

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

А.Ю. Артамонов

«__»_____ 2019 года

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Н.И. Войтович

«__»_____ 2019 года

ТЕМА выпускной квалификационной работы «Разработка переносного
устройства измерителя коэффициента разнотимости»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ЮУрГУ-11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ

Консультанты

Начальник КБ-23, ОКБ

Д.В. Мадудин

«__»_____ 2019 года

Научный руководитель:

А.Б. Хашимов

«__»_____ 2019 года

Доцент кафедры КиПР

НИУ ЮУрГУ

Б.В. Жданов

«__»_____ 2019 года

Автор работы

студент группы КЭ - 224

Т.Ф. Гайнуллин

«__»_____ 2019 года

Нормоконтроллер

Е.М. Юнгайтис

«__»_____ 2019 года

АННОТАЦИЯ

Гайнуллин Т.Ф. Разработка переносного измерителя коэффициента разнослышимости. – Челябинск: ЮУрГУ, КЭ-224, 2019, 68 с., 33 ил., библиогр. список –11 наим., 3 прил., 2 листа формата А2, 4 листа формата А4.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке переносного измерителя информационного параметра посадочной радиомаячной группы (ПРМГ) – коэффициента разнослышимости (КРС).

В ходе выполнения работы были рассмотрены существующие аналоги данного прибора формата ILS, рассмотрены современные способы построения приборов измерения информационных параметров систем посадки, разработана функциональная и электрическая принципиальная схемы прибора, разработаны технические требования на разработку печатных плат и корпуса прибора.

11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Гайнуллин Т.Ф.			Разработка переносного устройства измерителя коэффициента разнослышимости	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Мадудин Д.В.					2	68
Н. Контр.		Юнгайтис Е.М.				<i>ЮУрГУ Кафедра КиПР</i>		
Утверд.		Войтович Н.И.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ	8
1.1 Назначение УКЗ	8
1.2 Назначение ИКР	9
1.2.1 Входные сигналы и их назначение	9
1.2.2 Выходные сигналы и их назначение.....	11
1.3 Функциональные аналоги разрабатываемого устройства.....	12
1.3.1 Прибор контроля сигналов посадки КСП-2010.....	13
1.3.2 Анализатор сигналов посадки и навигации ILS, VOR АСПН-1..	14
1.3.3 NORMARC 7710 NAV Analyzer.....	16
1.3.4 Анализаторы сигналов «Analyzer 2700».....	18
2 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ	22
3 ПОДБОР УЗЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ	28
3.1 Выбор приемника.....	28
3.1.1 Детекторный АМ - приемник	28
3.1.2 Приемник прямого усиления.....	30
3.1.3 Приемник прямого преобразования.....	31
3.1.4 Супергетеродинные приемники	32
3.2 Выбор арифметико-логического устройства	34
3.2.1 Микроконтроллер Atmega128-16AI.....	35
3.2.2 Микроконтроллер 1887BE7T.....	36
3.3 Выбор аккумуляторов.....	37
3.3.1 Свинцово-кислотные аккумуляторы (SLA)	38
3.3.2 Никель-кадмиевые аккумуляторы (NiCd)	39
3.3.3 Никель - металлгидридные аккумуляторы (NiMH)	41
3.3.4 Литий-ионные аккумуляторы (Li-Ion).....	43
4 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ.....	47
4.1 Блок антенны	47
4.2 Полосовой фильтр.....	47
4.2.1 ЖИГ фильтр.....	48
4.2.2 Фильтр ПАВ	49
4.3 Детектор ВЧ.....	51
4.4 Разработка схемы НЧ фильтров	54
4.5 Разработка схемы сравнения	61

4.6	Разработка схемы счета и индикации	62
4.7	Источник питания	63
5	ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОРПУСУ ПУ-ИКР	65
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	67
	ПРИЛОЖЕНИЕ А ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ПУ-ИКР	69
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПУ-ИКР	70
	ПРИЛОЖЕНИЕ В ПОДДОН ПУ-ИКР	71

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						4
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на аэродромах государственной авиации, и аэродромах совместного базирования для захода на посадку воздушных судов (ВС) оборудованных системой типа РСБН-2С, используются курсовые и глиссадные радиомаяки посадочной радиомаячной группы типа ПРМГ-5 (ПРМГ-76У, ПРМГ-76УМ).

Диапазон частот работы радиомаяков типа ПРМГ перекрывается с диапазонами международного распределения сотовой связи и телевидения. Поэтому по мере развития телекоммуникационных компаний все сложнее становится обеспечить удовлетворительный уровень сигналов навигации.

Одним из возможных путей решения возникающих проблем является переход в разрешенный диапазон частот, свободный от сотовой связи и телевидения.

В 2018 г. на АО «ЧРЗ «Полет» началась разработка двухчастотного ПРМГ-76УМ-1, работающего как в старом частотном диапазоне (ретранслятор дальногомера (РД): 804-804 МГц; курсового радиомаяка (КРМ): 927,5-932,4 МГц; глиссадного радиомаяка (ГРМ): 962,0-966,9 МГц), так и в новом (РД: 981,6-986,5 МГц; КРМ: 990,0-994,9 МГц) частотном диапазоне.

Разработка изделия ПРМГ-76УМ-1 это совершенствование (модернизация) серийно выпускаемого ПРМГ-76УМ.

Посадочная радиомаячная группа состоит из дальномерного, курсового и глиссадного радиомаяков. Аппаратура радиомаяков имеет резерв 100%, за исключением антенных систем и контрольной аппаратуры, которые являются общими для обоих комплектов. По принципу работы КРМ и ГРМ являются радиомаяками с нулевой зоной. Антенными системами в пространстве формируются попеременно две диаграммы излучения. Одна диаграмма создается несущей частотой, модулированной по амплитуде сигналом типа меандр частотой 2100 Гц, другая создается той же несущей частотой, модулированной по

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>5</i>

амплитуде сигналом типа меандр с частотой 1300 Гц. Перекрытие диаграмм обеспечивает получение равносигнального направления (РСН) – линии, вдоль которой амплитуды сигналов 2100 Гц и 1300 Гц равны.

Например, допуски на параметры глиссады составляют порядка 0,075 угла глиссады (примерно 10 угловых минут). Для обеспечения столь точных характеристик необходимо иметь системы непрерывного (внутреннего) и периодического (внешнего) контроля.

Периодический (внешний) контроль осуществляется посредством летной проверки специализированными воздушными судами-лабораториями. Во время летной проверки контролируются такие информативные параметры как угол и сектор глиссады, положение линии курса и сектор курса. Летные проверки производятся 2 раза в год, а в процессе эксплуатации эти параметры контролируются постоянно.

В настоящее время в системы посадки метрового диапазона в отличие от систем дециметрового диапазона обладают аппаратурой помогающей в настройке выходных сигналов курсовых и глиссадных радиомаяков. Так в ПРМГ-76УМ осуществляется настройка изделия по сигналам, получаемым от контрольно-выносных пунктов курсового и глиссадного радиомаяков.

Для более точной настройки выходных параметров ПРМГ и уменьшения затрат на проведения летных проверок необходимо разработать прибор позволяющий измерять КРС и уровень сигнала курсового и глиссадного радиомаяков

Цели работы заключаются в следующем:

а) проанализировать существующие современные технические решения по контролю распределения электромагнитного поля систем посадки и систем навигации;

б) выбрать функциональное решение для разрабатываемого устройства измерителя коэффициента разноточности;

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

в) разработать электрическую схему переносного измерителя коэффициента разнотонности.

Для достижения целей выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи:

- определить какое из функциональных решений оптимально.
- определить возможность проектирования устройства с максимальным использованием элементной базы разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники.

Для решения первой задачи необходимо построить минимально необходимую (по количеству узлов) функциональную схему устройства для дальнейшего разбора ее по составляющим. И провести перекрестный анализ существующих функциональных решений входящих структурных блоков.

Для решения второй задачи при разработке устройства будет использован перечень ЭРБ разрешенной в военной технике за 2018 год [2].

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

В данной дипломной работе необходимо разработать переносное устройство функциональным аналогом, которому являются существующая связка стационарных устройств УКЗ+ИКР. Приведем их технические характеристики, а также рассмотрим устройства, которые могли бы быть функциональным или полным аналогом существующего устройства. Это и будет отправной точкой для разработки. Во вновь разрабатываемом устройстве необходимо повторить характеристики стационарной аппаратуры, для корректной проверки характеристик системы посадки в удалении от антенных систем (дистанционно).

1.1 Назначение УКЗ

УКЗ предназначено для приема, детектирования и усиления сигналов курсового и глиссидного радиомаяков дециметрового диапазона.

Низкочастотные сигналы, содержащие информацию о параметрах посадочного сигнала, с выхода УКЗ поступают на измерительную аппаратуру ИКР.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>8</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Назначение ИКР

ИКР должен измерять коэффициент разнослышимости сигналов, поступающих на контакты 7А и 7С разъема СНПЗ4С-46/132х9,4Р-22-В. При этом ИКР должен синхронизироваться сигналом 12,5 Гц.

Абсолютная погрешность измерения КРС для значения КРС=0% в диапазоне рабочих температур не должна превышать $\pm 0,5\%$ КРС.

ИКР транслирует значение КРС на панель индикации и управления (ПИУ) шкафа радиомаяка и обеспечивает допусковой контроль, выдачу аварийных сигналов при отклонении КРС от заданных норм.

1.2.1 Входные сигналы и их назначение

Контакты 7А и 7С «УКЗ “0”» и «УКЗ “S”» – сигналы, поступающие с выносных антенн. Данные сигналы используются для обработки и вычисления КРС.

Контакт 9А «КРМ 1 к» – данный сигнал имеет разные значения, в зависимости от того в каком комплекте курсового радиомаяка работает ИКР. В 1-ом комплекте сигнал «КРМ 1к» равен нулю, во 2-ом комплекте сигнал «КРМ 1к» – логической единице.

Необходимость наличия данного сигнала объясняется следующим:

- в сигнале “S”, поступающем с правой выносной антенны КРМ на вход 7С («УКЗ “S”») ИКР 2-го комплекта шкафа ДКРМ всегда преобладает (т.е. имеет большую амплитуду) частота 1300 Гц, а при таком соотношении сигналов ИКР формирует для сигнала “S” знак «плюс». В данном случае и далее под терминами «правый» и «левый» понимаются стороны для наблюдателя, смотрящего в том же направлении, что и пилот садящегося самолета (ГОСТ 15827-70, п.2.1.1.3).

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- в сигнале “S”, поступающем с левой выносной антенны КРМ на ИКР 1-го комплекта шкафа ДКРМ, всегда преобладает частота 2100 Гц, а при таком соотношении сигналов ИКР формирует для сигнала “S” знак «минус».

Если же на вход 7С («УКЗ “S”») платы ИКР поступит сигнал “S” с неверным соотношением частот 1300 и 2100 Гц, то ИКР должен выдать аварийный сигнал «Авария УКЗ» для того комплекта (1к или 2к), в котором этот ИКР установлен.

Также сигналы “S”, поступающие на входы 7С («УКЗ “S”») обеих плат ИКР в ГРМ, тоже всегда имеют однозначный характер преобладания одной из частот модуляции: частота 2100 Гц всегда преобладает, следовательно, ИКР всегда должен формировать для сигнала “S” знак «+». Если же по каким-либо причинам на вход 7С («УКЗ “S”») ИКР в шкафу ГРМ поступит сигнал “S” с преобладанием частоты 1300 Гц, то ИКР должен выдать сигнал «Авария УКЗ» по соответствующему комплекту.

Контакт 13А «КРМ/ГРМ» – данный сигнал показывает в КРМ или в ГРМ работает плата ИКР. Это необходимо для того, чтобы микроконтроллер верно выдавал сигналы аварии или снижения категории, т.к. допуски параметров КРС для КРМ и ГРМ различны.

Кроме того, в режиме «ГРМ» этот сигнал однозначно определяет разрешенный знак сигнала «УКЗ “S”». Этот сигнал должен иметь знак «+», что означает преобладание сигнала частоты 2100 Гц.

Контакты 17С и 19С «12,5 Гц 1 к» и «12,5 Гц 2 к» – данные сигналы служат для синхронизации. С такой частотой следуют пакеты сигналов 1300 Гц и 2100 Гц.

Контакт 21А «Работа/Настр» – данный сигнал управляет включением режимов РАБОТА/ НАСТРОЙКА: «1» = РАБОТА, «0» = НАСТРОЙКА.

Контакт 21С «Работа 1 к» определяет какой комплект шкафа ГРМ (или КРМ) является основным, а какой – резервным: если «Работа 1к» = «1», то основным (т.е. работает на излучение) является 1-й комплект, если «Работа 1к» =

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

«0», то основным является 2-й комплект. В режиме «РАБОТА» от значения сигнала 21С «Работа 1к» зависит выбор сигнала синхронизации «12,5 Гц 1к» или «12,5 Гц 2к» при обработке сигналов посадки в ИКР.

Контакты 17А и 19А «RxD CPU» и «TxD CPU» – линии обмена информацией ИКР с панелью индикации и управления (ПИУ). Они предназначены для индикации КРС на ПИУ.

Контакты 35А и 35С «+ 27 В» – питание платы ИКР, постоянное напряжение 27 ± 3 В.

Контакты 41А и 41С «Шлейф ИКР» – данные контакты соединены перемычкой и предназначены для сигнализации о подключении ИКР к данному разъему.

1.2.2 Выходные сигналы и их назначение

Контакт 27А «Снижен. кат.» – данный сигнал формируется:

- 1) при отклонении «0» КРМ за пределы $(0,0 \pm 2,4)$ % КРС, что эквивалентно отклонению линии курса на ± 7 м от оси ВПП;
- 2) при отклонении крутизны характеристики ГРМ за пределы $(30 \pm 6,0)$ %КРС, что эквивалентно отклонению крутизны ГРМ на $\pm 20\%$ от установленного значения при КРС=30% в точке контроля.

Контакт 27С «Авария УКЗ» – данный сигнал формируется:

- 1) в случае неисправности УКЗ;
- 3) при отсутствии сигнала посадки;
- 4) при отсутствии в сигнале посадки одной из модулирующих частот;
- 5) при наличии на входе ИКР 1-го комплекта КРМ КРС «S» с положительным знаком (т.е. с преобладанием 2100 Гц), на входе ИКР 2-го комплекта КРМ КРС «S» с отрицательным знаком (т.е. с преобладанием 1300 Гц);

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ					

б) при наличии на входе ИКР (это справедливо и для 1-го, и для 2-го комплекта шкафа ГРМ) сигнала «S» с отрицательным знаком КРС (т.е. с преобладанием 1300 Гц).

Контакт 29А «Авария “0”» – данный сигнал формируется:

1) при отклонении «0» КРМ за пределы $(0,0 \pm 3,3)\%$ КРС, что эквивалентно отклонению курса на $\pm 10,5\text{м}$ от оси ВПП;

2) при отклонении «0» ГРМ за пределы $(0,0 \pm 10,5)\%$ КРС, что эквивалентно отклонению линии глиссады на $\pm 0,075 \theta$.

Контакт 29С «Авария “S”» – данный сигнал формируется:

1) при отклонении крутизны характеристики КРМ за пределы $(30 \pm 5,1)\%$ КРС, что эквивалентно отклонению крутизны характеристики КРС на 17% от установленного значения при КРС=30% в точке контроля;

2) при отклонении крутизны характеристики ГРМ за пределы $(30 \pm 10,5)\%$, что эквивалентно отклонению крутизны ГРМ на 35% от установленного значения при КРС=30% в точке контроля.

Контакт 31А «Авария ИКР» – данный сигнал формируется при отсутствии обмена информацией между микроконтроллерами, т.е. при неисправности самого ИКР.

1.3 Функциональные аналоги разрабатываемого устройства.

В настоящее время для контроля и проверки работы радиоаппаратуры в части формирования радионавигационных сигналов систем посадок метрового диапазона используются такие приборы как:

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>12</i>

1.3.1 Прибор контроля сигналов посадки КСП-2010

Прибор предназначен для измерения сигналов курсового и глиссадного радиомаяков системы посадки и навигации формируемых системой посадки ILS, и сигналов, излучаемых азимутальным радиомаяком системы VOR



Рисунок 1 – Общий вид КСП-2010

Таблица 1 – Технические характеристики КСП-2010

Параметр	Курс	Глиссада
Диапазон принимаемых рабочих частот	(108,10 – 111,95) МГц	от 328,6 МГц до 335,4 МГц
Ширина частотного канала	50 кГц	50 кГц
Динамический диапазон входного сигнала	(от -80 до 0) дБм	(от -70 до 0) дБм
Диапазон измерения РГМ	0-40 %	0-80 %
Погрешность измерения РГМ	0,1 % + 1,5 % *А	0,15 % + 2,0 % *А
Диапазон измерения СГМ	0-95%	0-95%
Погрешность измерения СГМ	0,1 % + 1,5 %*А	1 % + 2 %*А

Параметр	Курс	Глиссада
Погрешность измерения модулирующей частоты 90 Гц	Не более 0,1 Гц	Не более 0,1 Гц
Погрешность измерения модулирующей частоты 150 Гц	Не более 0,1 Гц	Не более 0,1 Гц
Погрешность измерения модулирующей частоты 1020 Гц	Не более 10 Гц	-
Номинальное сопротивление входа	50 Ом	

Рабочие условия эксплуатации:

- 1) Рабочая температура: от 263 до 313 К (от минус 10 до плюс 40°C).
- 2) Эксплуатация прибора при относительной влажности воздуха не более 98% и температуре не выше 298 К (25°C)
атмосферное давление не менее $6 \cdot 10^4$ Па (450 мм рт. ст.).
- 3) Питание прибора от сети (220±22) В частотой (50,0±2,5) Гц
Или от встроенной аккумуляторной батареи
- 4) Мощность, потребляемая от сети, не более 30 Вт
- 5) Время автономной работы, не менее 3 ч.

1.3.2 Анализатор сигналов посадки и навигации ILS, VOR АСПН-1

АСПН-1 предназначен для измерения параметров сигналов курсового и глиссадного радиомаяков системы посадки и навигации с международным форматом сигналов ILS и азимутального радиомаяка с форматом сигнала VOR.

Применяются для проведения настройки, технического обслуживания, ремонта и контроля качества навигационного оборудования.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

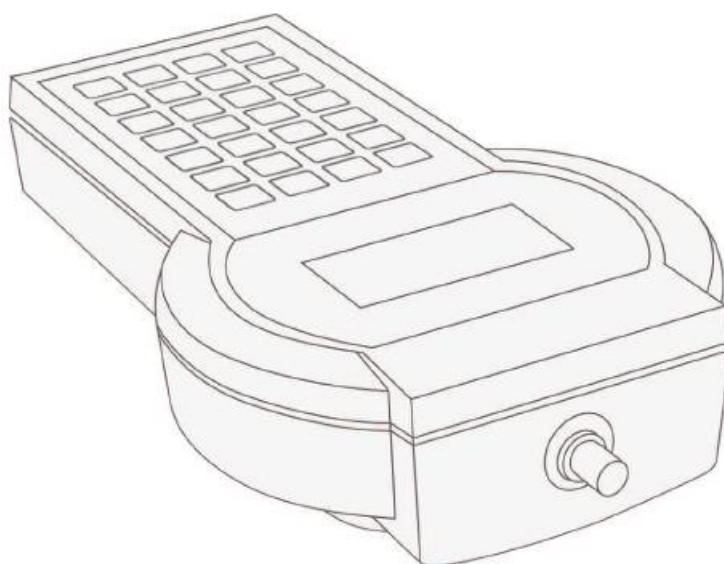


Рисунок 2 – Общий вид АСПН-1

Принцип действия анализатора основан на преобразовании частоты встроенным супергетеродинным измерительным приемником, калибруемым от внутреннего калибратора, действующего по принципу прямого цифрового синтеза.

Конструктивно анализатор оформлен в виде портативного прибора из прочного пластмассового материала. На лицевой стороне прибора размещается табло цифрового индикатора, а под ним плоская панель управления. Имеет входной разъем для подключения ВЧ сигнала, разъем питания и разъем USB для связи с компьютером.

Таблица 2 – Технические характеристики АСПН-1

Параметр	Курс	Глиссада
Диапазон принимаемых рабочих частот	(108,10 – 111,95) МГц	от 329,15 МГц до 334,85 МГц
Динамический диапазон входного сигнала	(от -75 до 5) дБм	(от -75 до 5) дБм
Диапазон измерения РГМ	0-40 %	0-80 %
Погрешность измерения РГМ	0,02 % + 0,008 % * А	0,03 % + 0,008 % * А

Параметр	Курс	Глиссада
Диапазон измерения СГМ	0-95%	0-95%
Погрешность измерения СГМ	0,1 % + 0,005 % *А	0,2 % + 0,005 % *А
Погрешность измерения модулирующей частоты 90 Гц	2,3 Гц	2,3 Гц
Погрешность измерения модулирующей частоты 150 Гц	3,8 Гц	3,8 Гц
КСВН входа	Не более 1,3	Не более 1,4
Номинальное сопротивление входа	50 Ом	

Рабочие условия эксплуатации:

- 1) рабочая температура: от 263 К до 313 К (от минус 10°С до плюс 40°С);
- 2) эксплуатация прибора при относительной влажности воздуха не более 93% и температуре не выше 298 К (25°С), атмосферное давление · 10⁵ Па;
- 3) питание прибора от сети (100 – 240) В частотой (50±12) Гц, Или от встроенной аккумуляторной батареи (12–15) В;
- 4) мощность, потребляемая от сети, не более 30 Вт;
- 5) наработка на отказ не менее 10 000 ч.

1.3.3 NORMARC 7710 NAV Analyzer

Анализатор NORMARC 7710 NAV это портативное устройство с батарейным питанием, атмосферостойкое, для использования на улице, в автомобиле, внутри помещений. Используется для настройки, проверки и записи параметров ILS (курс, глиссада, маркерный маяк) и наземных систем VOR

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

согласно ИКАО 8071. Позволяет, измерят сигналы ILS/VOR, при этом каналы выбираются без каких-либо модификаций и изменения оборудования.

Принцип действия анализатора основан на архитектуре микропроцессора/контроллера, оснащённого цифровой обработкой сигналов и функцией хранения.

Полный контроль анализатора возможен с пульта управления или с использованием сетевых технологий. Пользовательский интерфейс представляет собой графический дисплей (GUI) с функциональными клавишами



Рисунок 3 – Общий вид NORMARC 7710 NAV

Таблица 3 – Технические характеристики NORMARC 7710 NAV

Параметр	Курс	Глиссада
Диапазон принимаемых рабочих частот	(108,1 – 111,95) МГц	(328,6 – 335,4) МГц
Ширина частотного канала	50 кГц	150 кГц
Динамический диапазон	(от -80 до 0) дБм	(от -70 до 5) дБм

Параметр	Курс	Глиссада
входного сигнала		
Диапазон измерения РГМ	0-40 %	0-80 %
Погрешность измерения РГМ	0,07 %	0,15 %
Диапазон измерения СГМ	0-95%	0-95%
Погрешность измерения СГМ	0,5 %	1,0 %
Номинальное сопротивление входа	50 Ом	

Рабочие условия эксплуатации:

- 1) Рабочая температура: от 263 до 323 К (от минус 10 до плюс 50°С).
- 2) Эксплуатация прибора при относительной влажности воздуха не более 93% и температуре не выше 298 К (25°С)
атмосферное давление: 10^5 Па.
- 3) Питание прибора от сети (110 – 240) В частотой (50±12) Гц
Или от встроенной аккумуляторной батареи (10,8–30,0) В
- 4) Мощность, потребляемая от сети, не более 30 Вт
- 5) Нарботка на отказ не менее 10 000 ч.

1.3.4 Анализаторы сигналов «Analyzer 2700»

Анализаторы предназначены для измерений параметров сигнала форматов ILS, VOR/DVOR, Маркер.

Функционально анализатор состоит из приемника и тестового генератора.

Принцип действия анализатора при измерении параметров сигналов формата ILS, VOR/DVOR, Маркер основан на методе последовательного анализа спектра с использованием быстрого преобразования Фурье. При большом уровне входного сигнала для его ослабления в составе приемника имеется аттенюатор.

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ					

Конструктивно анализатор выполнен в прочном компактном корпусе для работы в лабораторных и полевых условиях. На передней панели корпуса расположен цветной жидкокристаллический дисплей. На верхней панели расположены входной и выходной высокочастотные разъемы, разъем для подключения внешнего источника питания.

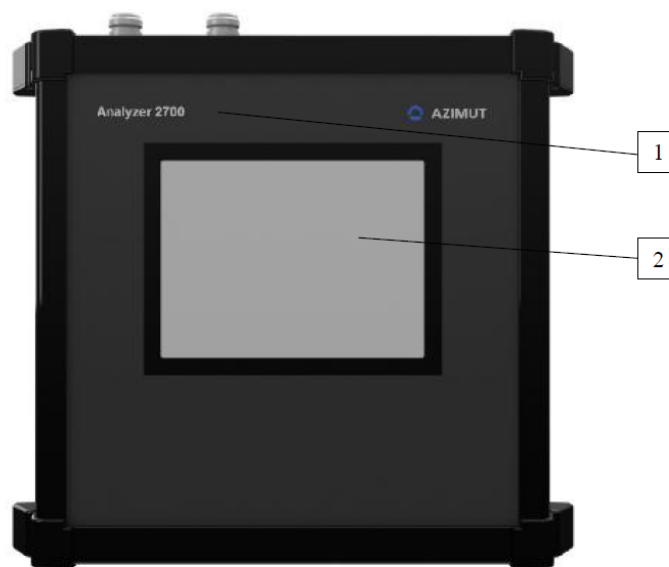
Режимы работы анализатора: параметры входных и выходных сигналов задаются с помощью клавиатуры сенсорной панели на цветном жидкокристаллическом дисплее или внешнего манипулятора типа «мышь».

Результаты измерений отображаются на цветном жидкокристаллическом дисплее.

Для выполнения измерений в комплект поставки входит комплект измерительных кабелей.

Анализаторы могут применяться для настройки и обслуживания радиомаяков системы ILS, VOR, Маркер, в том числе в составе автоматизированных измерительных стендов.

Внешний вид анализаторов с указанием места нанесения знака утверждения типа, представлен на рисунках 4,5.



- 1 – место нанесения знака утверждения типа
- 2 – цветной жидкокристаллический дисплей

Рисунок 4 – Внешний вид анализаторов. Вид спереди

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>19</i>



1 – разъем для подключения внешнего манипулятора типа «мышь»
 2 – разъем для подключения адаптера переменного/постоянного тока напряжением 24 В

Рисунок 5 – Внешний вид анализаторов. Панель верхняя

Таблица 4 – Технические характеристики

Параметр	Курс	Глиссада
Диапазон принимаемых рабочих частот	(108,0 – 112,0) МГц	(328,5 – 335,5) МГц
Динамический диапазон входного сигнала	(от -80 до 10) дБм	(от -80 до 10) дБм
Диапазон измерения РГМ	0-50 %	0-90 %
Погрешность измерения РГМ	0,03 % + 0,008 % * А	0,03 % + 0,008 % * А
Диапазон измерения СГМ	0-50%	0-90%
Погрешность измерения СГМ	0,1 % + 0,005 % *А	0,2 % + 0,005 % *А
Погрешность измерения модулирующей частоты 90/150 Гц	1,5 Гц	1,5 Гц
Номинальное сопротивление входа	50 Ом	

Рабочие условия эксплуатации:

- 1) рабочая температура: от 278 К до 313 К (от плюс 5°С до плюс 40°С);
- 2) эксплуатация прибора при относительной влажности воздуха не более 80% и температуре не выше 298 К (25°С);

- 3) атмосферное давление от 84кПа до 106.7кПа
(от 630 мм рт.ст. до 800 мм рт.ст.);
- 4) питание прибора от сети (110 – 240) В частотой (50±12) Гц,
от аккумуляторной батареи (24±1) В;
- 5) время автономной работы, не менее 4 ч;
- 6) мощность, потребляемая от сети , не более 40 Вт;
- 7) наработка на отказ не менее 10 000 ч.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>21</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

2 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Рассмотрев все характеристики и функциональные особенности, можно приступать к разработке функциональной схемы переносного устройства-измерителя коэффициента разнотональности (ПУ-ИКР).

При разработке необходимо учесть особенности принимаемого сигнала.

Так при перекрытии диаграмм курсового (глицсадного) радиомаяка образуется линия вдоль которой амплитуды сигналов 1300 Гц и 2100 Гц равны.

Для КРМ эта линия называется линией курса, причем по одну сторону от линии курса преобладает напряженность поля одной диаграммы, а по другую сторону – другой диаграммы. Справа от линии курса, в направлении захода на посадку, преобладает сигнал, модулированный частотой 1300 Гц, а слева – частотой 2100 Гц. Диаграммы, поясняющие принцип формирования равносигнального направления курсового радиомаяка приведены на рисунке 6. На рисунке:

- а) показано формирование лепестка с модулирующей частотой 2100 Гц;
- б) показано формирование лепестка с модулирующей частотой 1300 Гц;
- в) показано, что пересечение сигналов с модулирующими частотами 1300 и 2100 Гц, в местах, где их амплитуды равны друг другу, дает равносигнальное направление.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

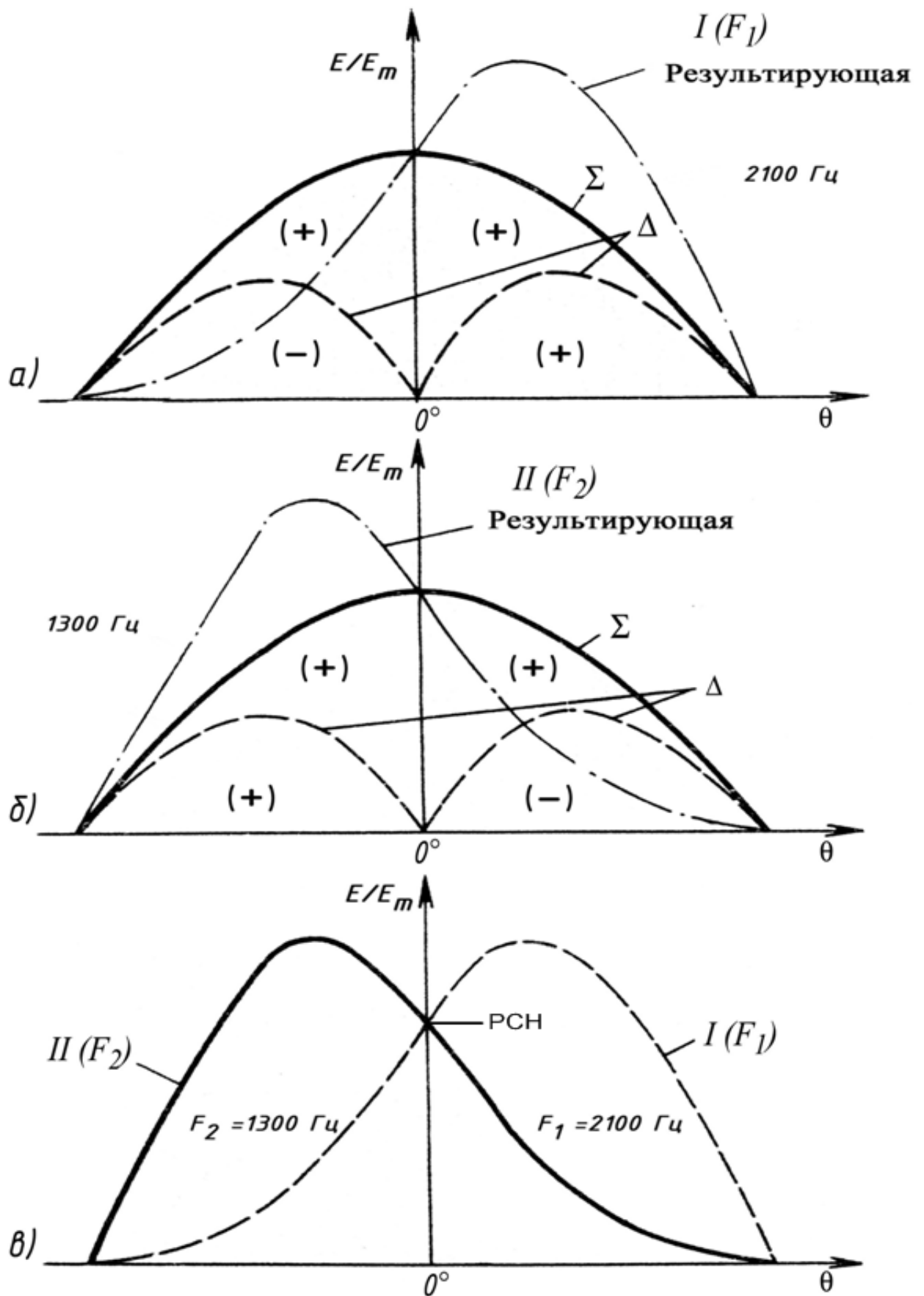


Рисунок 6 – Принцип формирования РСН КРМ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ

Лист

23

Для ГРМ эта линия называется линией глissады, причем выше линии глissады преобладает напряженность поля одной диаграммы, а ниже – другой диаграммы. Выше линии глissады преобладает сигнал, модулированный частотой 1300 Гц, а ниже – 2100 Гц. Диаграммы, поясняющие принцип формирования равносигнального направления глissадного радиомаяка приведены на рисунке 7.

На рисунке:

- а) показано формирование лепестка с модулирующей частотой 2100 Гц;
- б) показано формирование лепестка с модулирующей частотой 1300 Гц;
- в) показано, что пересечение сигналов с модулирующими частотами 1300 и 2100 Гц, в местах, где их амплитуды равны друг другу, дает равносигнальное направление.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						24
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

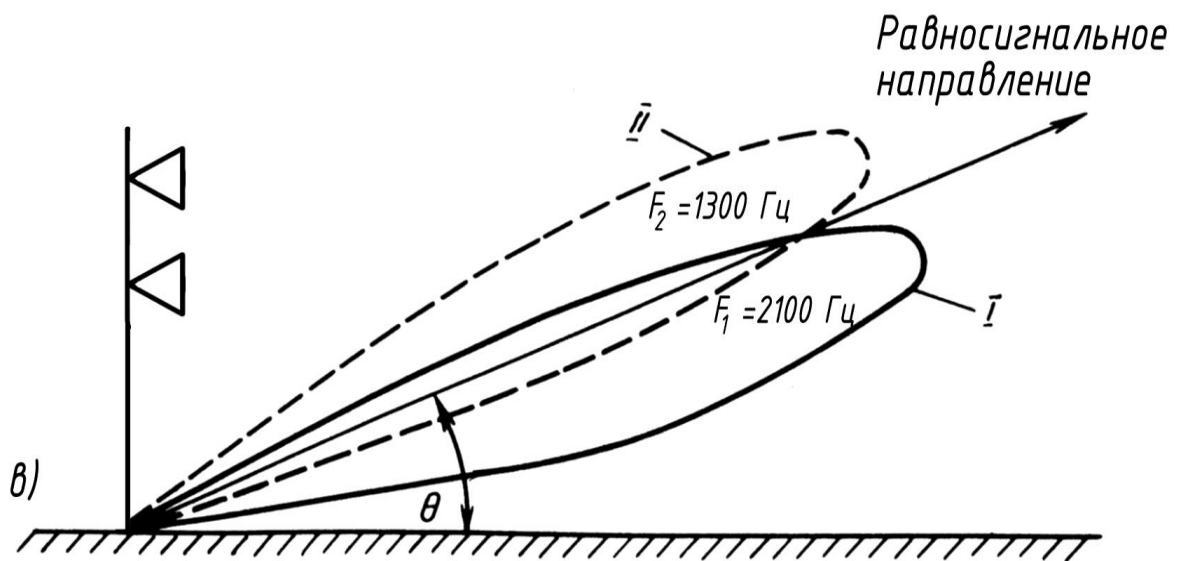
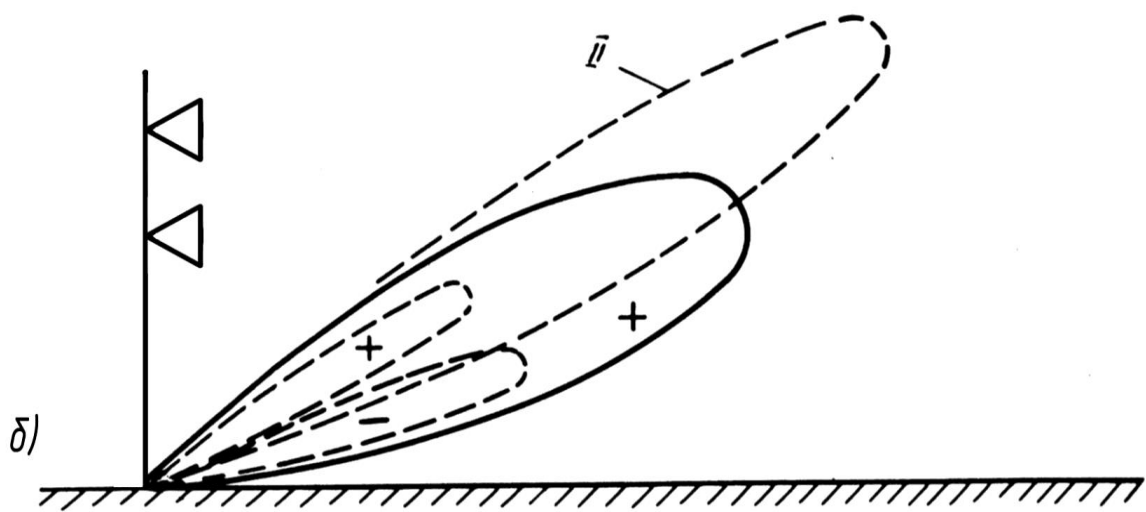
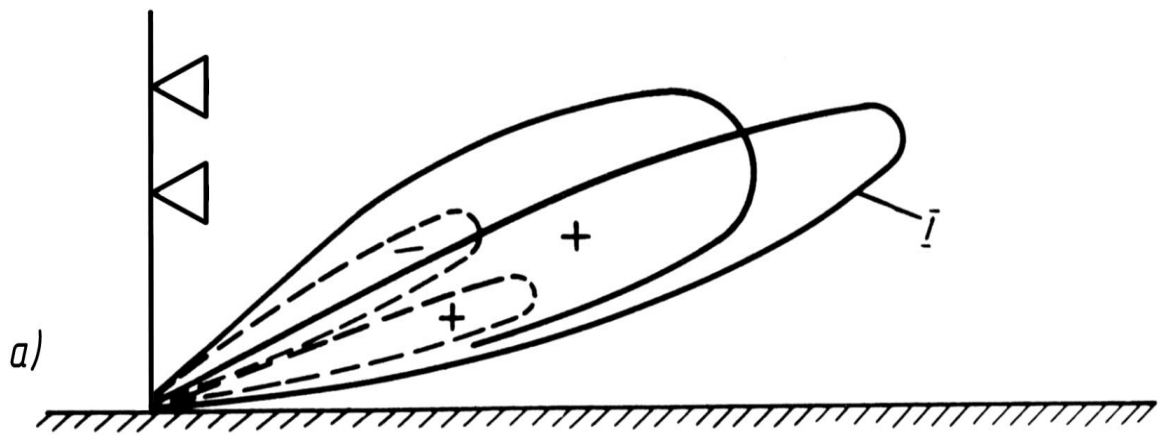


Рисунок 7 – Принцип формирования РСН ГРМ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ

Лист

25

Сравнение амплитуд сигналов обеспечивает указание на борту воздушного судна линий курса и глissады, а также стороны и величины отклонения от них в зоне действия радиомаяков.

Форма сигнала излучаемого антенными системами радиомаяков показана на рисунке 8. Высокочастотный сигнал промодулирован пачками низкочастотных сигналов типа меандр частотой 1300 и 2100 Гц. Длительность каждой пачки составляет 35 мс, а пауза между пачками – 5 мс. Один период излучения равен 80 мс, что соответствует частоте 12,5 Гц.

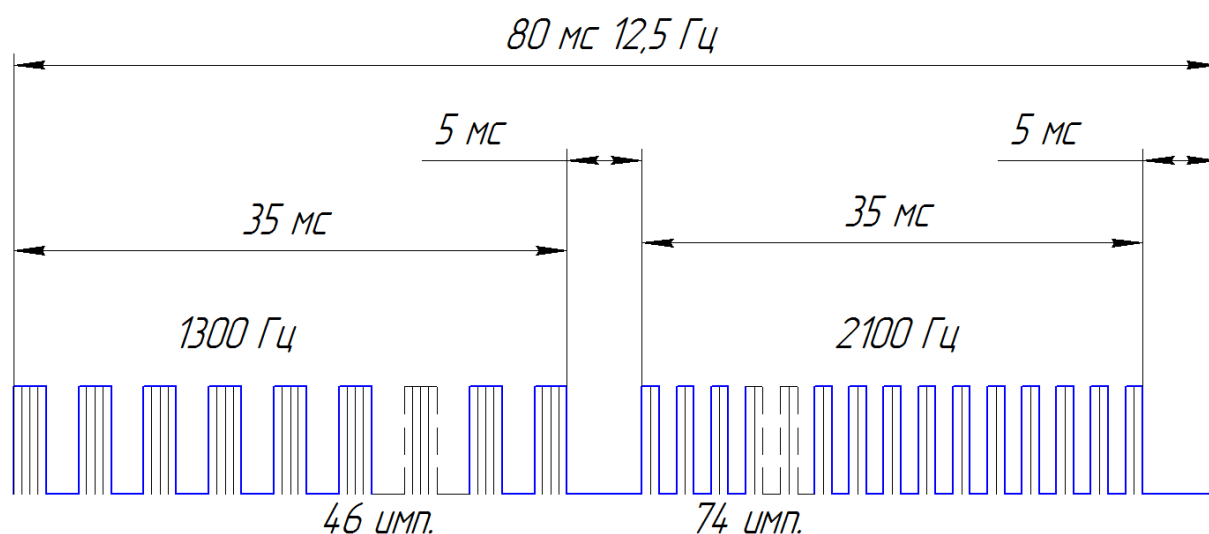


Рисунок 8 – Форма сигналов излучаемых антеннами

Далее, излучаемый сигнал принимается контрольными выносными антеннами. Затем сигнал проходит через преселектор, в котором отфильтровываются другие высокочастотные сигналы, и поступает на вход УКЗ. В УКЗ сигнал проходит через полосовой фильтр, детектируется и усиливается до амплитуды $(1,5 \pm 0,5)$ В. Низкочастотные сигналы с выхода УКЗ поступают на ИКР для измерения КРС.

Приступая к разработке функциональной схемы, обобщим данные представленные выше. Первое, существует радиосигнал, который необходимо принять. Любой радиосигнал принимают с помощью антенны, поэтому первым блоком будет антенна.

Второе, получив высокочастотный сигнал его необходимо обработать и преобразовать в сигнал низкой частоты, с которым далее можно будет работать, следующее устройство приемник.

Третье, арифметико-логической устройство (АЛУ), позволит получить искомые параметры из преобразованного сигнала.

Четвертое, источник питания, так как все устройство необходимо обеспечить напряжением питания.

На рисунке приведена блок-схема разрабатываемого устройства.

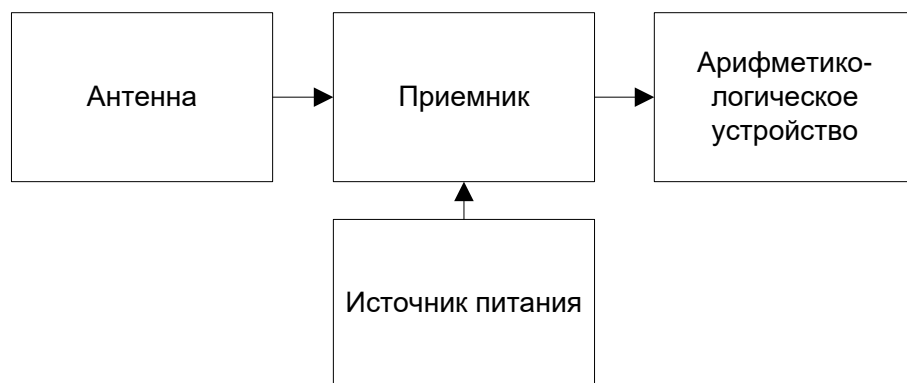


Рисунок 9 – Функциональная блок-схема устройства

Для обработки сигнала используем аналого-цифровой преобразователь, так же в АЛУ входит дисплей с выводом данных КРС и функции управления ПУ-ИКР. АЛУ состоит из блоков изображенных на рисунке 10.

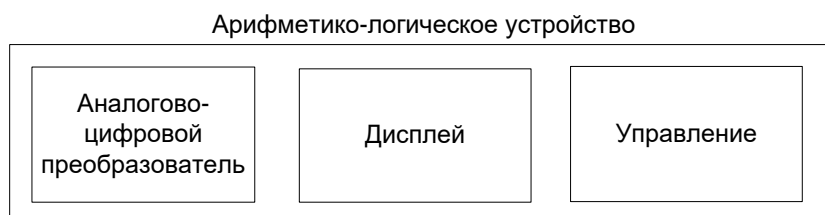


Рисунок 10 – Функциональная блок-схема АЛУ

3 ПОДБОР УЗЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

3.1 Выбор приемника

Рассмотрим классически приемники ВЧ сигналов:

- 1) Детекторный приемник
- 2) Приемник прямого усиления
- 3) Приемник прямого преобразования
- 4) Супергетеродинный приемник

3.1.1 Детекторный АМ - приемник

Одним из базовых типов ВЧ - приемника является детекторный приемник сигналов с амплитудной модуляцией (АМ - приемник). Информация, подобная речи или музыке, может быть преобразована в амплитудно-модулированный сигнал, передаваемый на несущей частоте. Такой ВЧ - сигнал может быть демодулирован на стороне приемника с помощью простого диодного детектора. Все, что необходимо для построения базового АМ - приемника — это антенна, ВЧ - фильтр, детектор и усилитель для увеличения уровня полезного сигнала. Функциональная схема представлена ниже

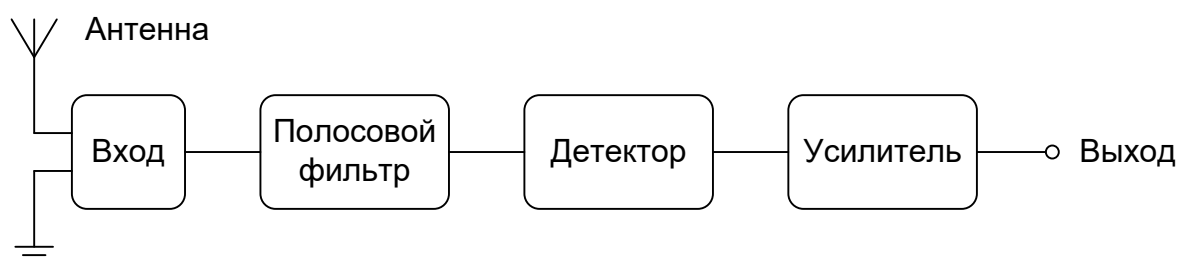


Рисунок 11 – Функциональная схема АМ - приемника

Антенна, которая является емкостной на частотах, используемых для радиовещания, последовательно согласована с катушкой индуктивности для повышения тока, что увеличивает напряжение на вторичной катушке до

максимального уровня. Можно использовать фильтр на переменной емкости для выбора нужной полосы частот и блокировки нежелательных сигналов, таких как шум. Отфильтрованный сигнал затем преобразуется для демодуляции АМ - сигнала и восстановления полезной информации.

Представлена принципиальная схема АМ - приемника.

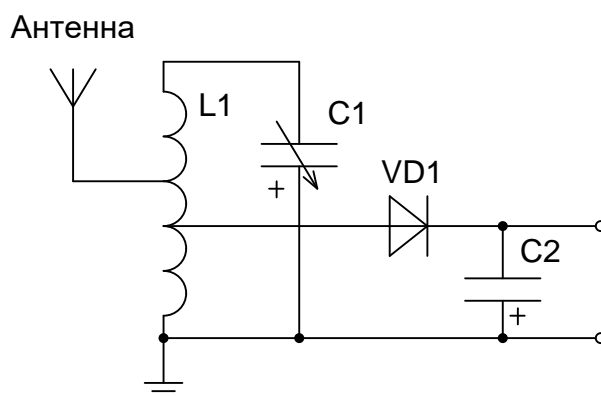


Рисунок 12 – Принципиальная схема АМ - приемника

В качестве детектора используется диод. В случае простого АМ-приемника детекторный диод работает как полуволновой выпрямитель, который преобразует (или выпрямляет) принятый переменный сигнал в постоянный путем блокировки отрицательной или положительной полуволны сигнала.



Рисунок 13 – Схема полуволнового выпрямителя

В детекторном приемнике несущая АМ-частота вызывает резонанс в цепи колебательного контура, состоящего из катушки индуктивности и переменного конденсатора. Сигнал после детектирования либо аналоговый, либо цифровой, в зависимости от первоначального вида информации, использованного для модулирования несущей частоты.

Оконечным каскадом типового детекторного АМ - приемника является усилитель, который обеспечивает необходимый уровень сигнала для

прослушивающего устройства, такого как телефонная трубка или громкоговоритель.

Недостаток такого приемника величина коэффициента передачи по мощности из-за ограничений АМ - схем. При приеме сигнала АМ-приемник с полуволновым выпрямлением формирует верхнюю и нижнюю боковые полосы частот, из-за этого мощность сигнала на каждую частоту уменьшается в 2 раза.

3.1.2 Приемник прямого усиления

Приемник прямого усиления, состоит из ВЧ каскада, который настраивается на принимаемую частоту перед детектированием, и усилением. ВЧ каскад состоит из полосового фильтра, в качестве которого могут выступать LC-контур, ПАВ - фильтр или диэлектрический резонаторный фильтр, а также усилителя ВЧ сигнала.

Оконечным каскадом схемы является комбинация диодного выпрямителя и НЧ усилителя, известная как сеточный детектор. В отличие от других архитектур, в данной схеме нет преобразования частоты входных сигналов. Поэтому в таком приемнике не генерируются сигналы зеркального канала, обычные для других видов приемников, которые используют частотные смесители, например, супергетеродинных приемников.

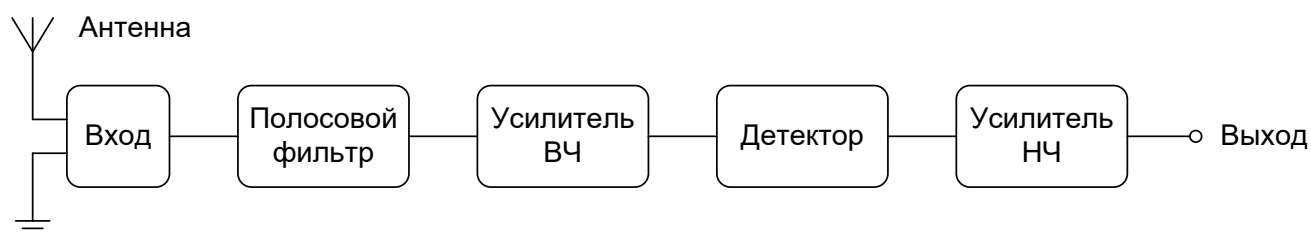


Рисунок 14 – Блок-схема приемника прямого усиления

Добавление каждого каскада LC-фильтра — усилителя в приемнике прямого усиления увеличивает общую избирательность. Отрицательная сторона — то, что каждый такой каскад должен быть индивидуально настроен на нужную частоту. Это не только трудно реализовать, но также означает, что полоса приема увеличивается с частотой.

$$\Delta f = \frac{F_y}{Q} \quad (1)$$

Если показатель Q (добротность) схемы равен 50 на нижней границе AM-диапазона, скажем 550 кГц, то полоса пропускания приемника будет 550/50, или 11 кГц, т.е. это вполне приемлемое значение. Однако на верхней границе AM-спектра, например, 1650 кГц, полоса пропускания увеличивается до 1650/50, или 33 кГц.

В результате избирательность приемника прямого усиления не является постоянной величиной: на низких частотах она выше, а на высоких частотах — ниже. Такие отклонения избирательности могут вызывать нежелательные осцилляции и режимы в настроенных каскадах. Кроме того, усиление не является постоянным в полосе настройки.

3.1.3 Приемник прямого преобразования

В работе приемника прямого преобразования входной высокочастотный сигнал, преобразуется в низкую частоту за счет преобразования частоты в смесителе благодаря гетеродинному сигналу. Гетеродинный сигнал выбирается, отталкиваясь от принимаемого сигнала. В идеальном случае сигнал гетеродина по частоте равен ему.

В случае равенности частоты опорного сигнала гетеродина и входного. Приемник принято называть гомодинной архитектурой (синхронной), тогда промежуточная частота формируемая смесителем близка к нулю. В другом случае, когда частоты различны, приемник признано называть гетеродинным.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>31</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Рассмотрим функциональную схему такого приемника.

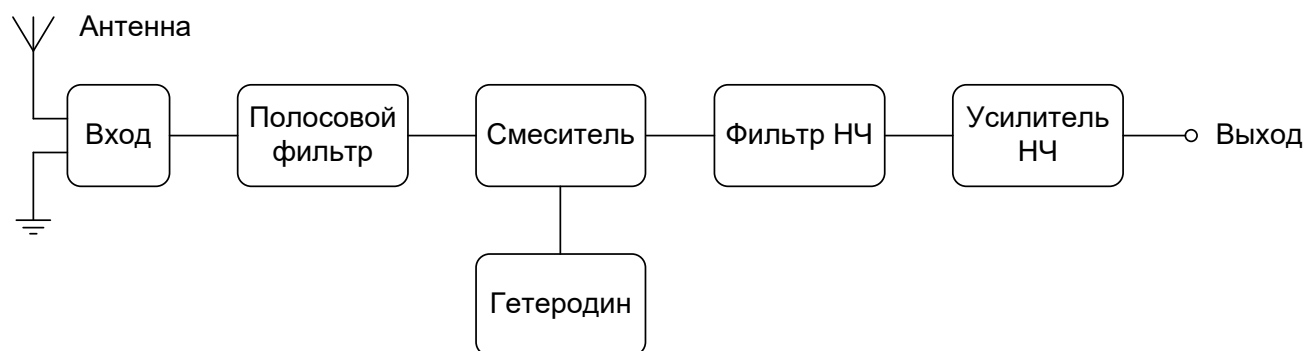


Рисунок 15 – Блок-схема приемника прямого преобразования

Так настройка гетеродина на частоту близкую к входной, становится очень легко выделить нужный сигнал ведь остальные частоты полученные в результате смешивания двух сигналов уходят в область высоких частот, которые просто отфильтровать ФНЧ включенным после смесителя.

Недостатком приемников прямого преобразования является их восприимчивость к различным источникам шума при постоянном токе, что приводит к формированию постоянного смещения. Причиной возникновения нежелательных сигналов обычно является рассогласование импеданса усилителя и смесителя.

3.1.4 Супергетеродинные приемники

В отличие от сравнительно простой схемы приемника прямого преобразования, супергетеродинный приемник, как правило, содержит несколько каскадов преобразования частоты, которые, в свою очередь, содержат фильтры, усилители, смесители и гетеродины. Такая архитектура приемника обеспечивает превосходную избирательность и чувствительность. В отличие от приемника прямого преобразования, в котором частоты гетеродина синхронизированы с частотой входного ВЧ - сигнала, супергетеродинный приемник использует частоту гетеродина, которая смещена на фиксированную величину относительно

частоты полезного сигнала. Такое смещение частоты позволяет получить промежуточную частоту, сгенерированную путем смешивания сигнала гетеродина с ВЧ - сигналом с помощью нелинейного устройства — диодного или FET-смесителя.

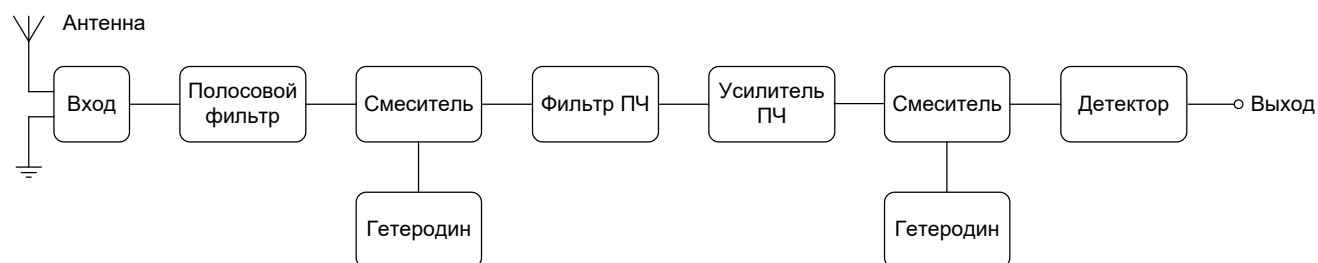


Рисунок16 – Блок-схема супергетеродинного приемника

В качестве гетеродина часто используется синхронный генератор, управляемый напряжением (ГУН), работающий в диапазоне частот преобразования входного ВЧ - сигнала в сигнал ПЧ. В последнее время для генерирования сигналов гетеродина в беспроводных приемниках используется и ряд других методов стабилизации частоты, включая прямой цифровой синтез (direct - digital - synthesis — DDS), а также применение аналоговых синтезаторов с дробным (fractional - N) и целочисленным (integer - N) коэффициентом деления. Любой метод построения гетеродина должен обеспечивать необходимый частотный диапазон сигналов с возможностью ступенчатого повышения частоты в полосе частот системных каналов. Гетеродин должен обеспечивать достаточную мощность сигнала, подаваемого на смеситель. В некоторых случаях на выходе гетеродина включают буферный усилитель, который обеспечивает уровень выходного сигнала, достаточный для компенсации потерь на преобразование в смесителе. При разработке портативных устройств, следует тщательно выбирать источник питания и учитывать потребляемую мощность гетеродина.

Вывод:

Из предложенных вариантов остановим свой выбор на приемнике прямого усиления исходя из следующих свойств:

Несмотря на то, что такие приемники имеют ряд недостатков по сравнению с гетеродинным приемником они более энергоэффективны что важно для переносного устройства, работающего от батарей, так для супергетеродинного необходимо иметь генератор ВЧ для смесителя который должен постоянно работать и потреблять некоторое количество энергии. Так же в супергетеродинный приемник входит 3 типа усилителей усилитель ВЧ ПЧ и НЧ в отличие от приемника прямого усиления, в котором отсутствует усилитель ПЧ и НЧ, что так же поднимает энергоэффективность данного решения. Одним из недостатков такого решения будет уменьшение чувствительности устройства на удалении от антенных систем.

3.2 Выбор арифметико-логического устройства

Основным в АЛУ является аналого-цифровой преобразователь (АЦП) задача которого преобразовывать аналоговый сигнал в цифровой код для последующей обработки. Рассмотрим два возможных варианта реализации АЦП в устройстве.

1) Внешний АЦП.

Представляет собой отдельное устройство, предназначенное для преобразования аналогового сигнала в цифровой код, так для разрабатываемого ПУ-ИКР необходимо обработать 2 входных сигнала частотами 1300 Гц и 2100 Гц. Для этого необходимо использовать 2 АЦП.

2) Встроенный АЦП.

На рынке электронных компонентов определённая ниша отведена микроконтроллерам. Применение микроконтроллера для разработки ПУ-ИКР будет оптимальным решением, так как микроконтроллер имеет встроенный АЦП.

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ

Также с помощью данной микросхемы имеем возможность вывода данных на световую индикацию, а также возможность управлением разрабатываемым устройством

Рассмотрим микроконтроллер, применяемый в действующем устройстве ИКР.

Atmega128-16AI ее технические характеристики приведены ниже.

3.2.1 Микроконтроллер Atmega128-16AI

ATmega128 микроконтроллер изготовлен по КМОП технологии.

Отличается низким энергопотреблением и высокой скоростью работы за счет модифицированной архитектуры AVR RISC, порядка 16 млн. Операций в секунду.

Отличительные особенности:

- Является 8-ми разрядным микроконтроллером
- 133 различных инструкций большинство из них выполняется за 1 машинный цикл.
- 32 регистра общего назначения также регистры встроенной периферии
- Так же присутствует умножающее устройство, которому необходимо 2 машинных цикла
- Энергонезависимая память 128 кБ, количество циклов перезаписи (запись/стирание) которой составляет 1000
- так же присутствует внутрисистемное программирование
- встроенное ОЗУ и ЭСППЗУ объемом 4 кБ и циклами перезаписи 100000
- связь с внешним запоминающим устройством возможно по 8-битной шине с ограничением минимального объема 64 кБ

Периферия микроконтроллера отличается наполнением:

- Таймеры счетчики в количестве 2 штук восьми разрядных и 2 штук шестнадцати разрядных с возможностью сравнения и пред делителями частоты

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>35</i>

- Два ШИМ 8-ми разрядных контроллера
- 8 каналов 10-разрядного АЦП
- Встроенный калиброванный генератор
- Несколько режимов снижения энергопотребления
- Возможность уменьшения шумов АЦП
- Общее выключение подтягивающих резисторов на всех линиях портов

ввода-вывода

Характеристики

Ток работы порта микроконтроллера не более 10 мА

Напряжение микроконтроллера 4,5 –5,5 В

3.2.2 Микроконтроллер 1887BE7T

Микроконтроллер 1887BE7T разработан научно-исследовательским институтом электронной техники г. Воронеж. Данный микроконтроллер представляет собой маломощный 8-разрядный КМОП - микроконтроллер, основанный на расширенной AVR RISC-архитектуре. За счет выполнения большинства инструкций за один машинный цикл, микросхема достигает производительности 1 миллион операций в секунду на частоте 1 МГц, что позволяет проектировщикам систем оптимизировать соотношение энергопотребления и быстродействия.

Микроконтроллер имеет следующие особенности:

- 128 кБ внутрисистемной перепрограммируемой памяти программ с поддержкой чтения во время записи;
- встроенное ОЗУ и ЭСППЗУ объемом 4 кБ
- 53 линии универсального ввода-вывода;
- 32 регистра общего назначения;
- счетчик реального времени (RTC);
- четыре гибких таймера/счетчика с режимами сравнения и ШИМ;

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>36</i>

- два универсальных синхронно-асинхронных приемопередатчика;
- 8-канальный 10-разрядный АЦП с дополнительным дифференциальным входом с программируемым коэффициентом усиления;
- программируемый сторожевой таймер с внутренним генератором;
- последовательный порт SPI;
- испытательный интерфейс JTAG;
- шесть режимов уменьшения энергопотребления.

Исходя из наличия необходимого числа каналов АЦП и линий ввода-вывода и учитывая, что данный микроконтроллер практически полный функциональный аналог микроконтроллера ATMega128, останавливаю свой выбор на микроконтроллере 1887BE7T.

При разработке печатной платы целесообразно использовать посадочное место пригодное для обоих микроконтроллеров, для возможности замены одного на другой.

3.3 Выбор аккумуляторов

Аккумуляторы предназначены для обеспечения электроэнергией устройства имеющие автономный характер работы. Так для ПУ-ИКР необходимо выбрать источник электропитания, который позволит функционировать устройству в течение не менее 2 часов активной работы.

Среди современных аккумуляторов выделяют несколько типов:

- свинцово-кислотные аккумуляторы (SLA);
- никель-кадмиевые аккумуляторы (NiCd);
- никель - металлгидридные аккумуляторы (NiMH);
- литий - ионные аккумуляторы (Li-Ion).

Необходимыми характеристиками аккумулятора применение, которого планируется в ПУ-ИК:

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						37
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- 1) линейная характеристика разряда аккумулятора при воздействии пониженных и повышенных температур;
- 2) сила тока выдаваемая аккумулятором должна быть стабильна на всем промежутке времени его эксплуатации;
- 3) энергоемкость аккумуляторов должна быть достаточной для работы устройства не менее 2 ч;
- 4) масса нескольких аккумуляторов не более 0,5 кг.

Рассмотрим по подробней каждый тип и выберем оптимальный.

3.3.1 Свинцово-кислотные аккумуляторы (SLA)

SLA-аккумуляторы применяются в основном там, где требуется большая мощность при низкой стоимости устройств, а их вес и габаритные характеристики не существенны.

Преимущества:

- 1) самый дешевый тип аккумуляторов;
- 2) простая схема заряда;
- 3) при постоянном эксплуатировании аккумулятора с уровнем заряда более 75% – длительный срок службы (до 25 лет);
- 4) количество циклов перезаряда 800;
- 5) величины саморазряда — 0,1% в день;
- 6) большое количество типоразмеров;
- 7) стабильность силы тока не зависимо от уровня напряжения;

Недостатки:

- 1) при заряде аккумуляторы выделяют газы — кислорода и водород;
- 2) при заряде пониженными токами (необходимо для ухода от выделения газов) не заряжается до своей полной емкости;
- 3) имеют низкую плотность энергии (удельную энергоемкость);
- 4) медленный заряд в связи с малыми токами заряда;

					11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5) не переносят глубокого разряда – в разряженном состоянии вызывает сульфитацию, которая делает последующую зарядку трудной или невозможной;

6) при низких температурах значительно уменьшается способность отдавать большой ток в нагрузку;

7) экологически не безопасны.

3.3.2 Никель-кадмиевые аккумуляторы (NiCd)

NiCd-устройства, несмотря на то, что они уступают по емкости (при тех же массе и габаритах) аккумуляторам других типов, остаются наиболее популярными для применения в целом ряду портативных устройств, особенно там, где требуется высокая отдача. Поэтому до сих пор около половины выпускаемых аккумуляторов для переносного оборудования — никель-кадмиевые.

Преимущества:

1) экологически безопасны (не выделяют газов);
2) малые внутренние сопротивления (способность выдавать большие токи в короткие промежутки времени);

3) равномерность разрядка аккумулятора при постоянной нагрузке;

4) работоспособность в широком интервале рабочих температур окружающей среды — от минус 40 до плюс 50 °С;

5) NiCd-аккумуляторы нетребовательны к типу зарядного устройства – быстрый заряд;

6) количество циклов перезаряда не менее 1000;

7) возможность восстановления после понижения емкости или длительного хранения;

8) пожаро- и взрывобезопасность, устойчивость к механическим нагрузкам;

9) низкая цена, длительный срок службы и широкая доступность, большой ассортимент потребительских форм-факторов;

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>39</i>

Недостатки :

- 1) NiCd-аккумуляторов присутствует «эффект памяти». В процессе циклической эксплуатации источника меняется структура поверхности электродов, а в сепараторе аккумулятора образуются химические соединения, мешающие его дальнейшей разрядке малыми токами;
- 2) необходимость периодической полной разрядки для сохранения эксплуатационных свойств (устранения эффекта памяти);
- 3) высокий саморазряд (до 10% в течение первых суток после зарядки);
- 4) большие габариты при той же энергоемкости;

Работа аккумуляторов при различных токах и температурах

Разрядные характеристики NiCd-аккумуляторов при различных токах разрядки при температуре окружающей среды 20 °С

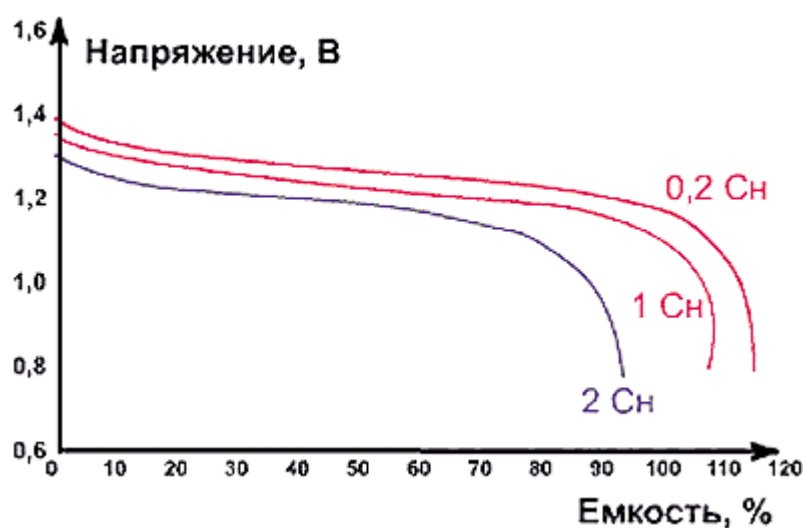


Рисунок 17 – Токи разрядки при температуре окружающей среды 20 °С

Разрядные характеристики NiCd-аккумуляторов при различной температуре окружающей среды при токе разрядки 0,2 Сн

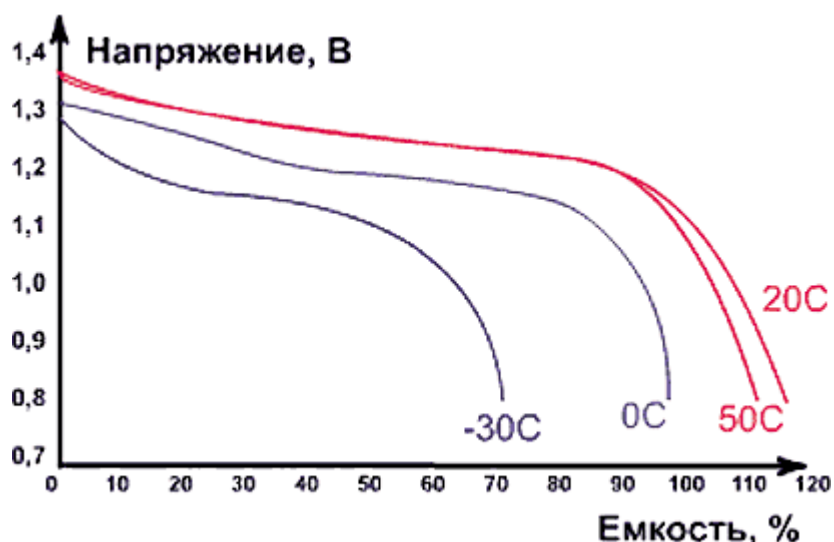


Рисунок 18 – влияние температуры на разряд

3.3.3 Никель - металлгидридные аккумуляторы (NiMH)

Никель - металлгидридная технология развивалась как альтернатива никель-кадмиевой — для преодоления вышеописанных недостатков. Неэкологичный кадмиевый анод был заменен на анод на основе сплава, абсорбирующего водород. Напряжение этих систем одинаковое, а изменение в химическом составе позволило реализовать новый внутренний баланс элемента при существенном увеличении плотности энергии. Новый катодный материал высокой плотности на основе сферического гидрата закиси никеля с войлочной основой позволил существенно улучшить характеристики NiMH-аккумуляторов

Преимущества:

- 1) большая энергоемкость по сравнению с NiCd-аккумуляторов тех же габаритах;
- 2) диапазон рабочих температур от -10 до $+40$ °C;
- 3) меньшая склонность к эффекту памяти, чем у NiCd-батарей (то есть периодических циклов восстановления практически не требуется);
- 4) устойчивость к длительному перезаряду малыми токами;
- 5) механическая прочность и устойчивость к механическим нагрузкам;

- б) длительный срок службы и хранения (в разряженном состоянии);
- 7) меньшая токсичность при утилизации.

Недостатки:

- 1) количество циклов перезаряда не менее 500;
- 2) при высоких токах заряда происходит выделение большего количества тепла;
- 3) аккумуляторы предъявляют к зарядным устройствам повышенные требования — необходимы более сложные алгоритмы для обнаружения момента полного заряда и контроль температуры.

Работа аккумуляторов при различных токах и температурах

Разрядные характеристики NiMH-аккумуляторов при различных токах разряда при температуре окружающей среды 20 °С

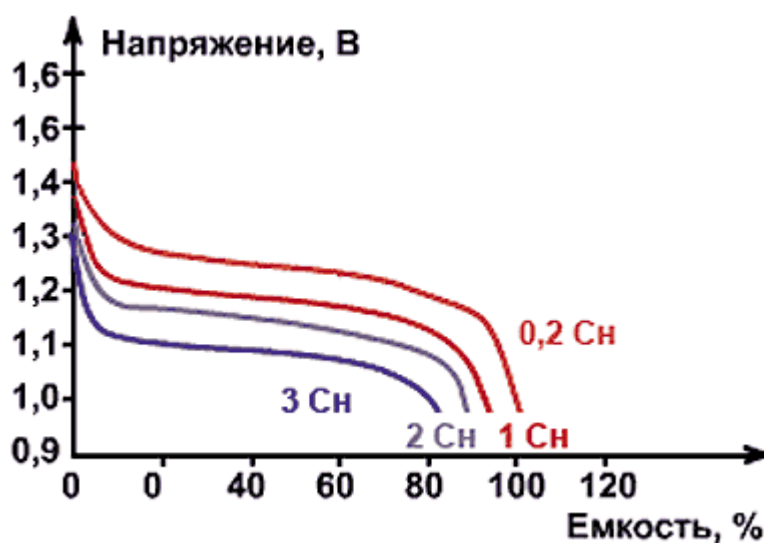


Рисунок 19 – Токи разрядки при температуре окружающей среды 20 °С

Разрядные характеристики NiMH-аккумуляторов при токе разряда 1С_н при различной температуре окружающей среды

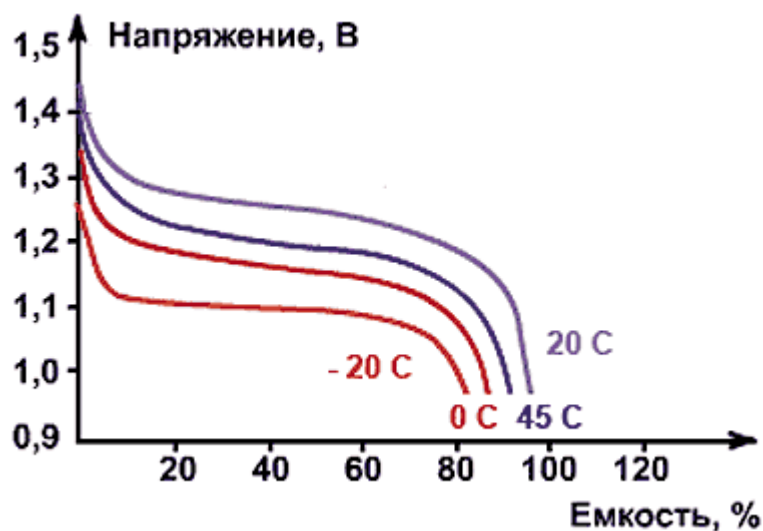


Рисунок 20 – влияние температуры на разряд

3.3.4 Литий-ионные аккумуляторы (Li-Ion)

Развитие аккумуляторных батарей привело к замене никель-кадмиевых и никель - металлгидридных батарей на литий - ионные.

В литиевых батареях в качестве анода используется металлический литий — одним из химически активных металлов, самый легкий, с наибольшим электрохимическим потенциалом, обеспечивающий самую высокую плотность энергии. Благодаря этому теоретическая удельная емкость у аккумуляторных батарей на основе лития максимальна (превосходя NiCd-аккумуляторы в 4-5, а NiMH в 3-4 раза), а источники тока на основе лития обладают высоким разрядным напряжением составляющее 3,6 В, что в три раза больше, чем у NiCd- и NiMH-элементов.. Однако химическая активность лития очень осложняет технологические процессы изготовления и предъявляет жесточайшие требования к герметичности источника тока.

Преимущества:

- 1) высокое разрядное напряжение – 3,6 В;
- 2) диапазон рабочих температур от минус 55 °С до плюс 85 °С;
- 3) низкий саморазряд (до 2-5% в первый месяц);

- 4) Количество циклов перезаряда не менее 1200;
- 5) высокая сохранность запасенной энергии и постоянная готовность к работе;
- 6) длительный срок службы (до 10 лет).

Недостатки:

- 1) дорогой источник электроэнергии;
- 2) недопустим глубокий разряд;
- 3) недопустим «перезаряд»;
- 4) взрывоопасен при нарушении герметичности;
- 5) старение аккумулятора и потеря емкости от времени не зависит от подключенной нагрузки.

Работа аккумуляторов при различных токах и температурах

Разрядные характеристики литий - ионных аккумуляторов при различных токах разряда при температуре окружающей среды 15-25 °С

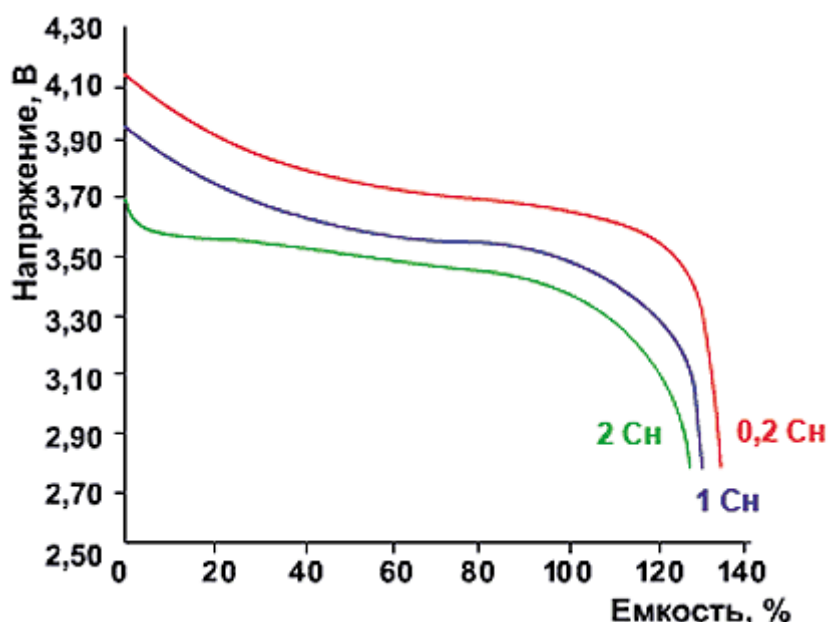


Рисунок 21 – Токи разрядки при температуре окружающей среды (20±5) °С

Разрядные характеристики Li-Ion-аккумуляторов при токе разряда 0,2 С_н при различных температурах окружающей среды

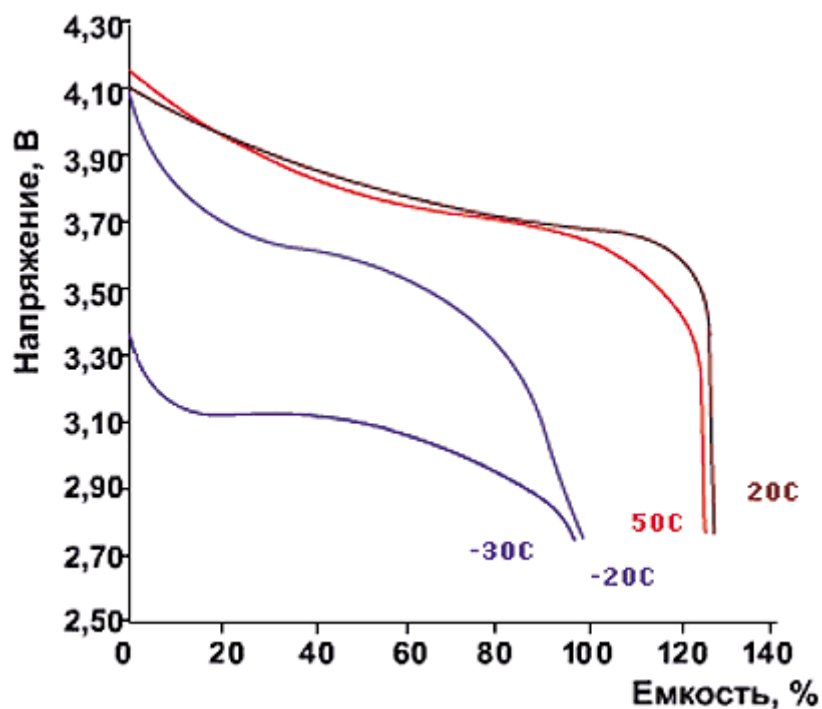


Рисунок 22 – влияние температуры на разряд

Особенности

- 1) при низких температурах увеличивается внутреннее сопротивление что ведет к большему нагреву – нагрев аккумулятора стабилизирует разрядные характеристики;
- 2) при высокой температуре выделение внутреннего тепла превышающего допустимый уровень, ведет к необходимости внесения в конструкцию элемента предохранителя-ограничителя тока (терморезистор), не допускающего токовых перегрузок;
- 3) обеспечивают более высокую емкость при средних токах и высокое напряжение разряда в широком диапазоне рабочих температур, а элементы повышенной емкости гарантируют более длительный срок службы при малых токах.

Выбор аккумулятора остановим на Li-ion. Данный тип аккумулятора превосходит по своим электрическим параметрам остальные типы в 2-3 раза, что

положительно скажется на их использовании. Необходимо помнить о недостатках такого типа аккумуляторов и особенностях эксплуатации при разработке электрической схемы. Так особенность сохранять длительную работу при средних токах разряда, является ключевой для длительной автономной работы ПУ-ИКР. Напряжение разряда в 3,6 В позволяет использовать 2 последовательных аккумулятора в замен 4-5 аккумуляторов других типов. Стабильность характеристик разряда при воздействии температур делают возможным использование устройства на улице в неблагоприятных условиях.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

4 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

После подбора элементов функциональной схемы составим полную функциональную схему устройства, и начнем разработку электрической схемы с подбором элементной базы удовлетворяющей условий.

В полную функциональную схему входят:

- 1) антенна;
- 2) полосовой фильтр;
- 3) детектор;
- 4) усилитель;
- 5) фильтр НЧ;
- 6) АЛУ;
- 7) источник питания.

Начнем разработку электрической схемы

4.1 Блок антенны

В части антенной системы необходимо использовать часто встречающейся разъем, для того чтобы имелась возможность подключения антенн любого формата не зависимо от дислокации проводимых замеров. Таким образом использование разъема типа «РТС» СР50-165ФВ ВР0.364.007 ТУ позволит применять в качестве приемных антенн прибора, антенны из состава КРМ и ГРМ ПРМГ-76УМ – антенны КВП.

4.2 Полосовой фильтр

Полосовые фильтры необходимо выбирать по характеристикам:

1) полосы рабочих частот должны соответствовать диапазонам излучаемых сигналов радиомаяками:

- Курсовой радиомаяк (КРМ): 927,5-932,4 МГц;

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

- Глиссидный радиомаяк (ГРМ): 962,0-966,9 МГц;
 - Курсовой радиомаяк новый диапазон: 990,0-994,9 МГц.
- 2) минимально возможное энергопотребление, лучший из вариантов без

необходимости подведения электропитания.

Рассмотрим два типа полосовых фильтров.

- 1) ЖИГ фильтр
- 2) ПАВ – фильтр

4.2.1 ЖИГ фильтр

Полосно-пропускающие перестраиваемые фильтры на ЖИГ – резонаторах с микрополосковыми выводами. ФПИНЗ-4 и ФПИНЗ-4А разработаны ОАО «Завод Магнетрон»

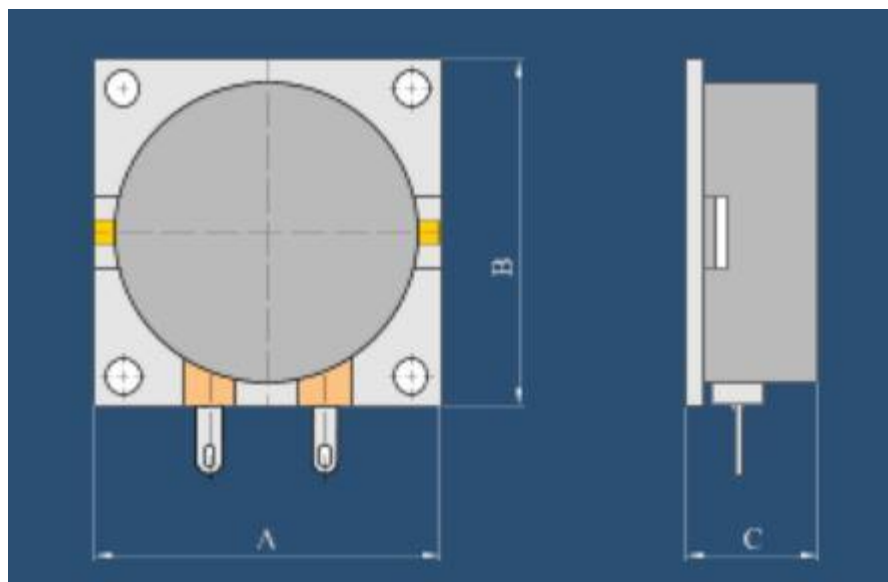


Рисунок 23 – Общий вид фильтров ФПИНЗ

Технические характеристики трехзвенных ЖИГ – фильтров

- 1) диапазон перестройки центральной частоты:
 - ФПИНЗ-4: от 950 МГц до 1250 МГц;
 - ФПИНЗ-4А: от 870 МГц до 1050 МГц;
- 2) полоса пропускания : от 10 МГц до 18 МГц;
- 3) минимальные потери: Не более 6 дБ;
- 4) внеполосное затухание: не менее 70 дБ;

- 5) интервал рабочих температур: от минус 60 °С до плюс 85 °С;
- 6) ток управления: не более 0,33 А;
- 7) габаритные размеры: ШxВxГ: (30x30x12) мм.

Амплитудно частотная характеристика перестраиваемого ЖИГ фильтра ФПИНЗ-4 и ФПИНЗ-4А

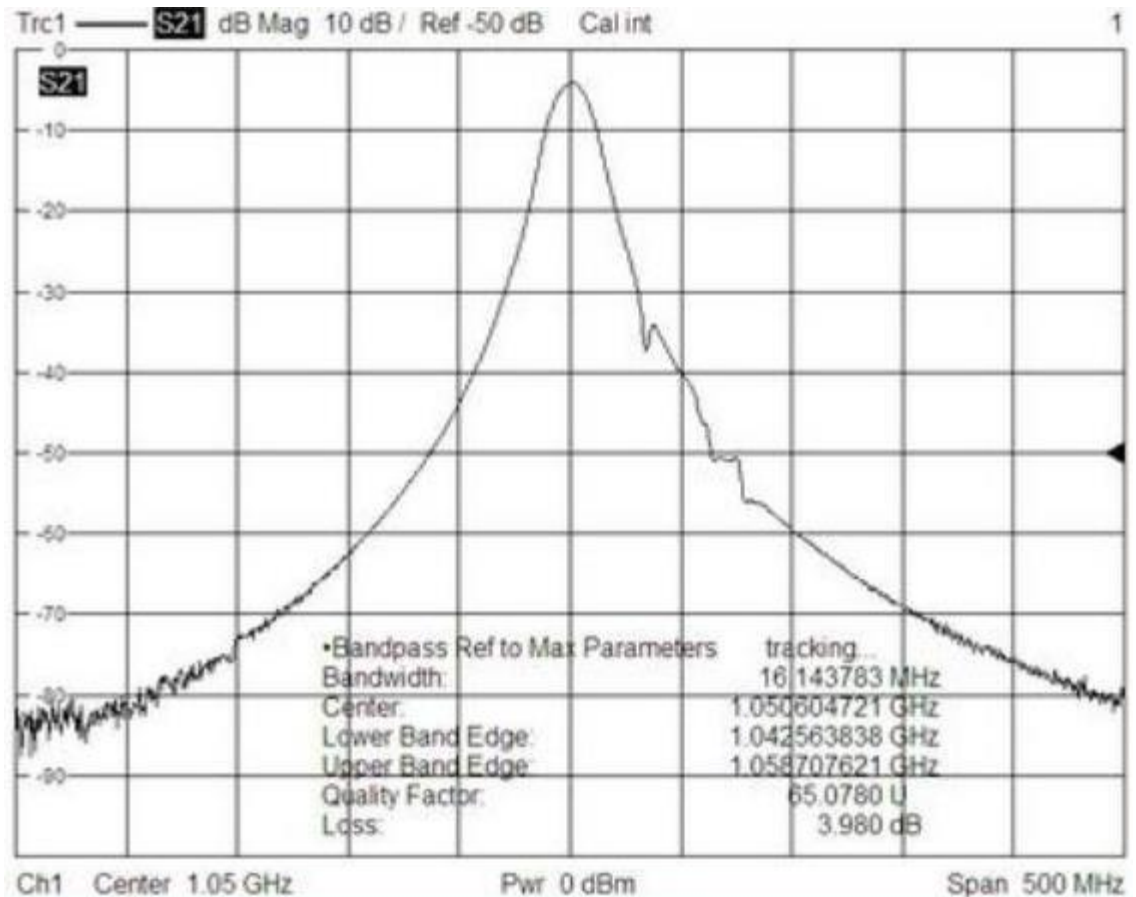


Рисунок 24 – АЧХ ФПИНЗ-4А на частоте 1050 МГц

4.2.2 Фильтр ПАВ

Фильтры на поверхностно акустических волнах А075-970М1 разработаны ООО «АЭК Дизайн». Такие фильтры настроены на одну частоту, поэтому необходимо будет использовать 3 фильтра вместо одного как в предыдущем случае.

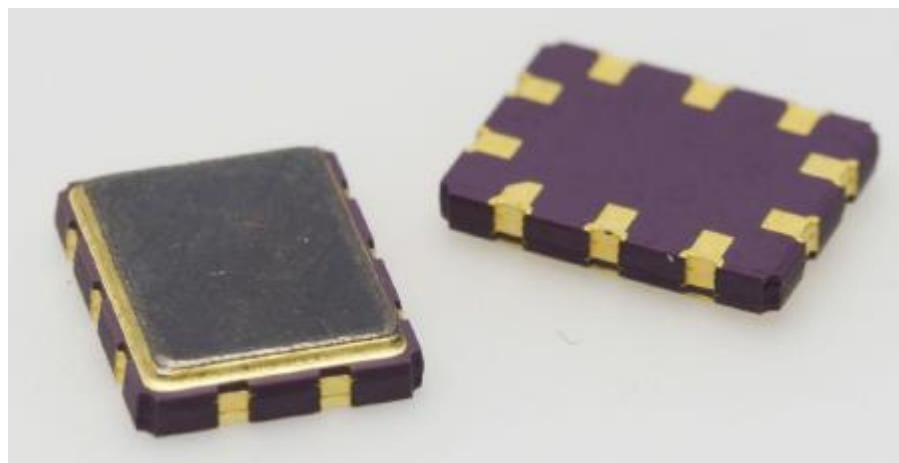


Рисунок 25 – Общий вид фильтров А075

Технические характеристики ПАВ – фильтров

- 1) центральная частота: (970 ± 1) МГц;
- 2) полоса пропускания :
 - по срезу -2 дБ $10_{-0,6}^{+1,5}$ МГц;
 - по срезу -40 дБ 39 МГц;
- 3) минимальные потери: не более 6,5 дБ;
- 4) внеполосное затухание: не менее 50 дБ;
- 5) интервал рабочих температур: от минус 55 °С до плюс 85 °С;
- 6) мощность входного сигнала: не более 100 мВт (20 дБм);
- 7) входное напряжение: не более 10 В;
- 8) габаритные размеры: ШхВхГ: (9,1х7,1х1,61) мм .

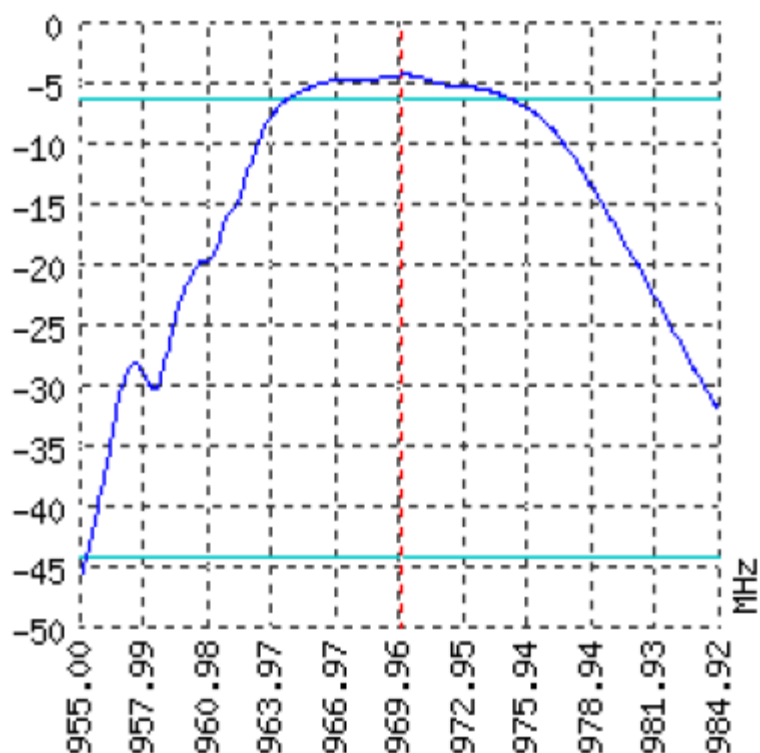


Рисунок 26 – АЧХ А075-970М1 на частоте 970 МГц

Выбор фильтра для разрабатываемого ПУ-ИКР остановлен на фильтрах компании ООО «АЭК Дизайн». Технические характеристики данных фильтров превосходят конкурента в нескольких позициях, так самым критичным из них является отсутствие напряжения питания для работы данных фильтров. Так же размеры фильтров А075 в 3 раза меньше фильтров ФПИН, что положительно скажется на массогабаритных характеристиках платы.

4.3 Детектор ВЧ

Для проектирования приемных устройств необходимо определить требуемую чувствительность устройства, она определяется исходя из условий применения данного устройства. В качестве предельной дальности приема возьмем расстояние в 1000 м – это расстояние от антенн КРМ до ближнего к ним торца ВПП. При этом расчет необходимой чувствительности приема выполним по известной формуле радиосвязи [6]

$$P_{\text{прм}} = 10 \lg \left(\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{прм}} c^2}{(4\pi R f)^2 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{4\pi h f \cdot 0,002}{c} \right)^2 \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{прм}} h^2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{R^2} \right), \quad (2)$$

где $P_{\text{прм}}$ – необходимая чувствительность приемника, дБм;

$G_{\text{пер}}$ – коэффициент усиления передающей антенны, = 10;

$G_{\text{прм}}$ – коэффициент усиления приемной антенны, = 10;

c – скорость света, = $3 \cdot 10^8$ м/с;

R – расстояния между приемником и передатчиком, ≤ 1000 м;

f – частота передающего сигнала, = $960 \cdot 10^6$ Гц;

h – высота повеса приемной антенны, = 1,5 м.

Подставим все известные значения и получим необходимую чувствительность приёмника равную -55 дБм.

Для детектирования ВЧ сигнала возможно использование диода, как это было рассмотрено на АМ приемниках в п. 3.1.1, на рисунке представлен детектор сигнала из действующей системы УКЗ описанной ранее в п. 1.1.

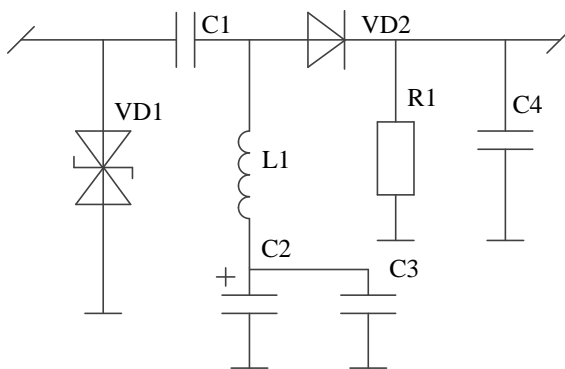


Рисунок 27 – Электрическая схема детектора УКЗ

Но реализовать данную схему в ПУ-ИКР не представляется возможным так как ее энергоэффективность находится на низком уровне и рассчитан такой детектор на напряжение питания в 15 В что так же не вписывается в рамки ПУ-ИКР. Так же для детектора построенного на диоде будет необходимость в последующих каскадах, таких как регулируемый аттенюатор, для подстройки мощности сигнала, и усилитель низких частот для передачи информативной части

непосредственно в схему измерителя, что так же является не самым энергоэффективным решением.

В таком случае было принято решение о объединении функциональных устройств таких как детектор, усилитель и аттенуатор в одной микросхеме, что позволит увеличить энергоэффективность приемного устройства. В данном случае появляется необходимость уйти от критерия, что элементная база необходима из перечня разрешённых к применению в военной технике. Найдено решение от Американской фирмы Analog devices микросхема AD8362 и аналогов как полных, так и функциональных в отечественной продукции найдено не было.

Рассмотрим функциональную схему AD8362

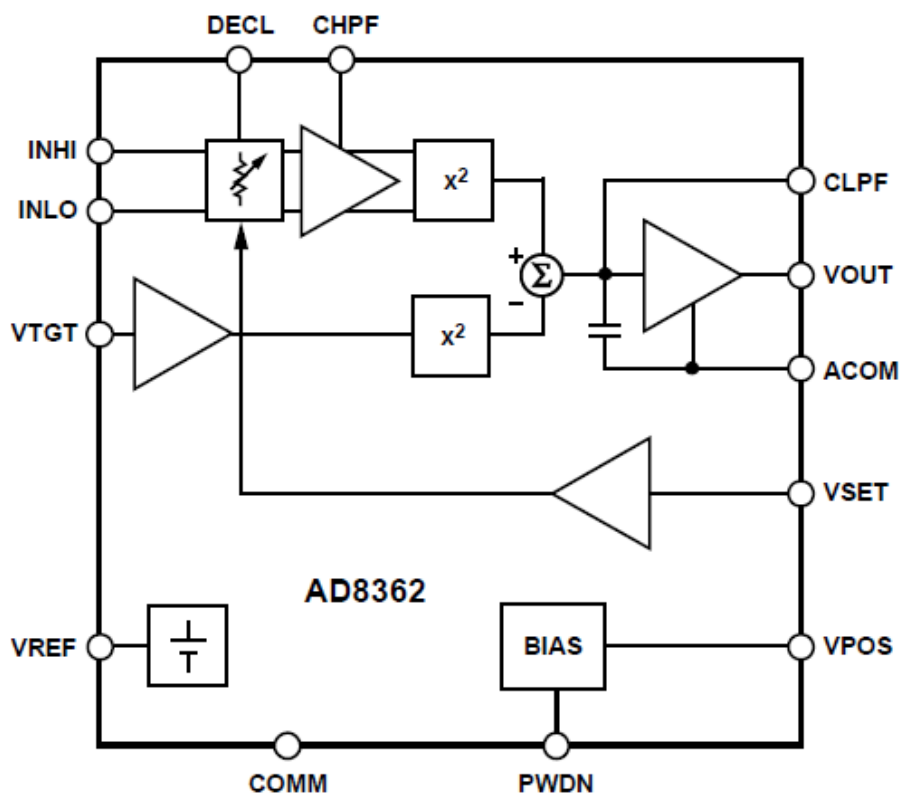


Рисунок 28 – Функциональная схема AD8362

В данной микросхеме имеется внутренний аттенуатор на входе с функцией обратной связи, что позволит контролировать усиление сигнала, после регулируемого аттенуатора стоит усилитель и далее квадратурный детектор, данная связка позволяет работать с сигналами низкого уровня. После детектора стоит усилитель НЧ. Производитель микросхемы гарантирует коэффициент

передачи сигнала близкий к единице, это значит, использование данной микросхемы оправдывает внедрение импортных комплектующих в разрабатываемое устройство ПУ-ИКР

4.4 Разработка схемы НЧ фильтров

Пункт 5 реализуем на операционных усилителях Главное требование к разрабатываемым полосовым фильтрам это стабильность передаточной характеристики. Также необходимо чтобы коэффициент передачи был равен 1. Ширина полосы пропускания не является критическим требованием, т.к. задача данных полосовых фильтров отфильтровать высокочастотные сигналы.

Под данные требования подойдет полосовой фильтр инверсный Чебышева 2 порядка, собранный по биквадратной схеме (аналогичный используемым сейчас).

Для расчета воспользуемся методикой указанной в справочнике по расчету фильтров. Для начала задаются исходные данные полосового фильтра на 1300 Гц:

- центральная частота $f_0 = 1300$ Гц или $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0$;
- коэффициент передачи фильтра $K = 1$;
- добротность $Q = \frac{f_0}{BW}$, или ширина полосы пропускания $BW = 600$ Гц;
- коэффициент $C = 1,031123$ выбирается из таблицы исходя из типа фильтра и минимального затухания в полосе задержания.

Далее производится расчет элементов схемы.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						54
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

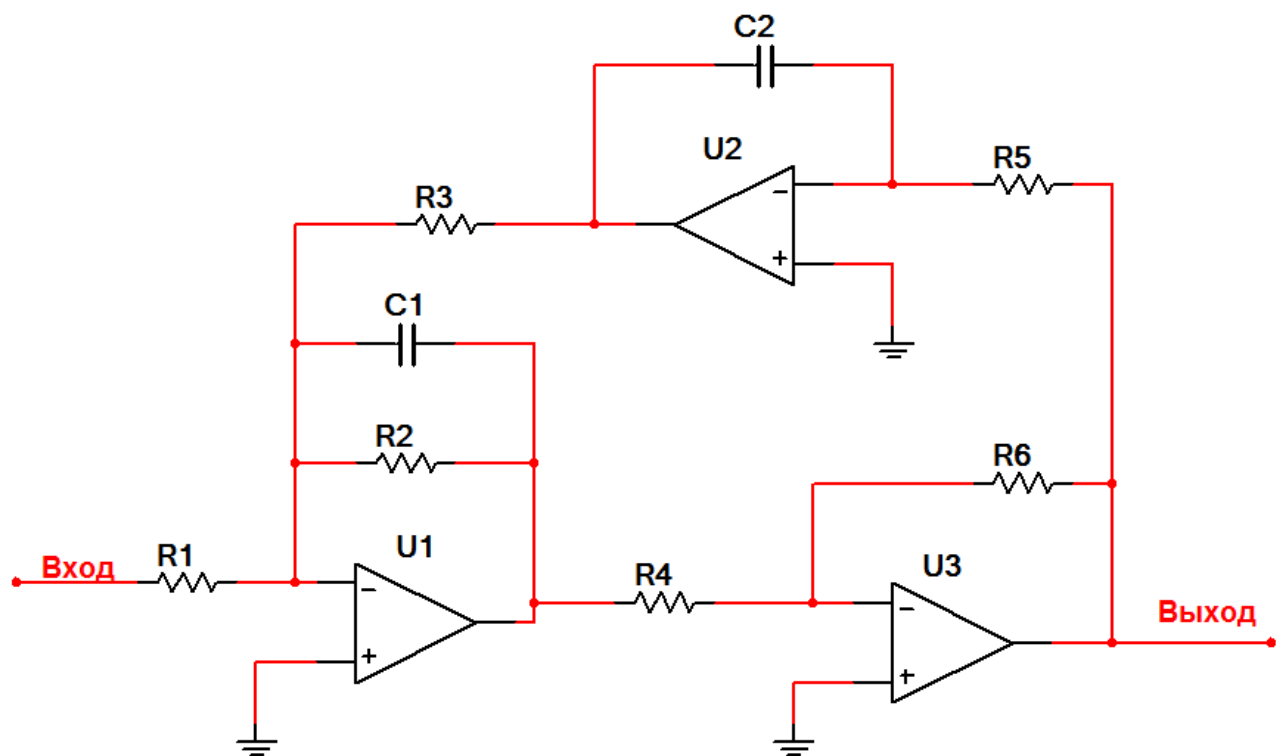


Рисунок 29 – Схема биквадратного полосового фильтра

Емкость конденсаторов $C_1 = C_2$ выбирается примерно равной $\frac{10}{f_0}$ мкФ,

$$C_1 = C_2 = \frac{10}{f_0} \text{ мкФ} = \frac{10}{1300} \text{ мкФ} \approx 7,7 \text{ нФ}, \quad (3)$$

Сопротивление резисторов R_1 , R_2 , и R_3 определяется следующим образом:

$$R_1 = \frac{1}{\rho \cdot \omega_0 \cdot C_1}, \quad (4)$$

$$R_2 = \frac{1}{\beta \cdot \omega_0 \cdot C_1} = \frac{\rho}{\beta} \cdot R_1, \quad (5)$$

$$R_3 = \frac{1}{\gamma \cdot \omega_0^2 \cdot C_1^2 \cdot R_4}, \quad (6)$$

где

$$\rho = \frac{K \cdot C}{Q}, \quad (7)$$

$$\beta = \frac{C}{Q}, \quad (8)$$

$$\gamma = 1. \quad (9)$$

Можно принять, что

$$R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = \frac{1}{\sqrt{\gamma} \cdot \omega_0 C_1}, \quad (10)$$

Таким образом, получаем:

$$R_1 = 33,4 \text{ кОм},$$

$$R_2 = 33,4 \text{ кОм},$$

$$R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 15,9 \text{ кОм}.$$

Все элементы фильтра рассчитаны, и схема полосового фильтра на 1300 Гц.

					11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

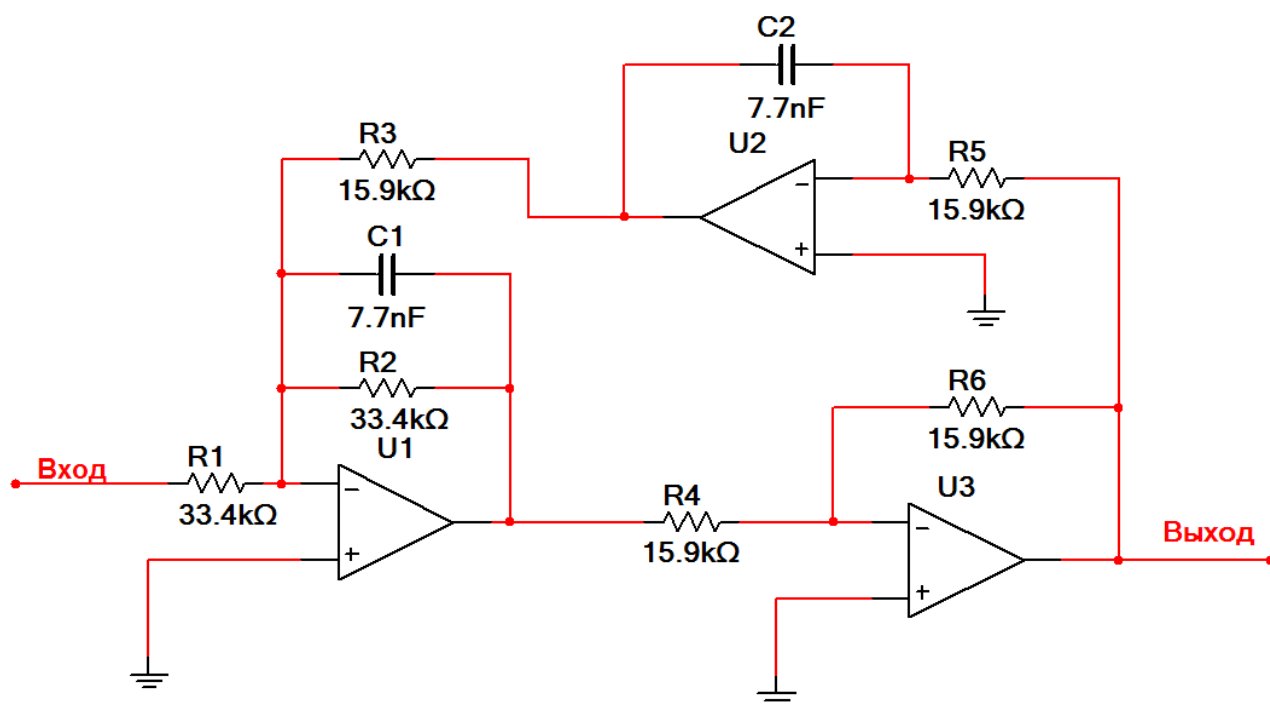


Рисунок 30 – Схема разработанного фильтра на 1300 Гц

Аналогичным образом, по той же схеме, производится расчет полосового фильтра на 2100 Гц. Исходные данные:

- центральная частота $f_0 = 2100$ Гц или $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0$;
- коэффициент передачи фильтра $K = 1$;
- добротность $Q = \frac{f_0}{BW}$, или ширина полосы пропускания $BW = 900$ Гц;
- коэффициент $C = 1,031123$ выбирается из таблицы исходя их типа фильтра минимального затухания в полосе задержания.

Емкость конденсаторов $C_1 = C_2$ определяется по формуле (3):

$$C_1 = C_2 = 5 \text{ нФ},$$

Сопротивление резисторов R_1 , R_2 и R_3 - R_6 определяется по формулам (3-10).

Таким образом, получаем:

$$R_1 = 32,5 \text{ кОм},$$

$$R_2 = 32,5 \text{ кОм},$$

$$R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 15,2 \text{ кОм}.$$

Все элементы фильтра рассчитаны, и схема полосового фильтра на 2100 Гц приведена на рисунке.

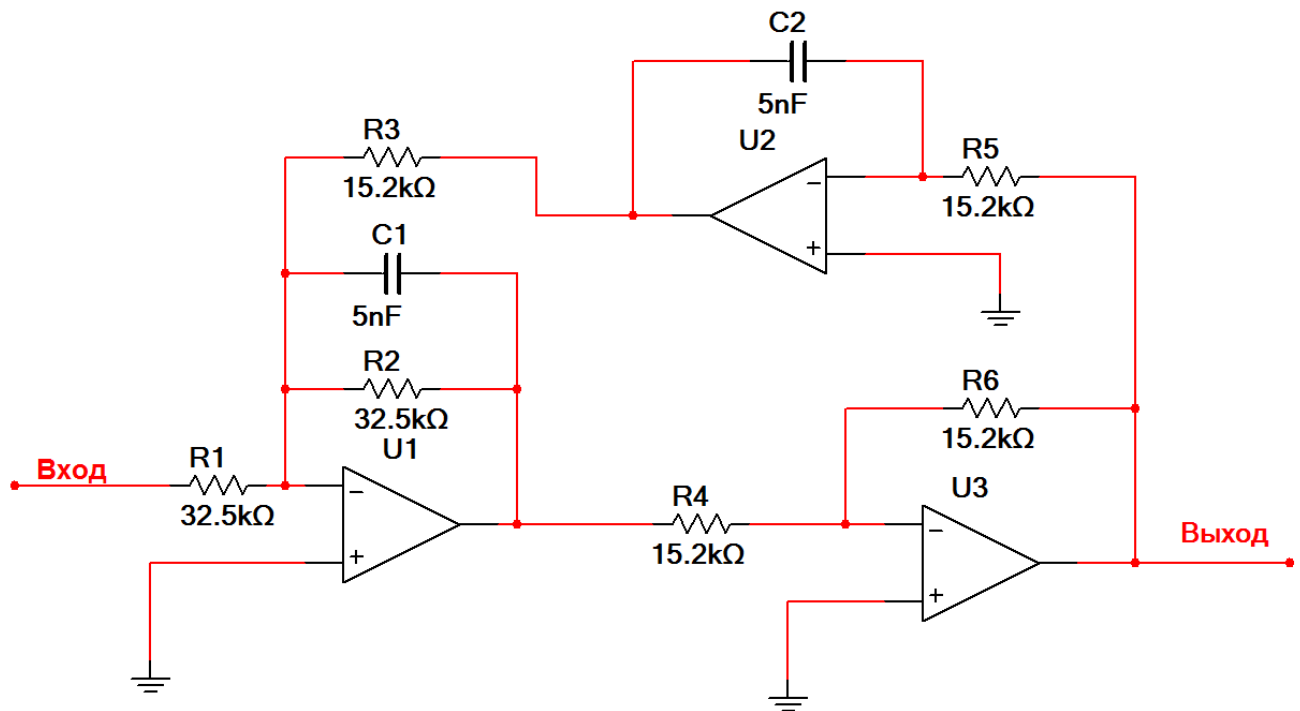


Рисунок 31 – Схема разработанного фильтра на 2100 Гц

Получив все исходные данные новых полосовых фильтров, можно приступить к моделированию. Результаты моделирования представлены на рисунках 32 и 33.

На представленных графиках характеристика выделенная красным цветом соответствует изменению параметров резисторов и конденсаторов в большую сторону, синим – в меньшую сторону, а черным цветом характеристика – при номинальных значениях резисторов и конденсаторов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ

Лист

58

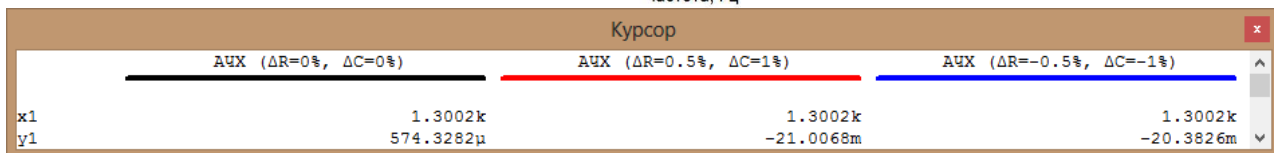
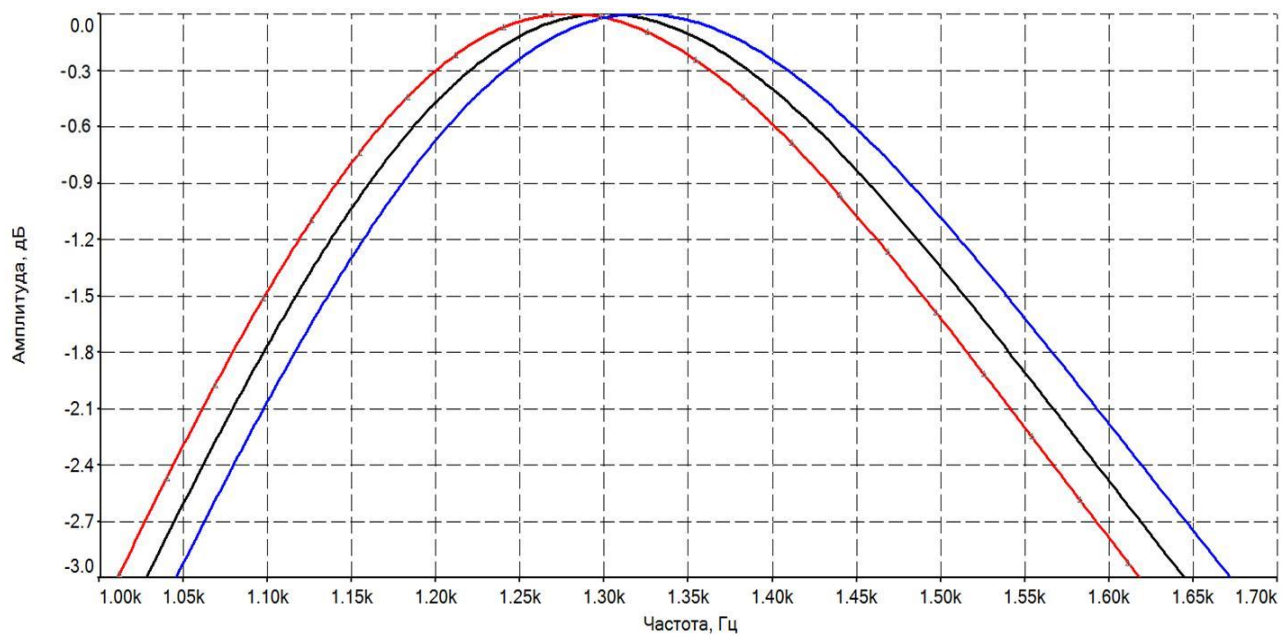


Рисунок 32 – АЧХ разработанного фильтра на 1300 Гц

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ

Лист

59

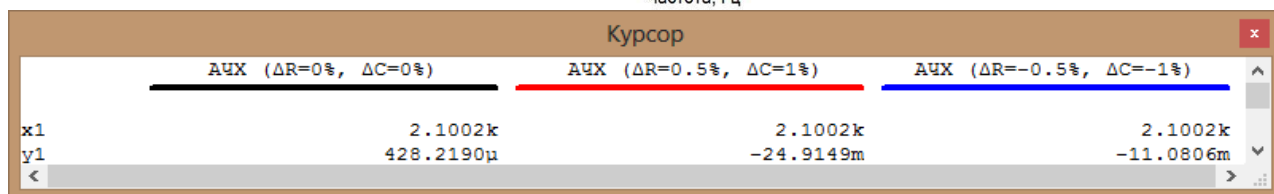
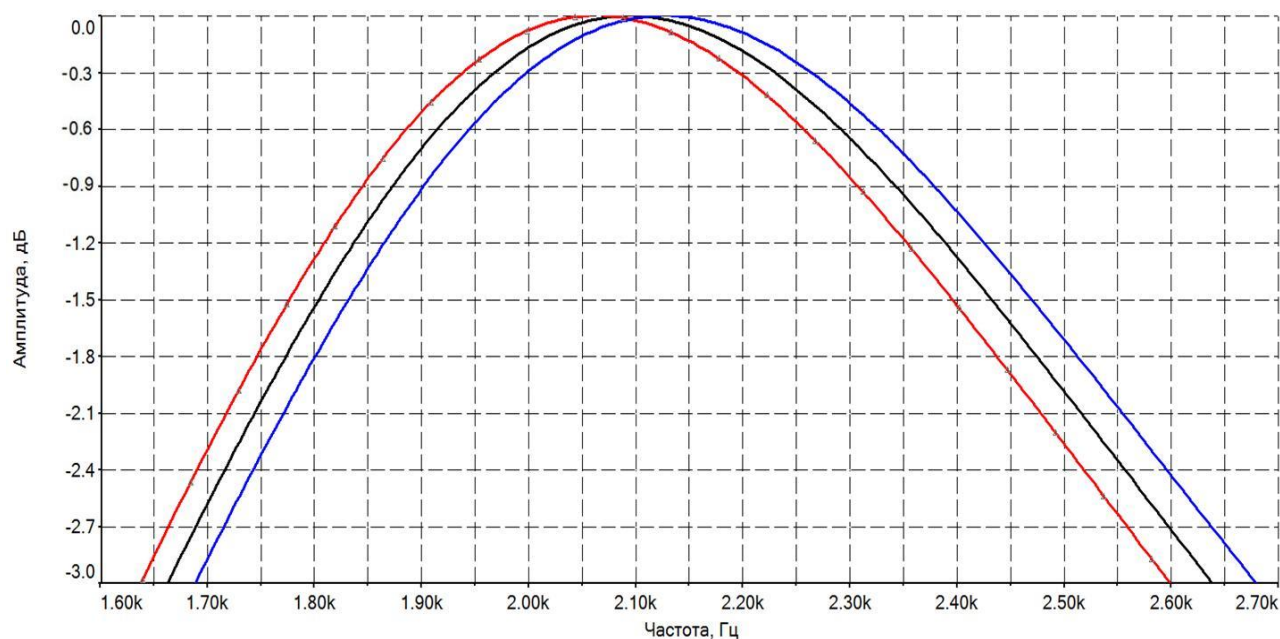


Рисунок 33 – АЧХ разработанного фильтра на 2100 Гц

Из вышеуказанных графиков можно заметить, что для разработанных фильтров в самом худшем случае максимальная разница между U_1 и U_2 может достигать 0,025 дБ, что в амплитудах будет соответствовать:

$$U_1 = U_0 \cdot \left(\sqrt[20]{10^0} \right) = 1 \cdot U_0, \quad (11)$$

$$U_2 = U_0 \cdot \left(\sqrt[20]{10^{-0,025}} \right) = 0,997 \cdot U_0. \quad (12)$$

Тогда максимальная абсолютная погрешность измерения КРС будет определяться как:

$$\Delta KPC = \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} \cdot 100\% = \frac{U_0 - 0,997 \cdot U_0}{U_0 + 0,997 \cdot U_0} \cdot 100\% = \frac{0,003}{1,997} \cdot 100\% \approx 0,15\%. \quad (13)$$

4.5 Разработка схемы сравнения

Для того чтобы обработать два сигнала мы используем АЦП. В связи с особенностями работы АЦП встроенными в микроконтроллер, а именно на переключение между каналами задержка составляет более 5 мс. Имеем задержку в скорости обработки входных сигналов. Поэтому необходимо определять «пачку» которая поступает на вход микроконтроллера в данный момент. Так в существующем ИКР используют эталонный сигнал синхронизации привязанный к передатчику в шкафах КРМ и ГРМ. В переносном устройстве нет возможности привязки к стационарным устройствам, таким как передатчики. Будем исходить из того, что на вход полосовых фильтров приходит 1 сигнал с приемника. Далее производится деление сигнала на два фильтра, для обнаружения пачки воспользуемся так называемым обнаружителем пачки. Основа обнаружителя пачки микросхема К533АГЗ или ее полный аналог (SN54/74LS123). Так с помощью RC цепочки зададим время открывания микросхемы. Тем самым полученный сигнал сравнивается с периодом RC цепи и при совпадении времени на выходе устройства наблюдается логическая единица.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						61
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

4.6 Разработка схемы счета и индикации

Так как в качестве АЦП выступает микроконтроллер, то в данной схеме будет полная обвязка микроконтроллера выбранного нами ранее.

1) Для питания микроконтроллера задействованы контакты VCC(21,52), AVCC(64)

В качестве опорного напряжения AREF для АЦП будет использован внутренний генератор напряжения так как его точности хватает для измерений КРС и его параметры лежат в пределах прописанных в ТУ. AREF(62) соединим с землей через 2 конденсатора: большой емкости для фильтрации низкочастотных помех; конденсатор малой емкости для фильтрации высокочастотных помех, для того чтобы опорный генератор не собирал ненужного напряжения на выводе микроконтроллера.

Подключаем выводы микроконтроллера GND(63,22,53) к общему проводу или корпусу.

Далее в качестве индикации используем семисегментные индикаторы ЗЛС339А так как они обеспечивают низкое энергопотребление и яркое свечение. Так же для индикации выбора калибровки, измерения необходимо 5 светодиодных индикаторов. Три из которых задействованы для отображения выбора «Курс отечественный», «Глиссада», «Курс международный», оставшиеся два индикатора для выбор типа калибровки «0/33».

Необходимо использование 4 кнопок. ВКН-1 тактовые кнопки обеспечивающие самовозврат по этому использование их для переключения между фильтрами будет возможно без задержек. Одна кнопка отвечает за цикличное переключение между фильтрами «Курс отечественный», «Глиссада», «Курс международный». Кнопка для запуска измерения, так как рассчитывается, что прибор будет иметь возможность записи данных на флэш накопитель. Кнопка отвечает за выбор типа калибровки «0/33» это проценты КРС. Кнопка

					11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

необходимая для выбора индикации выводимой на семисегментные индикаторы так же циклично «КРС/Мщ».

Для индикации выбора режима работы необходимо включить физический прерыватель подачи сигнала с приемника на подачу сигнала калибровки. В цепь между приемником и низкочастотными фильтрами ставится тумблер МТ1.

Тумблер включения разрывает напряжения питания от аккумуляторных батарей до источника питания.

4.7 Источник питания

Для обеспечения электропитанием ПУ-ИКР были выбраны аккумуляторные батареи Li-ion, для данного типа батарей характерно большое разнообразие типоразмеров. Для носимого прибора, рекомендовано использовать аккумуляторы цилиндрической формы так как в них используется Li/SOCl₂ являющийся самым качественным электродом для литиевых батарей.

Так аккумуляторы 18650 имеют малые габариты (18 мм x 66,5 мм), а так же высокую энергоемкость.

Для подачи напряжения с двух таких батарей необходимо использование понижающих стабилизаторов так как напряжение в 7,2 В избыточно для устройства.

Для выбора источника питания необходимо рассчитать приблизительное потребления разрабатываемого устройства так Паспортные данные параметров питания входящих в плату микросхем сведены в таблицу.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>63</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 5 – Потребление тока микросхемами с напряжением питания + 5 В

Наименование компонента	$I_{\text{макс}}$, мА	Количество компонентов	$\Sigma I_{\text{макс}}$, мА
Микроконтроллер 1887BE7T	100	1	100
Операционный усилитель К140УД14	4	7	28
Приемник AD8362	0,26	1	0,26
Высокочастотное реле HF3 S	20	1	20
Семисегментный индикатор ЗЛС339А	24	3	72
Единичный индикатор ЗЛ341А	5	2	10
Микросхема К533АГЗ	20	1	20
Общее потребление тока, мА			270,26
Общее потребление мощности, Вт			$\approx 1,35$

Таким образом источник питания МДМ5-1Д05МП будет достаточен. Порог выдаваемой им мощности составляет 5 Вт по 5 В линии.

Электрическая схема и перечень элементов в приложении А и Б соответственно.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

5 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОРПУСУ ПУ-ИКР

Разрабатываемый корпус устройства должен удовлетворять следующим критериям:

- 1) габаритные размеры устройства должны подходить под критерий носимого устройства. Так как масса входящих элементов устройства не превышает 1 кг, то корпус прибора не должен превышать 0,5 кг. Для того чтобы масса всего устройства была не более 1,5 кг;
- 2) элементы индикации располагаются вблизи защитных экранов обеспечивающих влаго-защиту по стандарту IP 67;
- 3) элементы управления так же должны быть обеспечены защитой от попадания жидкости на плату прибора;
- 4) разъем антенного входа расположен на верхней грани прибора;
- 5) расположение аккумуляторных батарей и крышку для быстрого доступа к элементам электропитания в нижней части устройства;
- 6) далее по прибору в направлении разъёма антенной системы две платы расположены, так что плата измерителя и основного счета располагается под платой индикации и управления. Контакт между платами производится штырьковым соединением, а крепление плат и общий контакт «земля» осуществляется по винтовым соединениям между плат;
- 7) самым близким блоком к разъёму антенной системы является плата приемника, необходимо плату разместить в металлическом корпусе для защиты от внешних помех и наводок на высокочастотную часть ПУ-ИКР;
- 8) материалы корпуса использовать алюминий для приемника, весь остальной корпус изготовить из ABS-пластика.

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>65</i>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выполнено:

- 1) сформулированы требования к прибору в части эксплуатации и технических характеристик;
- 2) была проанализирована работа приемников в существующих приборах измерения информативных параметров сигнала форматов ILS;
- 3) проведена разработка функциональной схемы разрабатываемого устройства;
- 4) выбраны и обоснованы функциональные элементы разрабатываемого устройства: приемник, арифметико-логическое устройство, аккумуляторные батареи;
- 5) разработана электрическая схема устройства;
- 6) так же была предусмотрена автоматическая калибровка устройства при изменении температурных режимов эксплуатации;
- 7) так же были сформулированы технические требования и параметры для разработки корпуса устройства;
- 8) разработан поддон для ПУ-ИКР;
- 9) на основании данной работы, может быть подготовлено задание на две выпускных квалификационных работы бакалавра:
 - 1 разработка корпуса ПУ-ИКР;
 - 2 разработка печатной платы приемного устройства.

Запланированные работы на ВКР выполнены в полном объеме

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>66</i>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перечень электронной компонентной базы, разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники. Соединители электрические, изделия электростановочные и присоединительные: Перечень ЭКБ 14 / А.А. Шмакова, К.В. Авраменко, Н.А. Перевалова, А.М. Гоголев, В.М. Исаев и др. – изд. Министерство промышленности и торговли РФ, 2017. – 75 с.
2. Перечень электронной компонентной базы, разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники. Приборы полупроводниковые: Перечень ЭКБ 03/ Н.Н. Гливинская, К.В. Авраменко, Н.А. Перевалова, А.М. Гоголев, В.М. Исаев и др. – изд. Министерство промышленности и торговли РФ, 2018. – 149 с.
3. ТЖ1.400.048-01ТУ. Посадочная радиомаячная группа ПРМГ-76УМ. Технические условия. – Ч.: АО «ЧРЗ «Полет», 2012. – 119 с
4. ГОСТ 15826-70. Издания. Системы радиомаячные метрового и дециметрового диапазонов второй категории инструментального захода самолетов на посадку. – М.: государственный комитет стандартов совета министров СССР, 1970. – 68 с.
5. Procedures for air navigation services. Aircraft operations. ICAO. Doc. 8186-OPS/611/3. ICAO, 1971.
6. Черный, Ф.Б. Распространение радиоволн: учебное пособие/Ф.Б. Черный. – М: Изд-во «Советское радио», 1972. – 464 с.
7. Сосновский, А.А. Радиоустройства бортовых навигационных и посадочных комплексов самолетов/ А. А. Сосновский, И. А. Хаймович. – М: Изд-во Транспорт, 1977. – 216 с.

					11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

8. Денисенко, А. Н. Теоретическая радиотехника: Справочное пособие. Часть 1: Детерминированные сигналы./ А. Н. Денисенко, О. А. Стеценко. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 215 с.

9. ГОСТ РВ 20.39.304-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам. – М.: Госстандарт России, 1999. – 54 с.

10. Григорьев, А.Д. Электродинамика и техника СВЧ : Учебное пособие для вузов / А.Д. Григорьев. – М.: Высшая школа, 1990. – 335с.

11. ГОСТ 26121-84. Издания. Системы инструментального захода самолетов на посадку радиомаячные. – М.: государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 30 с.

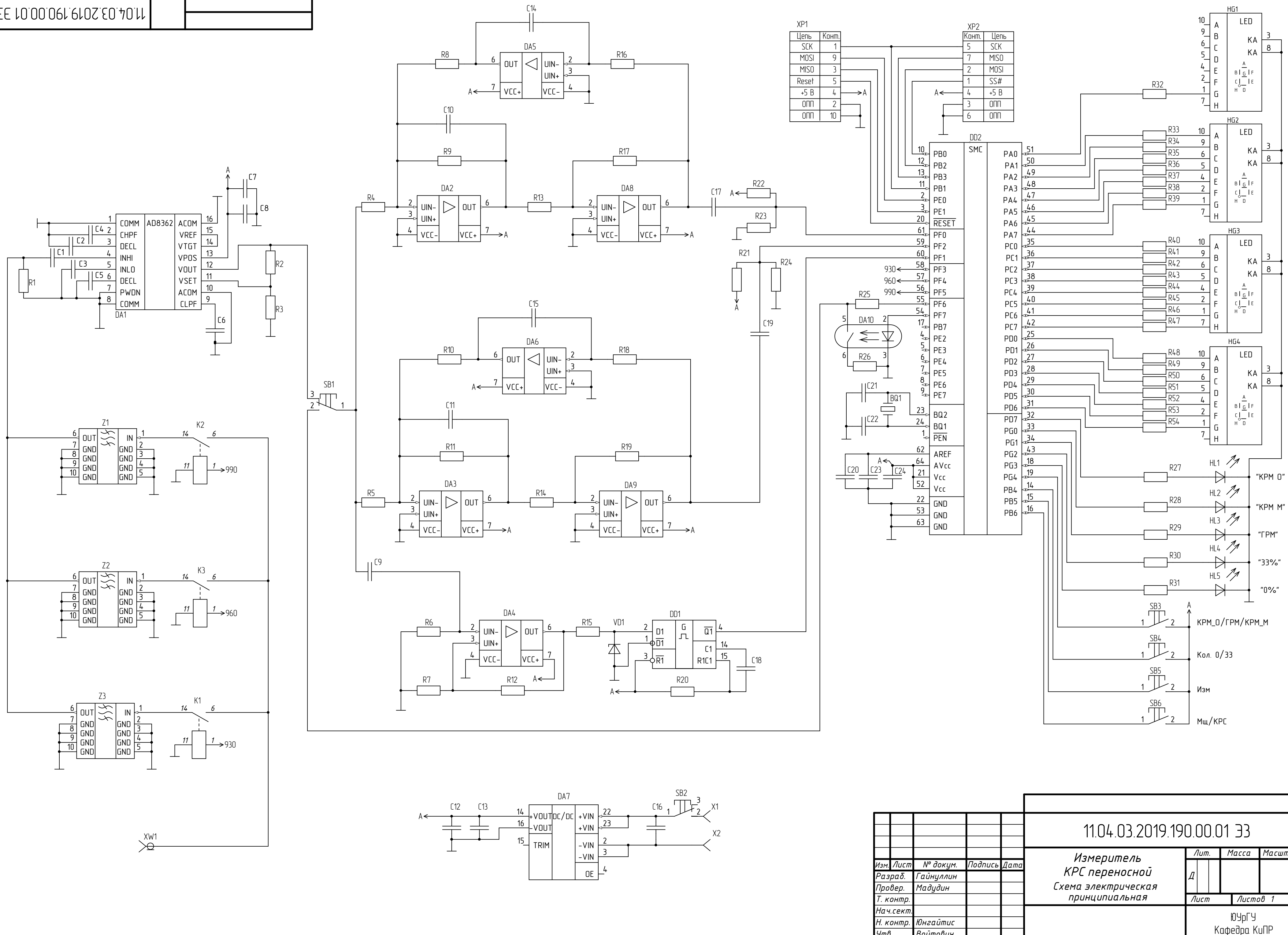
					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>68</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)
Электрическая схема ПУ-ИКР

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>69</i>

--	--

Инв. № подл. Подпись и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подпись и дата. Справ. № Перв. примен.



Цепь	Конкт.	Цепь	Конкт.
SCK	1	SCK	5
MOSI	9	MISO	7
MISO	3	MOSI	2
Reset	5	SS#	1
+5 B	4	+5 B	4
ОПН	2	ОПН	3
ОПН	10	ОПН	6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Гайнуллин			
Провер.	Мадудин			
Т. контр.				
Нач. сект.				
Н. контр.	Юнгайтис			
Чтв.	Войтович			

11.04.03.2019.190.00.01 ЭЭ

Измеритель КРС переносной
 Схема электрическая принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Д		
Лист	Листов 1	

ЮрГУ
 Кафедра КиПР

Формат А0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)
Перечень элементов ПУ-ИКР

					11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примичание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. дата	Инв. № дцкл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
BQ1	Резонатор К1-4ДС-12000К РЦ3.382.255 ТУ	1																
	Конденсаторы ФЦТА.673516.016 ТУ																	
С1-С3	К10-84В 3216М 10 В Н20 1000 пФ ±1% N A	3																
С4	К10-84В 3216М 10 В Н20 0,01 мкФ ±1% N A	1																
С5-С7	К10-84В 3216М 10 В Н20 1000 пФ ±1% N A	3																
С8	К10-84В 3216М 10 В Н20 0,1 мкФ ±10% N A	1																
С9	К10-84В 3216М 10 В Н20 1000 пФ ±1% N A	1																
С10	К10-84В 3216М 10 В Н20 7700 пФ ±1% N A	1																
С11	К10-84В 3216М 10 В Н20 5000 пФ ±1% N A	1																
С12	К10-84В 4025М 50 В Н90 1,5 мкФ N A	1																
С13	К10-84В 3216М 10 В Н20 0,1 мкФ ±10% N A	1																
С14	К10-84В 3216М 10 В Н20 7700 пФ ±1% N A	1																
С15	К10-84В 3216М 10 В Н20 5000 пФ ±1% N A	1																
С16-С18	К10-84В 4025М 50 В Н90 1,5 мкФ N A	3																
С19	К10-84В 3216М 10 В Н20 0,01 мкФ ±1% N A	1																
С20	К10-84В 4025М 50 В Н90 1,5 мкФ N A	1																
С21, С22	К10-84В 3216М 10 В МПО 24 пФ ±10% N A	2																
С23, С24	К10-84В 3216М 10 В Н20 0,1 мкФ ±10% N A	2																
DA1	Микросхема AD8362	1																
DA2-DA6	Микросхема 140УД14 БКО.347.004 ТУ11	5																
11.04.03.2019.190.00.01 ПЭЗ																		
Измеритель КРС переносной Перечень элементов																Лит. 1 Листов 4		
ЮУрГУ Кафедра КиПР																		
Копировал: _____ Формат А4																		

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примичание
DA7	Модуль электропитания МДМ5-1В05МУВ БКЯЮ.436630.004 ТУ	1	
DA8, DA9	Микросхема 140УД14 дКО.347.004 ТУ11	2	
DA10	Микросхема 249КП5Р АЕЯР.431160.499 ТУ	1	
DD1	Микросхема 533АГ3 дКО.347.141 ТУ45/02	1	
DD2	Микросхема 1887ВЕ7Т АЕЯР.431280.910 ТУ	1	
HG1-HG4	Индикаторы единичные ЗЛС339А аА0.339.182 ТУ	4	
HL1-HL5	Индикаторы единичные ЗЛ336 И-Л/ПО АЕЯР.432220.332 ТУ	5	
K1-K3	Реле HF3 S "Ахисот"	3	
	Резисторы Р1-12 ШКАБ.434110.002 ТУ		
R1	Р1-12-0,25-100 Ом ±5%-М-"А"	1	
R2	Р1-12-0,25-1,65 кОм ±5%-М-"А"	1	
R3	Р1-12-0,25-1,69 кОм ±5%-М-"А"	1	
R4	Р1-12-0,25-33,4 кОм ±5%-М-"А"	1	
R5	Р1-12-0,25-32,5 кОм ±5%-М-"А"	1	
R6	Р1-12-0,25-1 МОм ±5%-М-"А"	1	
R7	Р1-12-0,25-1,3 кОм ±5%-М-"А"	1	
R8	Р1-12-0,25-15,9 кОм ±5%-М-"А"	1	
R9	Р1-12-0,25-33,4 кОм ±5%-М-"А"	1	
R10	Р1-12-0,25-15,2 кОм ±5%-М-"А"	1	
R11	Р1-12-0,25-32,5 кОм ±5%-М-"А"	1	
R12	Р1-12-0,25-301 кОм ±5%-М-"А"	1	
R13	Р1-12-0,25-15,9 кОм ±5%-М-"А"	1	
R14	Р1-12-0,25-15,2 кОм ±5%-М-"А"	1	
R15	Р1-12-0,25-1,2 кОм ±5%-М-"А"	1	

Инв. № подл.	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

11.04.03.2019.190.00.01 ПЗЗ

Лист

2

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примичание
	<i>Резисторы P1-12 ШКАБ.434.110.002 ТУ</i>		
R16, R17	<i>P1-12-0,25-15,9 кОм ±5%-М-"А"</i>	2	
R18, R19	<i>P1-12-0,25-15,2 кОм ±5%-М-"А"</i>	2	
R20	<i>P1-12-0,25-301 кОм ±5%-М-"А"</i>	1	
R21-R26	<i>P1-12-0,25-3,9 кОм ±5%-М-"А"</i>	6	
R27-R54	<i>P1-12-0,25-1 кОм ±5%-М-"А"</i>	28	
VD1	<i>Стабилитрон 2С147Г СМЗ.362.839 ТУ</i>	1	
SB1, SB2	<i>Тумдлер МТ1 В ОЮО.360.016 ТУ</i>	2	
SB3-SB6	<i>Переключатель ВКн1 АСЖР.642130.003 ТУ</i>	4	
X1, X2		2	<i>конт. площадка</i>
XP1	<i>Вилка СНПЗ47-10ВП22-В РЮМК.430420.012 ТУ</i>	1	
XP2	<i>Держатель карт памяти СD01-АР203</i>	1	
XW1	<i>Вилка СР50-165ФВ ВРО.364.007 ТУ</i>	1	
Z1	<i>Фильтр АЕ45275Н-990 "АЕК Дизайн"</i>	1	
Z2	<i>Фильтр АЕ45275Н-960 "АЕК Дизайн"</i>	1	
Z3	<i>Фильтр АЕ45275Н-930 "АЕК Дизайн"</i>	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

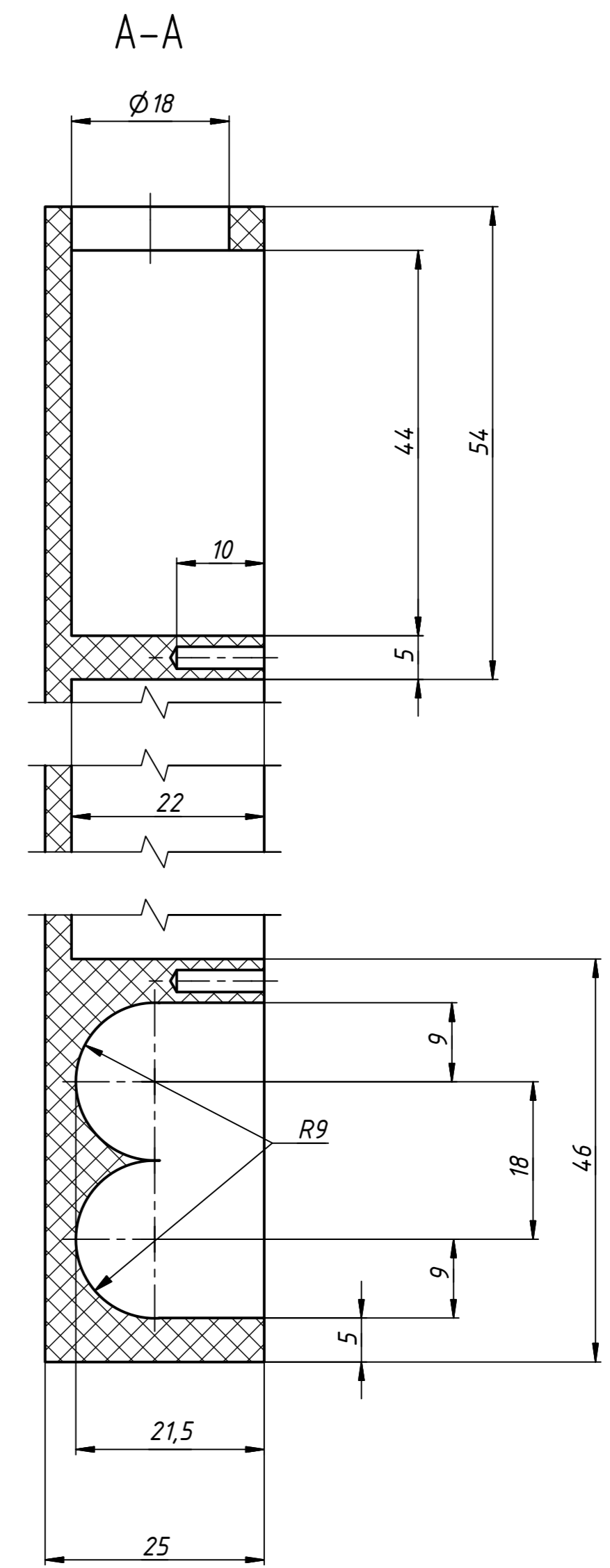
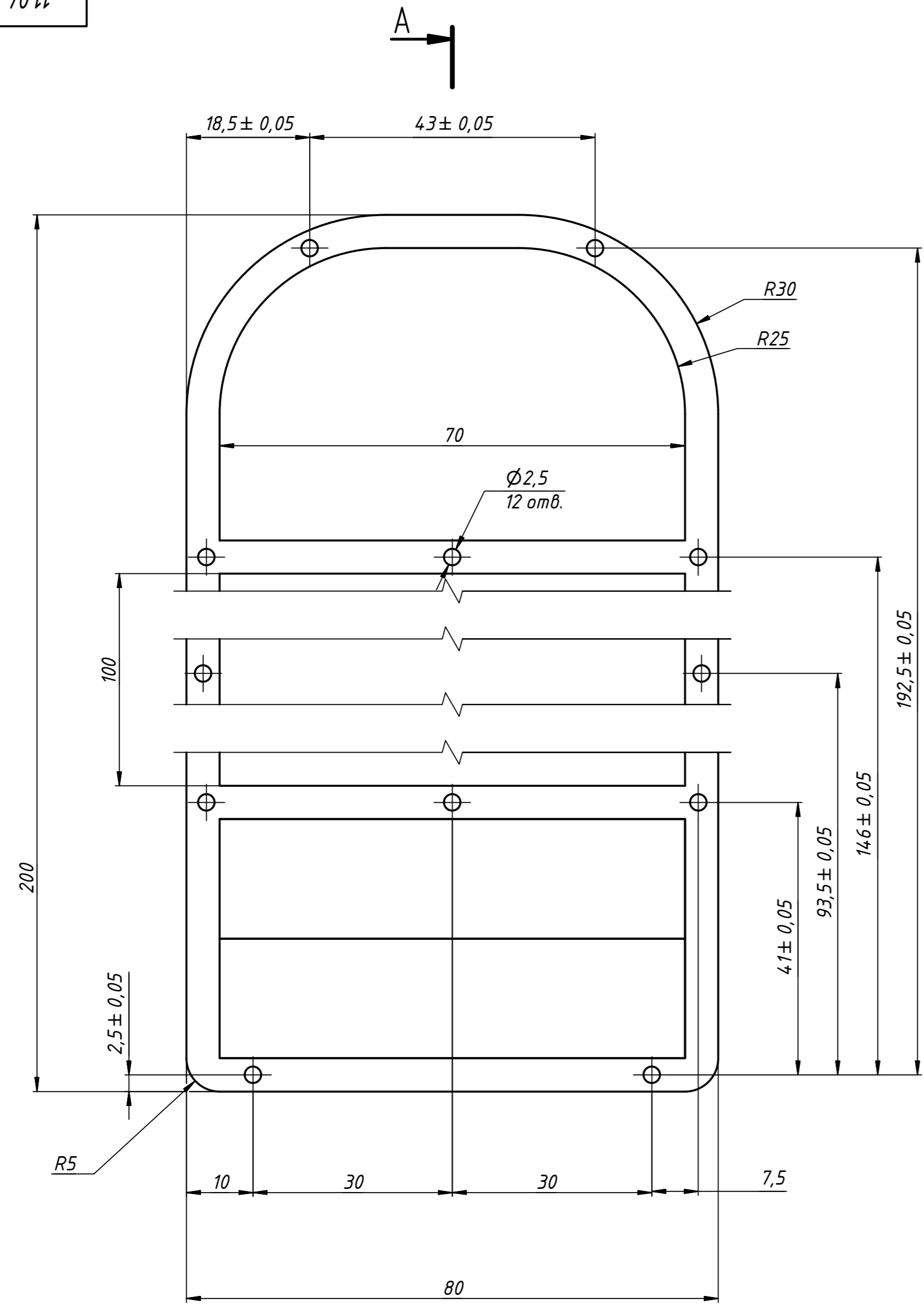
11.04.03.2019.190.00.01 ПЗЗ

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

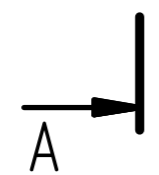
Поддон ПУ-ИКР

					<i>11.04.03.2019.190.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>71</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: Н14, н14
2. Остальные технические требования по ОСТ 4ГО.070.014

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № д.д.б.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.



11.04.03.2019.190.00.02					
Поддон ПУ-ИКР			Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Д
Разраб.	Гайнуллин				1:1
Пров.	Жданов				
Т. контр.					Лист
Н. контр.	Юнгайтис				Листов
Утв.	Войтович				1
Terluan НН-112				ЮУрГУ Кафедра КуПР	
Копировал				Формат А2	