применение печатных плат позволяет облегчить настройку аппаратуры и исключить возможность ошибок при ее монтаже, так как расположение проводников и монтажных отверстий одинаково на всех платах данной схемы. Использование печатных плат, обуславливает также возможность уменьшения габаритных размеров аппаратуры, улучшения условий отвода тепла, снижение металлоемкости аппаратуры и обеспечивает другие конструктивно - технологические преимущества по сравнению с объемным монтажом.

Процесс разработки печатной платы складывается из нескольких этапов: компоновки печатной платы, в процессе которой находят оптимальное размещение навесных элементов на печатной плате. Рисуем все элементы, соблюдая их размеры, и ищем такое их расположение, при котором длина соединяющих их проводников минимальна, а также минимальны и размеры печатной платы. В результате компоновки находим положение контактных площадок для подключения всех элементов.

Второй этап - разводка печатных проводников (трассировка). Цель этой операции - провести проводники, соединяющие контактные площадки, так, чтобы они имели минимальную длину и, чтобы не было пересечений. Третий этап - оформление чертежа с соблюдением требований стандартов. Чертеж печатной платы должен содержать основные проекции платы с печатными проводниками и отверстиями.

На рисунке 5.1 представлена печатная плата электрического эхолота, на рисунке 5.2 - сборочный чертеж печатной платы. Для схемы электронного эхолота в работе используется двусторонняя однослойная печатная плата. Токопроводящий слой печатной платы создается комбинированным методом. При этом проводники получают травлением фольги, а металлизированные отверстия - электрохимическим методом.

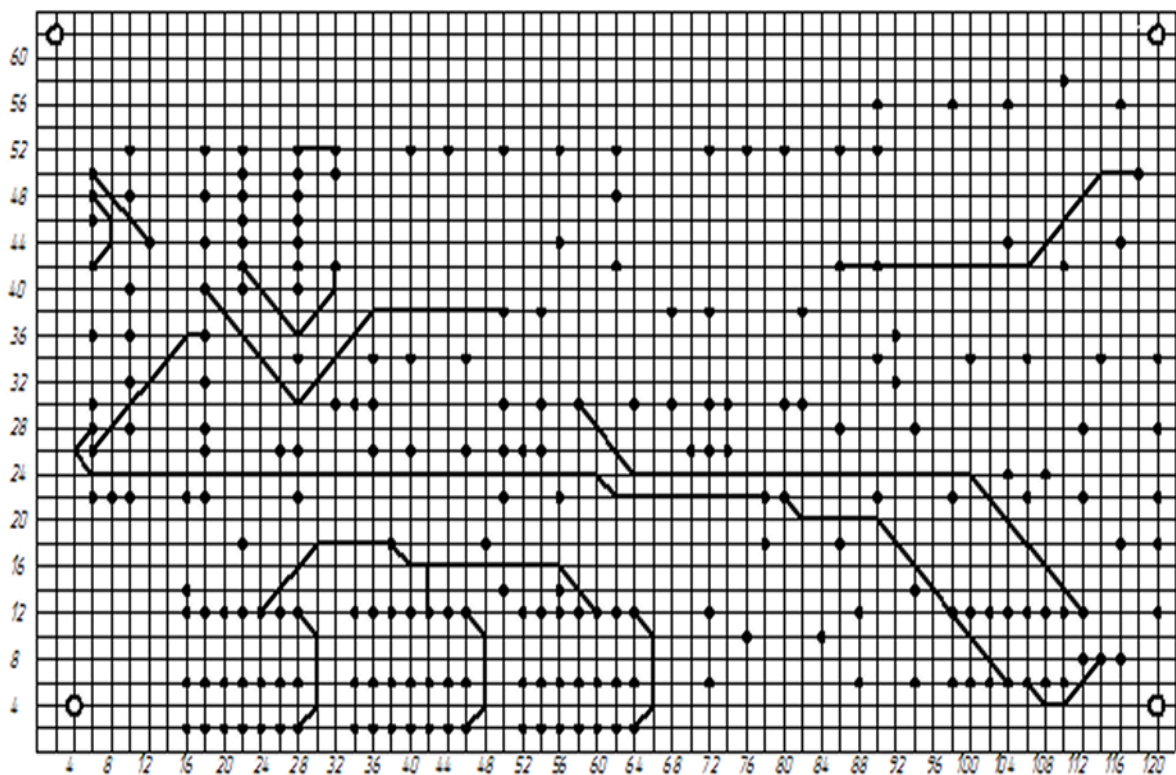
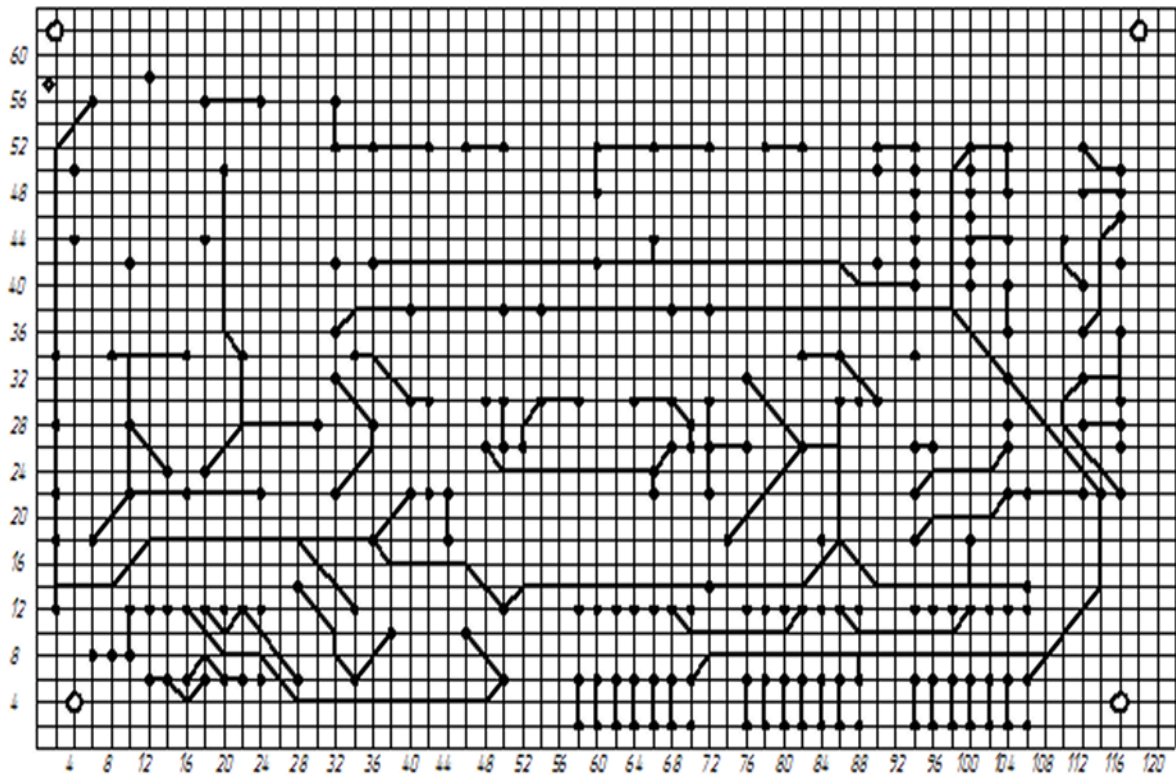


Рисунок 5.1- Печатная плата



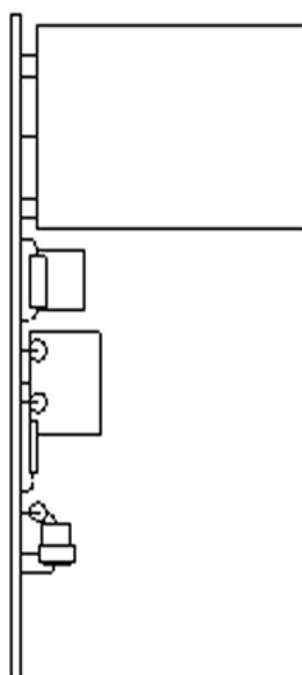
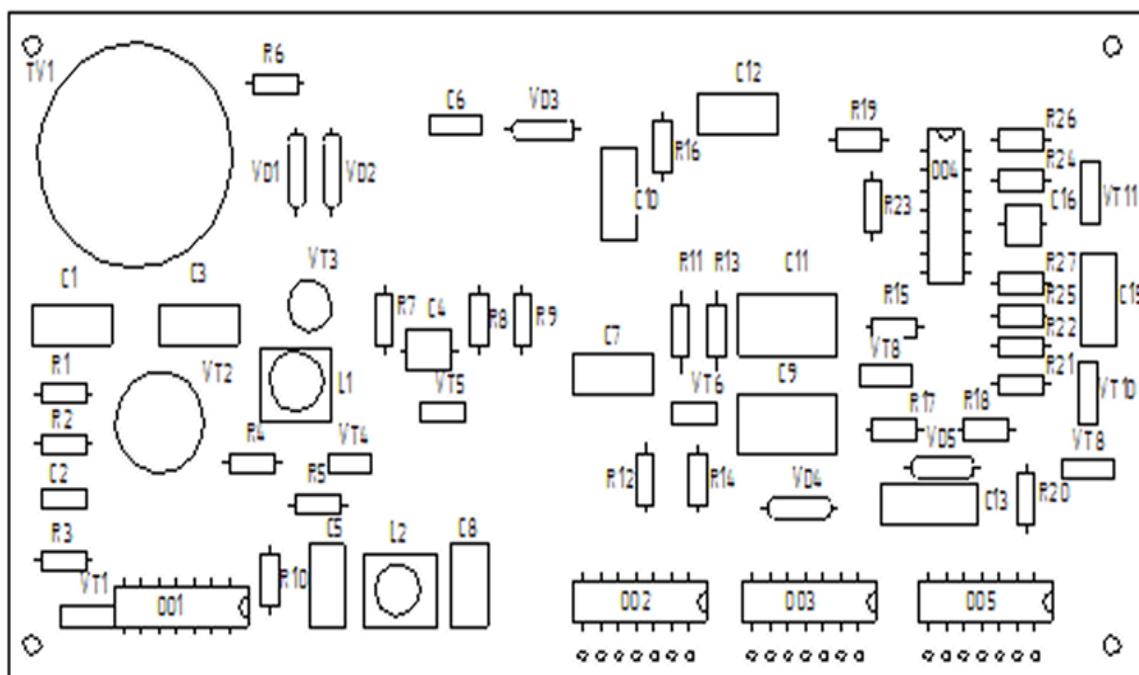


Рисунок 5.2– Сборочный чертеж печатной платы

Чтобы к печатному проводнику можно было припаять проводник или вывод элемента, на проводнике делают контактную площадку в виде участка с увеличенной шириной.

Габаритные размеры, конфигурация и место крепления печатной платы выбирают в зависимости от установочных размеров, элементной базы, пайки, контроля и технико-экономических показателей. Габаритные размеры печатной платы выбираются с учетом класса точности, при этом следует учитывать, что с увеличением габаритных размеров, увеличивается отклонения, допускаемые при выполнении элементов конструкции платы. Разрабатываемая плата имеет простую прямоугольную форму.

Толщина материала основания печатной платы  $H_m$  определяется в зависимости от нагрузки и ее конструктивных особенностей, также толщина печатной платы увязывается с диаметром металлизированных отверстий.

Для изготовления печатных плат химическим методом необходимо иметь листовой материал в виде изоляционного основания с приклеенной к нему металлической фольгой. В данной работе используем фольгированный стеклотекстолит СФ - 1 - 50. Фольгированный материал односторонний (фольга наносится на одну сторону изоляционного основания).

Предпочтительными значениями номинальной толщины односторонних печатных плат являются: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 (мм). Принимаем значение  $H_m = 3$  мм.

В зоне контактной площадки находится монтажное отверстие, в которое будет вставляться вывод элемента схемы. Монтажное отверстие имеет металлизированные стенки. То есть металл, нанесенный на цилиндрическую поверхность отверстия, соединен с контактной площадкой по всему периметру отверстия. Использование металлизированных отверстий приводит к большей надежности пайки.

Диаметр отверстия в печатной плате должен быть больше, вставленного в него вывода, что обеспечивает возможность свободной установки электрорадиоэлемента. Диаметр металлизированного отверстия зависит от толщины платы. Связано это с тем, что при гальваническом осаждении металла на стенках малого диаметра, сделанного в толстой плате, толщина слоя металла получается неравномерной, а при большом отношении длины к диаметру некоторые места могут остаться непокрытыми. Диаметр металлизированного отверстия должен составлять не менее половины толщины платы.

Чтобы обеспечить надежное соединение металлизированного отверстия с печатным проводником, вокруг отверстия делаем контактную площадку в виде кольца. Диаметр контактной площадки:

$$d_k = d + 2b + c, ++ \quad (5.1)$$

где  $d$  - диаметр отверстия;

$b = 0.3$  мм - необходимая минимальная радиальная толщина контактной площадки;

$c = 0,6$  мм - коэффициент, учитывающий влияние разброса межцентрового расстояния, смещение фольги.

Так как выводы элементов схемы имеют различный диаметр, то и отверстия на печатной плате также имеют различные диаметры.

Значение минимально допустимой ширины проводника принимаем равной 1 мм, минимально допустимое расстояние между соседними элементами - 1,5 мм.

Печатные проводники выполняются одинаковой ширины на всем протяжении. Проводники располагаются равномерно по полезной площади печатной платы с учетом следующих требований: параллельно линиям координатной сетки или под углом, кратным  $30^\circ$  со стороны пайки, если проводящий рисунок не покрыт защитной маской; перпендикулярно касательной, к контуру проводящей площади. С целью уменьшения сложности проводящего рисунка допускается применение перемычек в количестве не более 5% от общего числа печатных проводников.

Размещение элементов на печатной плате согласуется с конструктивными требованиями на печатный узел. При расположении элементов предусматриваем: рациональное взаимное расположение этих элементов, обеспечивающее наиболее простую трассировку и исключающее взаимное влияние на электрические параметры; обеспечение основных технологических требований, предъявленных к аппаратуре (автоматизированная сборка, пайка, контроль); обеспечение высокой надежности, малых габаритов и веса, быстродействия, теплоотвода, ремонтпригодности. Стороны прямоугольной печатной платы располагаются параллельно линиям координатной сетки. Отверстия и элементы проводящего рисунка располагаются на печатной плате относительно базы координат. Элементы проводящего рисунка располагаются от края платы на расстоянии не менее толщины платы с учетом допусков на линейные размеры. Координатную сетку наносим на чертеж с шагом 2,5 мм. Центры монтажных отверстий располагаем в узлах координатной сетки. Если устанавливаемый на печатную плату элемент имеет два вывода и более, расстояние между которыми кратно шагу координатной сетки.

На свободном месте печатной платы наносим условный шифр (обозначение печатной платы). При маркировке платы соблюдаются правила: маркировать краской,

устойчивой к воздействиям спирто-бензиновой смеси или других растворителей; маркировка выполняемая краской, может располагаться на печатных проводниках; при маркировке способом, которым выполняется проводящий рисунок, применяется упрощенный шрифт, при этом в технических требованиях чертежа способ маркировки указывается; обеспечение наглядности маркировки в узле. Изготовление печатных плат - технологически сложный процесс. Разработанная конструкция печатной платы и ее чертежи передаются в фотолабораторию, где выполняются фотоэскизы на пленке. В фотолаборатории установлены приборы, позволяющие увеличить или уменьшить плату в несколько раз. Далее основания плат поступают в цех специальной обработки, где они обрезаются до нужных размеров. Здесь же производится сверление отверстий и другие операции с материалами оснований печатных плат. После технической обработки основание платы попадает в серийное производство, где на автоматизированных линиях производится металлизация отверстий, то есть обработка отверстий медью, и нанесение рисунка. Здесь же плата обрабатывается свинцом и оловом, и производится травление. В закрытых бочках с платы смывается поверхностный слой, так, что на поверхности остается лишь металл - проводящие дорожки. После этого плата с рисунком поступает на участок прессовки, где обрабатывается на прессе согласно размерам. Подготовленные платы поступают на линию оксидирования, а затем на фрезерование, то есть обработку по контуру. После полной обработки основания платы осуществляется насадка электрорадиоэлементов. Элементы на плате устанавливаются как вручную, так и с помощью «лазерного щупа»: где должны находиться электрорадиоэлементы одного типа.

Пайка элементов производится «волной», то есть на линию с расплавленной смесью олова и свинца запускается плата с насаженными элементами и при высокой температуре в отверстиях платы производится пайка выводов. Для защиты платы от вредных воздействий окружающей среды наносится маска. Затем плата маркируется и передается на контроль.

## **5.2 Конструкция акустического излучателя - датчика**

В связи с тем что, акустический излучатель - датчик предназначен для работы в воде, для обеспечения заданной надежности и долговечности необходимо осуществить электроизоляцию и герметизацию тех частей их активных элементов, которые находятся под электрическим напряжением.

Требуемую механическую прочность активного элемента обеспечивают армированием с помощью специальных уплотняющих деталей (бандажей, стяжек и др.). Элементы электроизоляции, герметизации и армирования должны образовывать единую колебательную систему с активным элементом, поэтому необходимо соответствующее их

механическое сопряжение. Для исключения ненужного излучения (приема) звука тыльными и противофазными участками поверхностей преобразователей их экранируют звукомягкими или звукожесткими акустическими отражающими или поглощающими (в случае приемников) экранами.

Конструкцию ультразвукового излучателя - датчика поясняет рисунок 4.3. Он представляет собой круглую пластину 1 диаметром 24 мм и толщиной 8.75 мм из пьезокерамики ЦТБС-3 с резонансной частотой 200 кГц. К посеребренным плоскостям пластины сплавом Вуда припаивают по три отрезка провода МГТФ-01. Места паяк должны находиться у края пластины и располагаться по ее окружности равномерно.

Датчик собирают в цилиндрическом корпусе 3 в виде стакана диаметром около 40 мм и длиной 40 мм. В центре дна корпуса сверлят отверстие под шпунец 5, через который входит гибкий коаксиальный кабель 6 длиной 1 ...2.5 м, соединяющий датчик с эхолотом.

Пластины датчика приклеивают к диску из мягкой микропористой резины 2 толщиной 5...10 мм и диаметром, равным диаметру пластины. Припаянные к пьезоэлементу выводы собирают в жгут так, чтобы его ось совпала с осью пьезоэлемента. При монтаже оплетку кабеля припаивают к шпунцу, центральный проводник - к выводам обкладки датчика, приклеенной к резиновому диску, выводы другой обкладки - к оплетке кабеля. Технологические стойки 4 фиксируют положение пластины таким образом, чтобы ее поверхность была углублена в стакан на 2 мм ниже его кромки. Стакан закрепляют строго вертикально и заливают до края эпоксидной смолой. При этом нужно следить, чтобы в ней не было воздушных пузырьков.

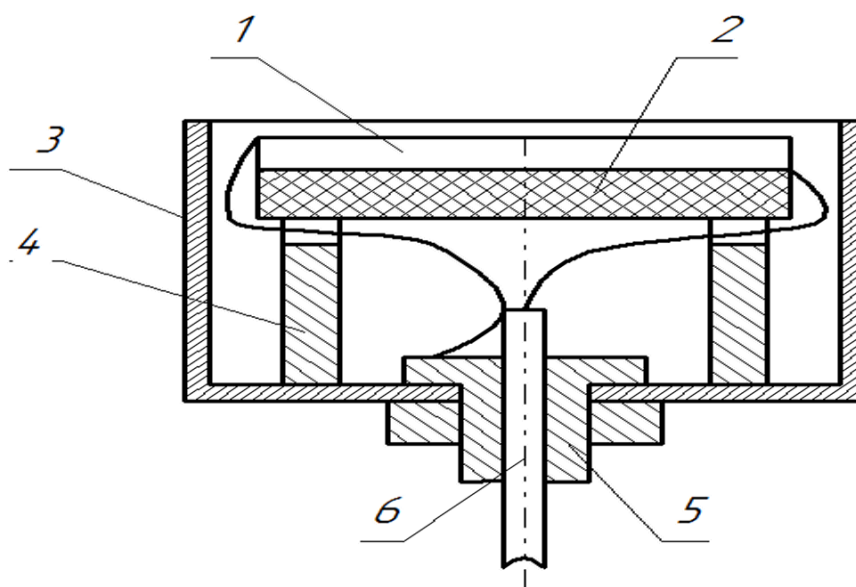


Рисунок 5.3– Конструкция ультразвукового излучателя-датчика

## 6 Экономическая часть проекта

### 6.1 Аннотация

В данной работе производится экономический расчет электронного устройства, предназначенного для зондирования водоема. Данный расчет включает затраты по разработке и созданию.

Экономическая часть включает в себя расчет затрат на научно - исследовательскую работу по разработке и созданию электронного устройства предназначенного для зондирования водоема. Затраты на научно - исследовательскую разработку состоят из затрат на основные и комплектующие материалы, заработной платы исполнителей, амортизационных отчислений и накладных расходов.

Эффективность инновационного проекта по созданию устройства предназначенного для зондирования водоема оценивается следующими показателями:

- чистый дисконтированный доход;
- индекс рентабельности;
- срок окупаемости.

Выполнен расчет экономической эффективности инновационного проекта.

Перечень стадий и этапов выполнения научно - исследовательской разработки (НИР) по разработке и созданию электронного эхолота представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Перечень стадий и этапов выполнения НИР

№	Наименование работ	Труд-ть Чел/дн		Должность исполнителя	Кол-во исполн		F <sub>об</sub> , дн.
		I	Σ		I	Σ	
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
1.1	Сбор информации и анализ конъюнктуры рынка	1	1	маркетолог	1	1	
1.2	Разработка собственного прогноза конъюнктуры на планируемый год	1	1	маркетолог	1	1	
1.3	Оценка эффективности использования результатов прогноза конъюнктуры	1	1	маркетолог	1	1	

2	Конструкторская подготовка					
2.1	Разработка технического задания	3	3		1	1
2.2	Анализ и практическая оценка существующих устройств	5	5	Инженер 1 кат.	1	1
3	Эскизное проектирование					
3.1	Разработка структурной схемы	6 6	12	Инженер 1 кат. Инженер 2 кат.	1 1	2
3.2	Разработка принципиальной схемы передатчика	7 7	14	Инженер 2 кат. Инженер 3 кат.	1 1	2
3.3	Разработка принципиальной схемы приемника	7 7	14	Инженер 2 кат. Инженер 3 кат.	1 1	2
3.4	Разработка принципиальной схемы индикации	8 8	16	Инженер 2 кат. Инженер 3 кат.	1 1	2
3.5	Разработка принципиальной схемы питания	6 6	12	Инженер 2 кат. Инженер 3 кат.	1 1	2
3.6	Расчет элементов электронных схем	15 15	30	Инженер 1 кат. Инженер 2 кат.	1 1	2
3.7	Расчет основных параметров устройства	8	8	Инженер 3 кат.	1	1
4	Техническое проектирование					
4.1	разработка чертежа общего вида	2	2	Инженер 3 кат.	1	1
4.2	Расчета устройства на надежность	2	2	Инженер 2 кат.	1	1
5	Рабочее проектирование					
5.1	Разработка печатных плат	10 10	20	Инженер 2 кат. Инженер 3 кат.	1 1	2
5.2	Макетирование варианта схемы устройства	15 15	30	Радиомонтажник Слесарь 3 разр.	1 1	2
5.3	Проведение испытаний макетного оборудования	3 3	6	Инженер 2 кат. Инженер 3 кат.	1 1	1
5.4	Анализ предварительных испытаний	1	1	Инженер 3 кат.	1	1
6	Техническая подготовка					
6.1	Разработка окончательного варианта схемы	6 6	12	Инженер 2 кат. Инженер 3 кат.	1 1	2
6.2	Разработка	5	10	Инженер 1 кат.	1	2

	конструктивного варианта макета	5		Инженер 2 кат.	1		
6.3	Сборка макета	10 10	20	Радиомонтажник Слесарь 3 разр.	1 1	2	П-3; О-2; В-2; Ч-2; Г-2
7	Выверка, наладка и внедрение технического процесса						
7.1	Проведение окончательных испытаний	2 2	4	Инженер 2 кат. Инженер 3 кат.	1 1	2	
7.2	Анализ испытаний, выводы и рекомендации	1	1	Инженер 1 кат.	1	1	
7.3	Технико - экономическая оценка проведения НИР	3 3	6	Инженер 1 кат. Инженер 2 кат.	1 1	2	
7.4	Оформление и согласование отчета по результатам испытаний	3 3	6	Инженер 1 кат. Инженер 2 кат.	1 1	2	
	Итого: в том числе: инженер 1 кат. инженер 2 кат. инженер 3 кат. маркетолог радиомонтажник слесарь 3 разр. дни работы оборудования: паяльник осциллограф вольтметр частотомер генератор	37 88 59 3 25 25	237				8 4 4 4 4

Таблица 6.2. Исходные данные для расчета затрат на проведение НИР

№	Наименование	Ед. измерения	Величина
1	2	3	4
1	Директивное время на проведение НИР	мес.	5
2	Среднемесячный оклад: инженер 1 кат. инженер 2 кат. инженер 3 кат. маркетолог	руб. руб. руб. руб.	5500 5000 4500 4500
3	Часовые ставки: радиомонтажник слесарь 3 разр.	руб./час руб./час	16 17
4	Доплаты, связанные с работой на производстве	%	35
5	Выплаты и доплаты, не связанные с производством	%	16
6	Коэффициент отчисления на социальные нужды:	%	35,6



	Пенсионный фонд	%	28
	Федеральный фонд медицинского страхования	%	0,2
	Территориальный фонд медицинского страхования	%	3,4
	Фонд социального страхования	%	4
7	Коэффициент накладных расходов	%	60
8	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов:		
	основные материалы	%	12
	комплектующие	%	4
9	Стоимость электроэнергии	руб./кВт/ч	1
10	Установочная мощность оборудования:		
	осциллограф С1-64		0,12
	частотомер ЧЗ-76	кВт	0,11
	вольтметр ВЗ-59		0,03
	генератор ГЗ-112		0,06
	паяльник		0,04
11	Коэффициент использования по мощности:		
	паяльник		0,8
	остальное оборудование		0,95
12	Число параллельных экспериментов		3
13	Первоначальная стоимость оборудования:		
	осциллограф С1-64	руб.	6200
	частотомер ЧЗ-67	руб.	6000
	вольтметр ВЗ-59	руб.	15000
	генератор ГЗ-112	руб.	10000
	паяльник	руб.	300
14	Количество смен		1
15	Коэффициент загрузки оборудования		0,85
16	Годовые амортизационные отчисления	%	13
17	Основные материалы:		
	текстолит	м <sup>2</sup>	0,1
	плотность текстолита	кг/ м <sup>2</sup>	1400
	припой	кг	1,0
	хлорное железо	кг	0,2
	вес отходов	кг	0,25
	цена отходов	руб./кг	0,8

### 6.3. Эффективный годовой фонд рабочего времени

$$F_{эф} = (366 - П - В - Н) \cdot g - N_{пр} = (366 - 7 - 104 - 0) \cdot 8 - 6 = 2034 \text{ ч.} \quad (6.1)$$

Где П = 7 - количество праздничных дней;

В = 104 - количество выходных дней;

Н = 0 - количество планируемых невыходов, дни;

g = 8 - количество часов в смене;

N<sub>пр</sub> = 6 - количество нерабочих часов в предпраздничные дни.

6.4. Среднее количество рабочих дней в месяце определяется по формуле:

$$D_{\text{ср}} = F_{\text{эф}} / (12 \cdot g) = 2034 / (12 \cdot 8) = 21 \text{ день} \quad (6.2)$$

6.5. Время работы  $i$ -го исполнителя:

$$K_i = F_{\text{эф}i} / D_{\text{ср}} \quad (6.3)$$

где  $F_{\text{эф}i}$  - эффективный годовой фонд рабочего времени  $i$ -го исполнителя, дни (табл. 6.1)

инженер 1 кат.:  $K_1 = 37/21 = 1,76$  месяца;

инженер 2 кат.:  $K_2 = 88/21 = 2,81$  месяца;

инженер 3 кат.:  $K_3 = 59/21 = 2,81$  месяца;

маркетолог.:  $K_M = 3/21 = 0,14$  месяца.

6.6. Зарплата исполнителей с должностными окладами:

$$Z_{\text{ит}ri} = K_i \cdot O_{\text{кли}} \cdot n_i \quad (6.4)$$

где  $O_{\text{кли}}$  - средний оклад  $i$ -го исполнителя;

$n_i$  - число должностей.

Для инженера 1 кат.:

$$Z_{\text{ит}r1} = K_1 \cdot O_{\text{кли}} \cdot n_1 = 1,76 \cdot 5500 = 9680 \text{ руб.}$$

Расчет сделан в таблице 6.3.

Таблица 6.3. Заработная плата исполнителей с должностными окладами

№	Наименование должности	Число должностей	Среднемесячный оклад, руб.	Время работы, мес.	Зарплата, руб.
1	Инженер 1 кат.	1	5500	1,76	9680
2	Инженер 2 кат.	1	5000	4,19	20950
3	Инженер 3 кат.	1	4500	2,81	12645
4	Маркетолог	1	4500	0,14	630
	Итого:				43905

6.7. Заработная плата производственных рабочих:

$$Z_{\text{п}ri} = S_{\text{с}ri} \cdot g \cdot t_i \quad (6.5)$$

Где  $S_{\text{с}ri}$  - часовая тарифная ставка, руб./дни.

$t_i$  - трудоемкость, чел./дни.

$$Z_{\text{п}ri} = S_{\text{с}ri} \cdot g \cdot t_i = 12,98 \cdot 25 = 2596 \text{ руб.}$$

Расчет зарплаты производственных рабочих сведен в таблицу 6.4

Таблица 6.4. Зарплата производственных рабочих

№	Наименование специальности	Тарифная ставка	Продолжительность раб. дня, часов	Время работы, чел./дни	Зарплата, руб.
1	Радиомонтажник	12,98	8	25	2596
2	Слесарь 3 разр.	13,44	8	25	2688
	Итого:				5284

6.8. Основная заработная плата производственных рабочих:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар}} \cdot (1 + K_{\text{пр}}) = 5284 \cdot (1 + 35/100) = 7133,4 \text{ руб.} \quad (6.6)$$

Где  $Z_{\text{тар}}$  - зарплата исполнителей с тарифной оплатой труда;

$K_{\text{пр}}$  - премии и доплаты, связанные с работой на производстве.

6.9. Дополнительная заработная плата производственных рабочих:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{выпл}} = 7133,4 \cdot 0,16 = 1141,34 \text{ руб.} \quad (6.7)$$

Где  $K_{\text{выпл}}$  - выплаты и доплаты, не связанные с работой на производстве.

6.10. Суммарная затрата исполнителей:

$$Z_{\text{исп}} = Z_{\text{итр}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 43905 + 7133,4 + 1141,34 = 52179,74 \text{ руб.} \quad (6.8)$$

6.11. Отчисления на социальные нужды:

$$C_{\text{соц}} = Z_{\text{исп}} \cdot K_{\text{соц}} = 52179,74 \cdot 0,365 = 19045,61 \text{ руб.} \quad (6.9)$$

6.12. Количество затраченной электроэнергии:

$$Q_{\text{эл}} = N \cdot K_{\text{исп}} \cdot n \cdot g \cdot D, \quad (6.10)$$

где  $N$  - установочная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{исп}}$  - коэффициент использования оборудования

$n$  - число параллельных экспериментов;

$g$  - продолжительность рабочего дня;

$D$  - число дней работы оборудования.

Для осциллографа:

$$Q_{\text{эл}} = N \cdot K_{\text{исп}} \cdot n \cdot g \cdot D = 0,12 \cdot 0,95 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 4 = 10,94 \text{ кВтч}$$

6.13. Затраты на электроэнергию найдем по формуле:

$$C_{\text{эл}} = Q_{\text{эл}} \cdot C_{\text{эл}} \quad (6.11)$$

где  $Q_{\text{эл}}$  - затраченная электроэнергия, кВт/ч;

$C_{\text{эл}}$  - 1 руб. - цена 1 кВт/ч энергии.

Для осциллографа:

$$C_{\text{эл}} = Q_{\text{эл}} \cdot C_{\text{эл}} = 10,94 \cdot 1 = 10,94 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.5.

Таблица 6.5. Затраты на силовую электроэнергию

№	Наименование оборудования	N, кВт/ч	K <sub>имп</sub>	n	g, час	Д, дни	Q <sub>эл</sub> , кВт/ч	C <sub>эл</sub> , руб.
1	осциллограф С1-64	0,12	0,95	3	8	4	10,94	10,94
2	частотомер ЧЗ-54	0,11	0,95	3	8	4	10,03	10,03
3	вольтметр ВЗ-59	0,03	0,95	3	8	4	2,74	2,74
4	генератор Г5-53	0,06	0,95	3	8	4	5,47	5,47
5	паяльник	0,04	0,8	1	8	8	1,02	1,02
Итого:							30,2	30,2

6.14. Расчет накладных расчетов:

$$C_{\text{накл}} = Z_{\text{исп}} \cdot K_{\text{накл}} = 52179,74 \cdot 0,6 = 31307,84 \text{ руб.} \quad (6.12)$$

6.15. Действительный годовой фонд работы оборудования:

$$F_{\text{год}} = (366 - \text{П} - \text{В}) \cdot g \cdot S \cdot K_{\text{заг}} - N_{\text{пр.пр}} = (366 - 7 - 104) \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,85 - 6 = 1728 \text{ ч.} \quad (6.13)$$

где S - количество смен.

6.16. амортизационные отчисления:

$$C_{\text{ам}} = (C_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot \sum t_{\text{м}}) / (F_{\text{об}} \cdot 100) \quad (6.14)$$

где  $\sum t_{\text{м}} = t_{\text{м}} \cdot n_{\text{эксп}}$ ;

C<sub>об</sub> - первоначальная стоимость оборудования;

N<sub>а</sub> - норма амортизации

n<sub>эксп</sub> - количество экспериментов.

для осциллографа:

$$C_{\text{ам}} = (C_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot \sum t_{\text{м}}) / (F_{\text{об}} \cdot 100) = (6200 \cdot 13 \cdot 32 \cdot 3) / (1728 \cdot 100) = 44,77$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.6.

Таблица 6.6. Расчет амортизации отчислений

№	Наименование оборудования	C <sub>об</sub> , руб.	N <sub>а</sub> , %	q, часы	Д, дни	F <sub>год</sub> , часы	C <sub>ам</sub> , руб.
1	осциллограф С1-73	6200	13	8	4	1712,4	44,77
2	частотомер ЧЗ-67	4000	13	8	4	1712,4	43,33
3	вольтметр ВЗ-59	15000	13	8	4	1712,4	108,33
4	генератор ГЗ-112	10000	13	8	4	1712,4	72,22
Итого:							268,64

6.17. Масса основных материалов:

$$m_i = S_i \cdot b_i \cdot \rho_i, \quad (6.15)$$

где  $S_i$  - площадь материала,  $m^2$ ;

$b_i$  - толщина материала, м;

$\rho_i$  - плотность материала,  $кг/м^3$

$$m_T = 0,37 \cdot 0,002 \cdot 1400 = 1,04кг;$$

6.18. Затраты на основные материалы

$$S_{осн} = \sum \Pi_i \cdot m_i \quad (6.16)$$

где  $\Pi_i$  - цена  $i$ -го материала за 1 кг;

$m_i$ - масса  $i$  - го материала.

Расшифровка затрат на основные материалы приведена в таблице 6.7.

Таблица 6.7. Затраты на основные материалы

№	Наименование материала	Марка, размер	ГОСТ, ТУ	Расход, кг	Оптовая цена за 1 кг	Сумма, руб.
1	текстолит	КАСТ - В	10292-62	1,04	80	24
2	припой	ПОС-40	1499-70	1	100	100
3	хлорное железо	-	1191113-73	0,2	50	10
	Итого:					134

6.19. Стоимость основных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов:

$$C_{осн} = S_{осн} \cdot (1 + K_{тз.осн}) = 388,2 \cdot (1 + 0,12) = 434,78 \text{ руб.}, \quad (6.17)$$

где  $S_{осн}$  - стоимость основных материалов руб.

$K_{тз.осн}$  - коэффициент транспортно-заготовительных расходов на основные материалы.

6.20. затраты на покупные материалы сведены таблице 6.8.

Таблица 6.8. Затраты на покупные материалы

Наименование изделия	Тип, марка	ГОСТ, ТУ	Кол-во, шт.	Цена за 1 шт., руб	Стоимость всего $\sum_i$ , руб.	Обоснование
1	2	3	4	5	6	7
Резисторы	МЛТ-0,25-82 Ом 10%	ОЖО 467.105ТУ	1	1	1	Оптовая
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		1	1	1	
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		1	1	1	
	МЛТ-0,25-82 Ом 10%		2	1	2	

	МЛТ-0,25-82 Ом 10%		2	1	2
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		2	1	2
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		2	1	2
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		2	1	2
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		2	1	2
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		1	1	1
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		2	1	2
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		1	1	1
	МЛТ-0,25-82 кОм 10%		1	1	1
Диоды	ДЭД	ТУ 16-729.104-81	4	3	12
Конденсаторы	К10-17-25В-1мкф 10%	ОЖО, 464.157 ТУ	2	10	20
	К10-17-25В-0,1мкф 10%		2	7	14
	К10-17-25В-7,5мкф 10%		2	10	20
	К10-17-25В-35мкф 10%		3	5	15
Транзисторы	КТ904		1	10	10
	КТ405		1	2	2
	КТ315		8	1	8
Трансформаторы	Тпп -2-3-127/200-50		1	100	100
Индикаторы	АЛ320		1	5	5
Микросхемы	К176ИЕ4		3	8	24
	К176ЛА7		2	6	12
Итого:					262

6.21. Стоимость покупных комплектующих изделий с учетом транспортно-заготовительных расходов:

$$C_{\text{компл}} = S_{\text{компл}} \cdot (1 + K_{\text{тэ.компл}}) = 500 \cdot (1 + 0,04) = 645,84 \text{ руб.} \quad (6.18)$$

где  $S_{\text{компл}}$  - стоимость покупных комплектующих изделий, руб.,

$K_{\text{тэ.компл}}$  - коэффициент транспортно-заготовительных расходов на покупные комплектующие.

6.22. Результаты расчета затрат на НИР

Результаты расчета затрат на НИР представлены в таблице 6.9.

Таблица 6.9. Затраты НИР по разработке и созданию электронного устройства зондирования водоема - эхолота

№	Наименование статей затрат	Абсолютная величина затрат, руб.	Удельный вес, %
1	Заработная плата исполнителей	52179,79	50,29
2	Отчисления на социальные нужды	19045,61	18,36
3	Затраты на основные материалы	150,8	0,21
4	Затраты на комплектующие	645,84	0,88

5	Затраты на электроэнергию	32,2	0,03
6	Накладные расходы	31307,84	30,17
7	Амортизационные отчисления	268,65	0,08
	Итого:	103628,68	100

Проведенный расчет затрат показал, что общая сумма затрат на НИР по разработке и созданию электронного эхолота составляет 103628,68 руб. Наибольший удельный вес имеет заработная плата исполнителей.

#### 6.23.1 Анализ затрат экономической эффективности инновационного проекта

Исходные данные:

объем партии - А2 - 500шт.;

коэффициент рентабельности -  $K_p = 0,2$ ;

цена оптовая на одно изделие -  $C_{\text{опт.уд.}} = 1000$ руб.

Расчетные данные

переменные затраты на НИОКР

$$Z_{\text{пер.н.}} = C_{\text{осн}} + C_{\text{ком}} + Z_{\text{исп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл}} \quad (6.19)$$

$$Z_{\text{пер.н.}} = C_{\text{осн}} + C_{\text{ком}} + Z_{\text{исп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл}} = 150,8 + 645,84 + 52179,74 + 19045,61 + 30,2 = 72052,19 \text{руб.}$$

Постоянные затраты на НИОКР:

$$Z_{\text{пост.н.}} = C_{\text{ам}} + C_{\text{накл.}} \quad (6.20)$$

$$Z_{\text{пост.н.}} = C_{\text{ам}} + C_{\text{накл.}} = 268056 + 31307,84 = 31576,4 \text{руб.}$$

Полная себестоимость на разработку изделия:

$$C_{\text{полн.н.}} = Z_{\text{пер.н.}} + Z_{\text{пост.н.}} = 103628,59 \text{руб.} \quad (6.21)$$

Полная себестоимость одного изделия:

$$C_{\text{полн.уд.}} = C_{\text{полн.н.}} \cdot (1 + K_p) \quad (6.22)$$

Отсюда

$$C_{\text{полн.уд.}} = C_{\text{полн.н.}} / 1,2 = 1000 / 1,2 = 833,33 \text{руб.} \quad (6.23)$$

Переменные затраты на производство одного изделия:

$$Z_{\text{пер.уд.}} = (C_{\text{полн.уд.}} / C_{\text{полн.н.}}) \cdot Z_{\text{пер.н.}} = 573,9 \text{руб.} \quad (6.24)$$

Постоянные затраты на производство одного изделия:

$$Z_{\text{пост.уд.}} = (C_{\text{полн.уд.}} / C_{\text{полн.н.}}) \cdot Z_{\text{пост.н.}} = 253,9 \text{руб.} \quad (6.25)$$

Переменные затраты на производство всей партии:

$$Z_{\text{пер.}} = Z_{\text{пер.уд.}} \cdot A_2 = 581,2 \cdot 500 = 289700 \text{ руб.} \quad (6.26)$$

Постоянные затраты на производство всей партии:

$$Z_{\text{пост.}} = Z_{\text{пост.уд.}} \cdot A_2 = 253,9 \cdot 500 = 126950 \text{ руб.} \quad (6.27)$$

Полная себестоимость на всю партию:

$$C_{\text{полн.}} = C_{\text{полн.уд.}} \cdot A_2 = 833,33 \cdot 500 = 416665 \text{ руб.} \quad (6.28)$$

Выручка:

$$\text{Выр.} = \Pi_{\text{опт.уд.}} \cdot A_2 = 1000 \cdot 500 = 500 \text{ тыс. руб.} \quad (6.29)$$

Критический объем производства и реализации продукции:

$$A_{\text{кр.}} = Z_{\text{пост.}} / (\Pi_{\text{опт.уд.}} - Z_{\text{пер.уд.}}) = 300 \text{ шт.} \quad (6.30)$$

6.23.2. Расчет показателей экономической эффективности инновационного проекта.

Расчет экономической эффективности инновационного проекта проводим за 5 лет, разбивая годовую программу пяти лет на одинаковые интервалы и учитывая, что годовая программа первого года больше критического объема производства.

Оптовая цена единицы изделия:  $\Pi_{\text{опт.уд.}} = 1000$  руб.

Выручка:

$$\text{Выр.} = \Pi_{\text{опт.уд.}} \cdot A_2 = 1000 \cdot 350 = 350 \text{ тыс. руб.} \quad (6.31)$$

Где  $A_2$  - годовая программа на первый год.

Переменные затраты на производство всей партии:

$$Z_{\text{пер.}} = Z_{\text{пер.уд.}} \cdot A_2 = 0,5794 \cdot 350 = 202,7 \text{ т. руб.} \quad (6.32)$$

Амортизационные отчисления:

$$C_{\text{ам.}} = C_{\text{ам.н.}} \cdot Z_{\text{пост.уд.}} \cdot A_2 / Z_{\text{пост.н.}} = 0,268 \cdot 0,253 \cdot 350 / 31,576 = 0,756 \text{ т. руб.} \quad (6.33)$$

Где  $C_{\text{ам.н.}}$  - амортизационные отчисления на НИОКР.

Постоянные затраты на производство всей партии:

$$Z_{\text{пост.}} = Z_{\text{пост.уд.}} \cdot A_2 - C_{\text{ам.}} = 88,11 \text{ т. руб.} \quad (6.35)$$

Полная себестоимость на всю партию:



$$C_{\text{полн.}} = Z_{\text{пер.}} + Z_{\text{пост.}} + C_{\text{ам}} \quad (6.35)$$

Для первого года :

$$C_{\text{полн.}} = 291,65 \text{ т. р.}$$

Прибыль до налогов:

$$P_{\text{до.нал.}} = \text{Выр.} - C_{\text{полн.}} \quad (6.36)$$

Для первого года:

$$P_{\text{до.нал.}} = 58,35 \text{ т.р.}$$

Налог на прибыль:

$$\text{Нал.} = 0,24 \cdot P_{\text{до.нал.}} \quad (6.37)$$

Для первого года:

$$\text{Нал.} = (0,24 \cdot 58,35) \cdot 10^3 = 14 \text{ т.р.}$$

Прибыль чистая:

$$P_{\text{чист}} = P_{\text{до.нал.}} - \text{Нал.} \quad (6.38)$$

Для первого года:

$$P_{\text{чист}} = 58,35 - 14 = 44,34 \text{ т.р.}$$

Чистый поток денег:

$$\text{ЧД} = P_{\text{чист.}} + C_{\text{ам.}} \quad (6.39)$$

Для первого года:

$$\text{ЧД} = 44,34 + 0,756 = 45,1 \text{ т.р.}$$

Коэффициент дисконтирования:

$$\alpha = 1/(1+K_p)^n \quad (6.40)$$

Где n - соответствующий год.

Для первого года:

$$\alpha = 1/(1+0,2)^1 = 0,83$$

Чистый дисконтированный поток реальных денег:

$$\text{ЧД}\alpha = \text{ЧД} \cdot \alpha \quad (6.41)$$

Для первого года:

$$\text{ЧД}\alpha = 45,1 \cdot 10^3 \cdot 0,83 = 37,43 \text{ т.р.}$$

Далее вычисляется сумма чистого дисконтированного потока реальных денег за пять лет  $\sum ЧД_{at}$

Индекс рентабельности:

$$JD = \sum ЧД_{at} / K \quad (6.42)$$

Где K - капитальные вложения.

Задаем  $JD > 1$  с целью получения экономически эффективного инновационного проекта. Задаем  $JD = 1,2$ .

Отсюда:

$$K = \sum ЧД_{at} / JD = 162,86 / 1,2 = 135,7 \text{ т.р.}$$

Чистый дисконтированный доход:

$$ЧДД = \sum ЧД_{at} - K = 162,86 - 135,7 = 27,16 \text{ т.р.} \quad (6.43)$$

6.23.3 проводим расчет по формулам (6.40) - (6.43) для  $K_{p2} = 0,26$  и  $K_{p3} = 0,28$ .

6.23.4 Внутренняя норма доходности:

$$ВНД = K_{p1} + \Delta \text{ВНД}$$

Где  $\Delta \text{ВНД} = ЧДД \cdot (K_{p3} - K_{p1}) / (\sum ЧД_{at1} - \sum ЧД_{at3}) = 27,16 \cdot (0,28 - 0,2) / 162,86 - 136,51 = 0,082$

$$ВНД = 0,2 + 0,082 = 0,28$$

ВНД 28% являются верхним пределом банковской процентной ставки, по которому предприятие может оплатить кредит. Результаты расчета сведены в таблицу 6.10.

Таблица 6.10. Показатели экономической эффективности инновационного проекта

№	Наименование показателей	Годы					
		0	1	2	3	4	5
1	А2, шт		350	400	450	480	500
2	Ц <sub>опт</sub> , руб.	1000					
3	Выручка, т.р.		350	400	450	480	500
4	З <sub>пер</sub> , т.р.		202,79	231,76	260,73	278,11	289,7
5	С <sub>ам</sub> , т.р.		0,75	0,86	0,96	1,03	1,07
6	З <sub>пост</sub> , т.р.		88,1	100,34	112,33	120,41	125,43
7	С <sub>полн</sub> , т.р.		291,66	332,96	374,68	399,5	416,2
8	Прибыль т.р.		58,3	67,04	75,3	80,5	83,8
9	Налог на прибыль т.р.		14	16,08	18,07	19,32	20,1
10	Прибыль чистая т.р.		44,3	50,96	57,26	61,18	63,7
11	ЧД т.р.		45,1	51,8	58,2	62,21	64,7
12	$\alpha_{t1}$ , при $K_{p1}=0,2$		0,83	0,69	0,58	0,48	0,4
	$\alpha_{t2}$ , при $K_{p1}=0,26$		0,79	0,63	0,5	0,4	0,32
	$\alpha_{t3}$ , при $K_{p1}=0,28$		0,78	0,61	0,48	0,37	0,29

13	ЧД $\alpha_1$ , т.р.		37,49	35,76	33,77	30	25,90
	ЧД $\alpha_2$ , т.р.		35,63	32,63	29,1	24,88	20,70
	ЧД $\alpha_3$ , т.р.		35,20	31,60	27,93	23,02	18,76
14	$\Sigma$ ЧД $\alpha_1$ , т.р.	162,86					
	$\Sigma$ ЧД $\alpha_2$ , т.р.	142,94					
	$\Sigma$ ЧД $\alpha_3$ , т.р.	136,51					
15	К $_1$ , т.р.	135,7					
	К $_2$ , т.р.	119,1					
	К $_3$ , т.р.	113,7					
16	ЧДД $_1$ , т.р.	27,16					
	ЧДД $_2$ , т.р.	23,84					
	ЧДД $_3$ , т.р.	22,76					

## **6.2 Вывод**

Расчет показал, что проект экономически эффективен, так как ЧДД  $> 0$ .

При сравнении нескольких вариантов инновационный проект считается экономически более эффективным тот, у которого ЧДД наибольший. Индекс рентабельности  $> 1$ , это свидетельствует о том, что инновационный проект будет находиться в зоне прибыли. ВНД = 28% является верхним признаком производственной ставки, по которому предприятие может оплатить кредит.

Срок окупаемости инновационного проекта меньше чем у базового.

## **7 Заключение**

В работе была разработана конструкция и устройство электронного устройства для зондирования водоема - эхолота. Произведен анализ и расчет принципиальной электрической схемы, пьезокерамического преобразователя, его тип, материал, конструкция и схема замещения. Описана технология изготовления печатной платы и акустического излучателя – датчика и разводка и сборочный чертеж печатной платы и акустического излучателя - датчика.

В ходе проекта произведен экономический расчет затрат на научно - исследовательскую работу по разработке и созданию электронного эхолота. Рассмотрены опасные и вредные факторы, возникающие при изготовлении печатной платы.

Разработанное устройство обладает следующими техническими характеристиками:

Рабочая частота - 200кГц;

"Мертвая зона" электронного устройства - 0,1 м;

Диапазон измерения глубины - 0,1 - 50 м;

напряжение питания - 9В.

## 8 Литература

- 1 Расчет и проектирование антенн гидроакустических рыбопоисковых станций, Орлов Л.В., Шабров А.А., издательство "Пищевая промышленность", 1974. -278 с.
- 2 Свердлин Г.М. Гидроакустические преобразователи и антенны: учебник. - 2-е издание, переработанное и дополненное - Л.: Судостроение, 1988. -200с., ил.
- 3 Орлов Л.В., Шабров А.А. Гидроакустическая аппаратура рыбопромыслового флота. - Л.: Судостроение, 1987. - 224 с.
- 4 Ультразвук. Маленькая энциклопедия. Главный редактор И.П. Голямина. - М.: "Советская энциклопедия", 1979. -400 с, ил.
- 5 Резисторы: Справочник / И.И. Четвертков, В.М. Терехов и др. М.: Радио и связь, 1991. -496 с., ил.
- 6 Электронно - технические материалы: Справочник / В.Б. Березин, Н.С. Прохоров, Г.А. Рыков и др. М.: Энергоатомиздат, 3-е издание, переработанное и дополненное, 1983. -503 с., ил.
- 7 Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1982. -496 с., ил.
- 8 Диоды: Справочник / О.П. Григорьев, В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, С.Л. Пожидаев. - М.: Радио и связь, 1990. -336 с., ил. - (Массовая радиобиблиотека. Вып, 1158).
- 9 Диоды: Справочник / А.В. Голомедов, Б.А. Бородин, В.В. Кондратьев, и др. М.: Радио и связь, 1985. -400 с., ил.
- 10 Охрана труда в машиностроении: учебник для машиностроительных вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Белянцев и др.; Под редакцией Е.Я. Юдина, С.В. Белова - 2-издание, переработанное и дополненное - М.: Машиностроение, 1983. -432 с., ил.
- 11 Конденсаторы: Справочник / И.И. Четвертаков, М.Н. Дьяконов, В.И. Присняков и др.: Под редакцией И.И Четвертакова, М.Н. Дьяконова. - М.: Радио и связь, 1993. -392 с., ил.
- 12 Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С.В. Якубовский и др. - М.: Радио и связь, 1989. -496 с., ил.
- 13 Разработка и оформление конструкторской документации РЭА : Справочник / Э.Г. Романичева, А.К. Иванова, А.С. Куников, и др.; Под редакцией Э.Г. Романичевой. - 2-е издание, переработанное и дополненное - М.: Радио и связь, 1989. -448 с., ил.

- 14 Фрукшин Г.Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры: Учебник для радиотехнич. спец. вузов. - 5-е издание., переработанное и дополненное. - М.: Высшая школа, 1989. -563 с., ил.
- 15 Малогабаритные трансформаторы и дроссели: Справочник / И.Н. Сидоров, В.В. Мукосеев, А.А. Христинин. - М.: Радио и связь, 1985. -416 с., ил.
- 16 Внутренние санитарно - технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б.В. Баркова, Н.Н. Павлова, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. -4-е издание., переработанное и дополненное. - М.: Стройиздат, 1992. -416 с.: ил. -(Справочник проектировщика).