

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РАН в г. БИШКЕКЕ**

УДК 550.380.83 / 621.317.328

УТВЕРЖДАЮ

№ госрегистрации 0155-2014-0004

Директор НС РАН в г. Бишкеке

Инв. № 04/16

д-р физ.-мат. наук

А. К. Рыбин

«20» декабря 2016 г.



ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ И ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЙ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В
СЕЙСМОАКТИВНЫХ ЗОНАХ И ОЦЕНКИ ИХ ОПАСНОСТЕЙ (№ 0155-2014-0004)**

(годовой за 2016 г.)

Раздел 9 «Науки о Земле»:

Подраздел 138 «Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика (инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии)»

Руководитель темы

заведующий лабораторией комплексных исследований геодинамических процессов в геофизических полях (ЛКИ) НС РАН, канд. физ.-мат. наук

В.Д. Брагии

Бишкек 2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

Заведующий ЛКИ, кандидат ф. м. н.



подпись

В.Д. Брагин

Исполнители:

Заведующий ЛПАР



подпись

П.В. Ильичев

Вед. инженер-конструктор ЛПАР



подпись

В.В. Бобровский

Младший научный сотрудник ЛПАР



подпись

О.А. Лашин

Инженер-исследователь ЛПАР



подпись

Е.Ю. Копылов

Младший научный сотрудник ЛПАР



подпись

М.О. Лисимов

Реферат

Отчет: 3 раздела, 354 с., 84 рисунка, 7 источников, 5 приложений

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ И ОСНОВ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ ЗОНАХ И ОЦЕНКИ ИХ ОПАСНОСТЕЙ.

Объектом исследования (разработки) является система геофизического мониторинга развития напряженно-деформационных процессов в земной коре сейсмоактивных зон, состоящая из сети измерительных станций, обеспечивающих регистрацию и предварительную обработку сигналов отклика земной коры на внешнее электромагнитное воздействие.

Цель работы - создание современной системы активного электромагнитного мониторинга напряженно-деформационных процессов в земной коре в диапазоне глубин от 1 до 30 км на базе существующего в Научной станции РАН прототипа такой системы, проведение научно-исследовательских и последующих опытно-конструкторских работ с тиражированием новых систем с целью оснащения ими геодинамических полигонов в сейсмоактивных регионах на территории России и других стран.

Метод и методология проведения работы

В 2016 году в рамках проводимой с 2010 года НИР были продолжены работы по разработке нового аппаратно-программного измерительного комплекса для проведения электромагнитных зондирований земной коры методами ЗС (ЗСБ) с применением шумоподобных сигналов. Основные направления работ в отчетный период:

1. разработка комплекта эскизной технической документации и изготовление усовершенствованного макетного образца измерительного комплекса ЭРК ШПС;
2. разработка комплекта эскизной технической документации и изготовление усовершенствованного имитатора сигналов для измерительного комплекса ЭРК ШПС;
3. доработка, алгоритмов и программ регистрации и обработки данных для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРК ШПС по результатам лабораторных и полевых экспериментов, проведенных в 2014 - 2015 годах.

Основной целью выполняемых в 2016 году работ была доработка (разработка) эскизной технической и программной документации на усовершенствованный измерительный комплекс ЭРК ШПС и имитатор сигналов по результатам выполненных в 2014 – 2015 годах лабораторных и полевых экспериментов с ранее изготовленным макетным образцом измерительного комплекса. Для некоторых блоков измерительного комплекса, таких как блок управления и регистрации сигналов (БУРС), блок усиления и фильтрации сигналов (БУФС) и для имитатора сигналов (ИС) потребовалась полная переработка их схем и конструкции.

Перечень ключевых слов:

электроразведочный измерительный комплекс, генератор зондирующих сигналов, индукционный датчик сигналов, шумоподобные сигналы, корреляционная обработка сигналов.

Определения, обозначения и сокращения

В настоящем отчете приняты следующие сокращения и аббревиатуры:

АЦП - аналого-цифровой преобразователь;

АЧХ - амплитудно-частотная характеристика;

БПФ - быстрое преобразование Фурье;

БУФС - блок усиления и фильтрации сигналов;

БУРС - блок управления и регистрации сигналов;

БПБУРС - блок питания для БУРС;

ВКФ - взаимная корреляционная функция;

ГЗС - генератор зондирующих сигналов;

ГТИ - генератор тактовых импульсов;

ДДН - декадный делитель напряжения;

ИОН - источник опорного напряжения;

ИС - имитатор сигналов;

ИСД - имитатор сигналов датчика;

ИДС - индукционный датчик сигналов;

ИЗС - имитатор зондирующих сигналов;

ИПС - имитатор полевых сигналов;

ИПХС - имитатор переходной характеристики среды;

ИПХ - импульсная переходная характеристика;

КС - коммутатор сигналов;

МК - микроконтроллер;

ОУ - операционный усилитель;

ПК - персональный компьютер;

ПЗУ - постоянное запоминающее устройство;

ПДП - прямой доступ к памяти;

УВХ - устройство выборки и хранения;

УГР - устройство гальванической развязки;

ФГС - формирователь градуировочных сигналов;

ФУС - формирователь управляющих сигналов;

ФМЗС - формирователь модельных зондирующих сигналов;

ФНЧ - фильтр низкой частоты;
ФЦП - формирователь цифровых последовательностей;
ФМП - формирователь М-последовательности;
ФПП - формирователь периодической последовательности;
ФСВМП - формирователь сигнала выборки М-последовательности;
ФЧХ - фазочастотная характеристика;
ШД - шина данных;
ШУ - шина управления;
ШПС - шумоподобный сигнал;
ЭРКШПС - электроразведочный комплекс с шумоподобными сигналами.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1. Разработка комплекта эскизной технической документации и изготовление усовершенствованного макетного образца измерительного комплекса ЭРК ШПС.....	9
1.1 Разработка технической документации на блок управления и регистрации сигналов	10
1.1.1 Технические характеристики и структурно-функциональная схема БУРС	10
1.1.2 Электрические принципиальные схемы БУРС.....	19
1.1.3 Конструкция БУРС.....	30
1.2 Разработка технической документации на блок питания для БУРС.....	32
1.2.1 Технические характеристики БПБУРС	33
1.2.2 Электрические принципиальные схемы БПБУРС	35
1.2.3 Конструкция БПБУРС.....	36
1.3 Разработка технической документации на индукционный датчик сигналов	37
1.3.1 Определение технических характеристик и разработка электрической принципиальной схемы индукционного датчика сигналов	37
1.3.2 Разработка конструкции индукционного датчика сигналов	39
1.4 Разработка технической документации на блок усиления и фильтрации сигналов	42
1.4.1 Технические характеристики и структурно-функциональная схема БУФС	43
1.4.2 Электрические принципиальные схемы БУФС.....	49
1.4.3 Разработка конструкции БУФС	59
2. Разработка комплекта эскизной технической документации и изготовление усовершенствованного имитатора сигналов для измерительного комплекса ЭРК ШПС	61
2.1 Технические характеристики и структурно-функциональная схема имитатора сигналов	63
2.2 Разработка электрических принципиальных схем имитатора сигналов.....	69
2.3 Разработка конструкции имитатора сигналов	79
3. Доработка алгоритмов и программ регистрации и обработки данных для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС по результатам лабораторных и полевых экспериментов, проведенных в 2014–2015 годах	83
3.1 Спецификация требований к комплексу программ регистрации сигналов и обработки данных усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС.....	85
3.1.1 Требования к архитектуре программного обеспечения регистрации и обработки данных измерительного комплекса ЭРКШПС.....	85
3.1.2 Требования к компонентам и интерфейсам программного обеспечения регистрации и обработки данных измерительного комплекса ЭРКШПС	89

3.2	Описание программы регистрации сигналов для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРК ШПС - BBSRegistrator.....	93
3.2.2	Описание структуры и функций программы регистрации сигналов BBSRegistrator	94
3.2.3	Описание входных и результирующих данных программы регистрации сигналов BBSRegistrator	98
3.3	Описание программы обработки данных регистрации для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС – BBS_ViewerM_NR	99
3.3.1	Описание задач, решаемых программой обработки данных регистрации BBS_ViewerM_NR.....	99
3.3.2	Описание структуры, функций и элементов интерфейса пользователя программы обработки данных регистрации BBS_ViewerM_NR	102
	Заключение	134
	Список использованных источников	135
	Приложение А. Блок управления и регистрации сигналов, альбом схем и чертежей НСРАН 010.01.000 АС	136
	Приложение Б. Блок питания БУРС, альбом схем и чертежей НСРАН 010.02.000 АС	207
	Приложение В. Индукционный датчик сигналов, альбом схем и чертежей НСРАН 010.03.000 АС	233
	Приложение Г. Блок усиления и фильтрации сигналов, альбом схем и чертежей НСРАН 010.04.000 АС	276
	Приложение Д. Имитатор сигналов, альбом схем и чертежей НСРАН 010.05.000 АС.....	302

Введение

В отчете приведены результаты работ, выполненных в 2016 году по теме **“Разработка аппаратно-программных средств и основ технологий электромагнитного мониторинга геодинамических процессов в сейсмоактивных зонах и оценки их опасностей”**.

Проводимые в 2016 году разработки являются продолжением работ, начатых в 2010 году, цель которых - создание нового современного аппаратно-программного измерительного комплекса для электромагнитных зондирований земной коры методом зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) с применением шумоподобных зондирующих сигналов.

Работа проводится в рамках **Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, раздел VIII подпункт 80: “Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии”**.

В 2016 году выполнялись ниже перечисленные работы.

1. Разработка комплекта эскизной технической документации на усовершенствованный блок управления и регистрации сигналов (БУРС) измерительного комплекса ЭРК ШПС и блока питания для него (БПБУРС), изготовление экспериментальных образцов БУРС и БПБУРС по разработанной документации.
2. Разработка комплекта эскизной технической документации на усовершенствованный индукционный датчик сигналов (ИДС) измерительного комплекса ЭРК ШПС;
3. Разработка комплекта эскизной технической документации на усовершенствованный блок усиления и фильтрации сигналов (БУФС) измерительного комплекса ЭРК ШПС.
4. Разработка комплекта эскизной технической документации на усовершенствованный имитатор сигналов (ИС) для измерительного комплекса ЭРК ШПС.
5. Разработка комплекта эскизной документации на пакет программных средств для нового усовершенствованного измерительного комплекс ЭРК ШПС.

1. Разработка комплекта эскизной технической документации и изготовление усовершенствованного макетного образца измерительного комплекса ЭРК ШПС

Лабораторные и полевые эксперименты, проведенные в 2014 и в 2015 годах с макетным образцом измерительного комплекса ЭРК ШПС, изготовленного в 2013 году, показали, что необходима существенная переделка как аппаратной части измерительного комплекса, так и программного обеспечения к нему.

В процессе проведения экспериментов были выявлены так называемые “структурные помехи”, появляющиеся в процессе обработки зарегистрированных шумоподобных сигналов. Несмотря на то, что уровень этих помех достаточно мал, примерно на 80 дБ ниже максимального значения сигнала становления поля, эти помехи приводят к существенному ограничению возможностей использования шумоподобных сигналов в аппаратуре активной электроразведки из-за того, что на больших глубинах зондирования сигнал становления поля становится соизмеримым с уровнем этих помех. Поэтому задача борьбы с такого рода помехами по крайней мере значительного снижения их уровня становится наиболее актуальной.

В 2014 и в 2015 годах проведена большая экспериментальная работа по определению причин возникновения таких помех. Выполнялось физическое моделирование в лабораторных условиях с применением имитатора сигналов и математическое моделирование измерительной системы в различных режимах ее работы и задаваемых характеристиках и параметрах ее узлов и блоков. Было показано, что основной причиной появления “структурных помех” является нелинейность передаточных характеристик узлов и блоков измерительной системы, возможно даже объекта исследования - земной коры.

По результатам экспериментов был сделан вывод о том, что для решения главной задачи – создание современного геофизического электроразведочного измерительного комплекса с применением шумоподобных зондирующих сигналов, необходимо чтобы нелинейность передаточных характеристик узлов и блоков измерительного тракта создаваемой аппаратуры была минимальной во всем динамическом диапазоне регистрируемых сигналов. Для реализации этого требования потребовался пересмотр большинства схемотехнических и конструктивных решений, принятых ранее при разработке и изготовлении макетного образца измерительного комплекса ЭРКШПС. Практически все основные блоки и устройства измерительного комплекса подверглись существенным изменениям. Были изменены все электрические принципиальные схемы узлов и блоков измерительного комплекса и элементная база, на которой они строились, поменялась конструкция блоков.

1.1 Разработка технической документации на блок управления и регистрации сигналов

Эксперименты на математических моделях ЭРКШПС показали, что нестабильность временных параметров М-последовательностей и недостаточная (неустойчивая) синхронизация управляющих работой аналого-цифрового преобразователя (АЦП) сигналов выборки с формируемыми зондирующими импульсами, наряду с нелинейностью измерительного тракта, также могут приводить к появлению “структурных помех”. Поэтому, основной задачей при разработке нового БУРС было повышение временной стабильности формируемых управляющих сигналов и обеспечение их жесткой синхронизации с сигналом выборки АЦП.

Так как на входе АЦП, расположенного в БУРС устанавливается буферный усилительный каскад, являющийся аналоговой частью измерительного тракта ЭРКШПС, то при разработке нового БУРС были приняты меры по снижению уровня нелинейных искажений как этого усилительного каскада, так и микросхемы АЦП.

1.1.1 Технические характеристики и структурно-функциональная схема БУРС

Для снижения уровня структурных помех, связанных с несинхронной работой схем формирования цифровых управляющих сигналов и сигнала выборки АЦП в режиме работы с шумоподобными М-последовательностями были пересмотрены схемотехнические решения при реализации делителей тактовой частоты. При разработке новых схем было решено отказаться от универсального делителя частоты, применяемого в предыдущем варианте БУРС. Это обусловлено возможными срывами синхронизации при использовании коэффициентов деления не кратных двум. В новом БУРС было решено уменьшить количество режимов работы с М-последовательностями и реализовать для каждого режима индивидуальные схемы деления тактовой частоты задающего генератора, построенные на схемах синхронных счетчиков с синтезированной таблицей истинности. Реализация единого стабильного источника тактовых импульсов для формирования управляющих М-последовательностей и сигнала выборки АЦП позволило обеспечить их жесткую синхронизацию. Во всех режимах работы с зондирующими шумоподобными М-последовательностями реализована постоянная длительность сигнала выборки, что обеспечивает идентичность работы устройства выборки и хранения (УВХ) микросхемы АЦП в различных режимах работы с М-последовательностями.

С целью снижения уровня нелинейных искажений, вносимых микросхемой АЦП была пересмотрена схема источника опорного напряжения для нее. Микросхема AD676, используемая в плате АЦП, согласно техническому описанию может работать с опорным напряжением 10 и 5 вольт. Если на микросхему AD676 подавать опорное напряжение 10 вольт, то среднеквадратичное значение собственных шумов АЦП составит 160 мкВ, а уровень нелинейных искажений при

амплитуде входного сигнала 5,6 вольт будет равен минус 96,5 дБ. Если же использовать опорное напряжение 5 вольт, то уровень нелинейных искажений АЦП уменьшится на 4 дБ, а величина собственных шумов увеличивается на 5 дБ, так как согласно техническому описанию на микросхему AD676 соотношение сигнал/шум увеличивается пропорционально диапазону изменения входных сигналов. Для снижения уровня нелинейных искажений микросхемы АЦП источник опорного напряжения 10 вольт, применявшийся в предыдущей схеме БУРС, в качестве которого использовалась микросхема AD587, был заменен на источник опорного напряжения, выполненный на микросхеме AD586. Ухудшение соотношения сигнал/шум на 5 дБ компенсируется при обработке алгоритмом синхронного накопления, при этом необходимо увеличить количество периодов накоплений в четыре раза.

С целью снижения уровня нелинейных искажений, вносимых входной аналоговой схемой при разработке схемы АЦП для нового БУРС был применен операционный усилитель типа AD797 с очень малыми нелинейными искажениями. При дифференциальном включении операционного усилителя AD797, единичном коэффициенте усиления, сопротивлении нагрузки 1 кОм и амплитуде входного сигнала 4,2 вольт, коэффициент нелинейных искажений для такого операционного усилителя в диапазоне частот до 25 кГц может быть меньше, чем минус 120 дБ.

Для снижения уровня проникающих во входные аналоговые цепи АЦП через паразитные RC-цепи цифровых управляющих сигналов, которые могут привести к появлению “структурных помех”, при трассировке проводников печатной платы АЦП аналоговые цепи были максимально удалены от цифровых.

Для уменьшения количества импульсных помех от цифровых схем БУРС, проникающих в измерительный тракт через паразитные цепи, необходимо уменьшение количества цепей распространения динамических управляющих сигналов. Однако реализация различных режимов формирования цифровых управляющих сигналов с учетом обеспечения максимального подавления промышленной сетевой помехи (длительность M-последовательности должна быть кратна числу полупериодов сетевой помехи) и ее гармонических составляющих требует относительно сложных схемотехнических решений, заключающихся в необходимости реализации индивидуальных коэффициентов деления частоты основного генератора для каждого типа M-последовательности. Для решения данной задачи был реализован новый принцип управления режимами ЭРКШПС в котором все цепи формирования управляющих сигналов не используемых в выбранном режиме работы переводятся в статический режим.

Исследования свойств алгоритма взаимной корреляции сигналов, проведенные в 2014 году на математических моделях выявили, что местоположение импульсов структурной помехи, возникающей после корреляционной обработки широкополосной M-последовательности зависит от ее структуры (разрядность, обратные связи) и длительности. Для обеспечения гибкой настройки

параметров, зондирующей М-последовательности (разрядность, длительность минимального импульса, обратные связи) без усложнения схемы формирования вместо стандартной схемы формирователя М-последовательности, выполненной на триггерах и логических элементах была реализована схема, основанная на прошивке таблицы истинности формируемой последовательности в микросхему постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). Такое решение позволило резко сократить количество микросхем, применяемых в схеме формирователя М-последовательности, снизив энергопотребление и количество “шумящих” цифровых цепей.

При разработке нового БУРС была предусмотрена возможность дальнейшего улучшения его параметров при минимальных доработках аппаратных узлов блока. Одно из планируемых в дальнейшем улучшений связано с переходом на АЦП с увеличенной разрядностью и повышенной частотой дискретизации. С целью обеспечения возможности применения в БУРС аналогово-цифровых преобразователей с частотой дискретизации до 350 кГц и разрядностью не менее 18 бит в качестве микроконтроллера управляющего работой БУРС применена отладочная плата SK-MAT91SAM9G45/M10 производства фирмы STARTERKIT.RU (г. Ижевск, РФ). Выбор данного микроконтроллера был обусловлен ниже перечисленными его достоинствами.

- Наличие достаточного объема оперативной памяти для организации промежуточного буфера регистрации данных, что позволяет снизить вероятность пропуска данных на высоких частотах дискретизации АЦП.
- Наличие достаточного количества цифровых линий ввода-вывода для организации шины управления режимами работы БУРС.
- Быстродействие контроллера и наличие скоростного интерфейса работы с внешним накопителем данных большого объема достаточно для длительной непрерывной регистрации данных одноканального АЦП при частоте дискретизации не менее 350 кГц и разрядности не менее 24 в течении двух часов.

В таблице 1.1.1 приведены технические параметры и характеристики нового БУРС: в три раза был уменьшен уровень входных регистрируемых сигналов, в 15 раз снижено смещение нулевого уровня в выходном сигнале и в 20 раз уменьшился его температурный дрейф.

В таблице 1.1.2. приведены режимы работы БУРС и основные параметры формируемых управляющих сигналов для каждого из режимов. Основной упор был сделан на уменьшение количества режимов работы БУРС до необходимого минимума при одновременном повышении стабильности временных характеристик работы БУРС в этих режимах.

Таблица 1.1.1 Технические параметры и характеристики БУРС

№ п.п.	Параметр	Ед. изм.	Значение	Примечание
1.	Предельно допустимый уровень входного сигнала, не более	В	±12	
2.	Диапазон регистрируемых входных сигналов	В	от минус 1,5 до 1,5	
3.	Напряжение смещения приведенное ко входу блока, не более	мкВ	160	
4.	Напряжения дрейфа нуля приведенное ко входу блока, не более	мкВ/°С	1,0	
3.	Уровень собственных шумов, приведенный ко входу блока, не более	мкВ	97	
4.	Частота дискретизации	кГц	51,200 54,613 52,013	
5.	Входное сопротивление	Ом	1000 (50)	
6.	Уровни выходных логических сигналов	В		При токе 15 мА
	лог. 1, не менее		2,4	
	лог. 0, не более		0,5	
7.	Напряжения внешних источников питания:	В		
	для платы АЦП		± (17,5 ÷ 25) 5,5 ÷ 7	Макс. ток 75 мА Макс. ток 150 мА
	для платы ГТИ		11,5 ÷ 13 5,5 ÷ 7	Макс. ток 500 мА Макс. ток 120 мА
	для платы ФМП		5,5 ÷ 7	Макс. ток 135 мА
	для платы ФПП		5,5 ÷ 7	Макс. ток 345 мА
	для платы ФСВ МП		5,5 ÷ 7	Макс. ток 225 мА
	для платы КС		5,5 ÷ 7	Макс. ток 150 мА
	для платы МК		5,5 ÷ 7	Макс. ток 400 мА

Таблица 1.1.2 Режимы работы БУРС и параметры формируемых сигналов

Режим работы	Параметры формируемых сигналов						
	$N_{МП}$, бит	$T_{ИМПmin}$, дискр.	$L_{МП}$, мс	$T_{И}$, мс	$T_{П}$, мс	$F_{д}$, Гц	T_{SAMPLE} , мкс
ШПС	11	4	149,92675	-	-	54613,33333	2,13623
	13	1	149,98168	-	-	54613,33333	2,13623
	13	4	629,92309	-	-	52012,69841	2,13623
	15	1	629,98077	-	-	52012,69841	2,13623
ПП	-	-	-	40	40	51200	2,44141
	-	-	-	80	80	51200	2,44141
	-	-	-	160	160	51200	2,44141
ГР	-	-	-	(40)	0	51200	2,44141
	-	-	-	(80)	0	51200	2,44141
	-	-	-	(160)	0	51200	2,44141
	-	-	-	20480	0	51200	2,44141

$N_{МП}$ – разрядность М-последовательности; $T_{ИМПmin}$ – минимальная длительность импульсов в М-последовательности; $L_{МП}$ – длительность одной М-последовательности; $T_{И}$ – длительность импульсов в режиме ПП; $T_{П}$ – длительность пауз в режиме ПП; $F_{д}$ – частота дискретизации сигналов в АЦП; T_{SAMPLE} – длительность сигнала выборки АЦП.

Примечание:

1. В режиме градуировки (ГР) под управлением сигналов MNG1 и MNG2, формируемых в БУРС, в специальном формирователе градуировочных сигналов (ФГС) генерируются и подаются в градуировочную катушку индукционного датчика прямоугольные биполярные импульсы тока без пауз длительностью $T_{И}$.
2. В режиме градуировки (ГР) длительности импульсов $T_{И} = 40; 80, 160$ мс – не используются и запрещены в программе регистрации.
3. В режиме работы с шумоподобными сигналами (ШПС) один из представленных в таблице 1.1.2 сигналов может быть заменен на один из дополнительных с параметрами приведенными в таблице 1.1.3.

Таблица 1.1.3 Дополнительные сигналы, генерируемые в режиме ШПС и их параметры

Режим работы	Параметры генерируемых сигналов					
	Кд	$F_{д}$, кГц	T_{SAMPLE} , мкс	$N_{МП}$, bit	$T_{ИМПmin}$, д	$L_{МП}$, мс или $T_{И} = T_{П}$, мс
ШПС	300	54613,33333	2,13623	18	1	4799,9816897
	315	52012,69841	2,13623	18	1	5039,9807742

В БУРС реализованы три режима работы:

1. Режим «ПП» - зондирование детерминированными периодическими последовательностями;
2. Режим «ШПС» - зондирование шумоподобными М-последовательностями;
3. Режим «ГР» - градуировка (калибровка) измерительного канала.

Состав БУРС представлен на структурно-функциональной схеме, приведенной на рисунке 1.1.1. Перечень и описание всех сигналов БУРС приведен в таблице 1.1.4.

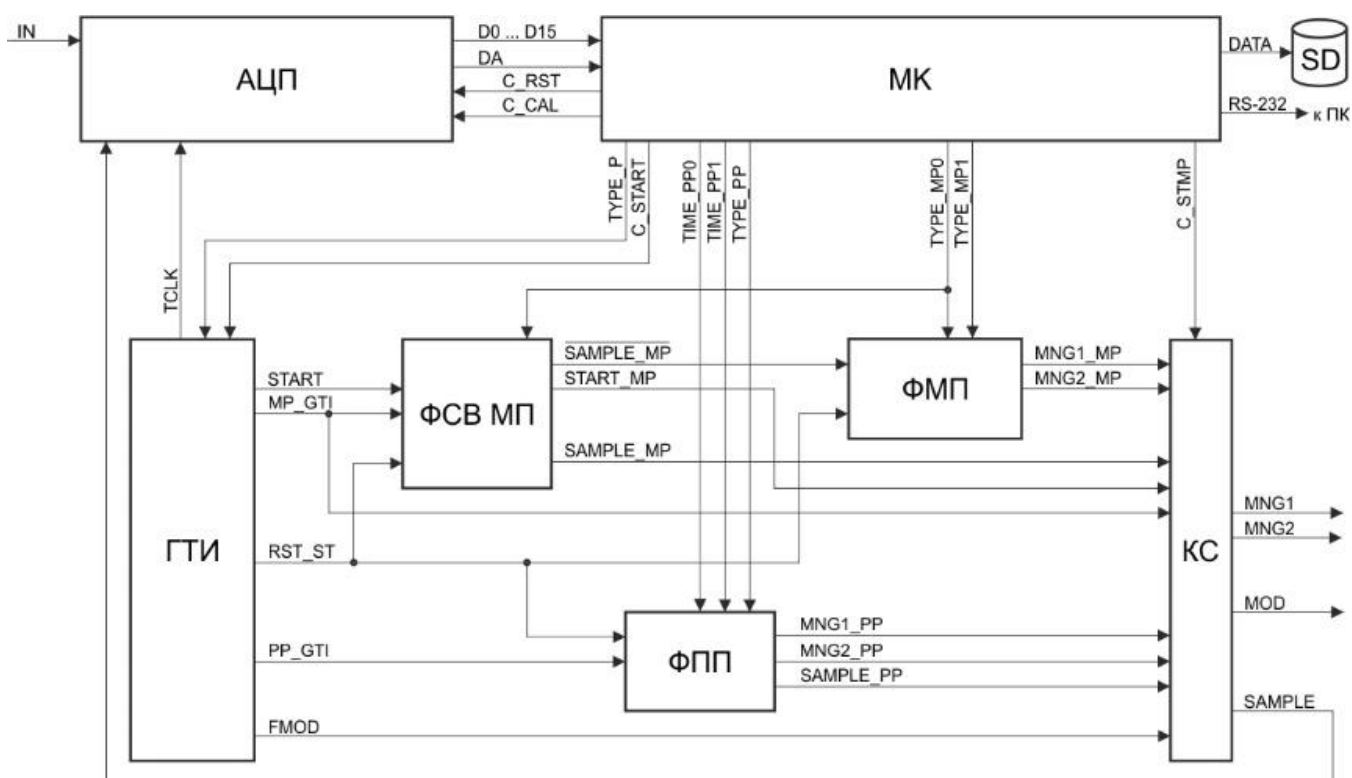


Рис. 1.1.1 Блок управления и регистрации сигналов, схема структурно-функциональная:

АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МК – микроконтроллер; SD – карта памяти типа SD Card; ГТИ – генератор тактовых импульсов; ФСВ МП – формирователь сигналов выборки для М-последовательности; ФМП – формирователь М-последовательности; ФПП – формирователь периодической последовательности; КС – коммутатор сигналов.

Основным устройством БУРС, отвечающим за выбор и настройку режимов работы и регистрацию данных, поступающих от измерительного канала ЭРКШПС является микроконтроллер. Управление микроконтроллером осуществляется при помощи встроенной специально разработанной программы регистрации сигналов **BBSRegistrator**. Связь программы с пользователем осуществляется с помощью внешнего персонального компьютера (ПК) при помощи любых терминальных программ, работающих с последовательным интерфейсом ввода/вывода – RS-232. Регистрация принимаемых данных осуществляется на внешнюю карту памяти типа

Micro SD Card в файловой системе FAT, поэтому файлы с данными доступны для чтения на любом ПК при помощи программы **BBS_ViewerM_NR**, специально разработанной для просмотра и обработки зарегистрированных данных.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) представляет собой синхронный преобразователь аналогового сигнала, поступающего на его вход (IN) от блока усиления и фильтрации сигналов (БУФС), в цифровой формат. Оцифрованный сигнал под управлением МК записывается во внешнюю карту памяти (Micro SD Card). На АЦП поступают тактовые импульсы TCLK и сигнал выборки данных SAMPLE синхронные с сигналами MNG1, MNG2 и MOD, обеспечивающими работу генератора зондирующих сигналов (ГЗС) измерительного комплекса. Перед каждым сеансом зондирования и регистрации сигналов, поступающих от БУФС, по команде C_CAL поступающей от МК, производится калибровка АЦП.

Генератор тактовых импульсов (ГТИ) предназначен для формирования последовательностей импульсов TCLK, MP_GTI, PP_GTI для всех узлов БУРС. В ГТИ осуществляется временная привязка (синхронизация) сигнала C_START, поступающего с МК к вырабатываемым им тактовым импульсам.

В режиме «ШПС» источником сигналов MNG1 и MNG2 являются сигналы MNG1_MP и MNG2_MP, вырабатываемые формирователем M-последовательностей (ФМП). В этом режиме под управлением статических сигналов TYPE_MP0 и TYPE_MP1, поступающих от МК в ФМП выбирается тип генерируемой M-последовательности. Сигнал выборки SAMPLE_MP и сигнал запуска ФМП в этом режиме работы генерируется формирователем сигналов выборки M-последовательности (ФСВ МП).

В режимах «ПП» и «ГР» источником сигналов MNG1 и MNG2 являются сигналы MNG1_PP и MNG2_PP, вырабатываемые формирователем периодических последовательностей (ФПП). В этом режиме под управлением статических сигналов TYPE_PP0, TYPE_PP1 и TYPE_PP2, поступающих от МК в ФПП выбирается длительность генерируемых импульсов.

Коммутатор сигналов (КС) предназначен для буферизации и коммутации сигналов, а также для создания коротких технических пауз (0,3 мкс) в режиме «ШПС» между выходными сигналами управления MNG1 и MNG2. В КС осуществляется переключение источника сигнала SAMPLE для АЦП в зависимости от выбранного режима. В режиме «ШПС» в качестве сигнала используется сигнал SAMPLE_MP, поступающий от ФСВ МП, в режимах «ПП» и «ГР» используется сигнал SAMPLE_PP, поступающий от ФПП.

Таблица 1.1.4 Перечень и описание входных и выходных сигналов БУРС

Обозначение сигналов	Описание
IN	Входной аналоговый сигнал.
D0...D15	Цифровые сигналы с выхода микросхемы АЦП согласованные по уровню и мощности с линией передачи и входом микроконтроллера.
C_CAL	Сигнал управления пуском калибровки микросхемы АЦП, синхронизированный внутренним генератором тактовых импульсов. Активный уровень высокий. Сигнал согласован по уровню и мощности с линией передачи и входом АЦП.
DA	Сигнал готовности данных АЦП, соответствующий времени окончания преобразования в цифровую форму выбранного отсчета аналогового сигнала IN. Активный уровень высокий. Сигнал согласован по уровню и мощности с линией передачи и входом микроконтроллера.
C_RST	Импульс сброса (подтверждения) готовности данных. Формируется по окончании чтения данных преобразования АЦП микроконтроллером. Активный уровень низкий. Сигнал согласован по уровню и мощности с линией передачи и входом микроконтроллера.
TCLK	Тактовые импульсы, обеспечивающие работу микросхемы АЦП.
RST_ST	Сигнал сброса (установки) триггерных схем в начальное состояние. Активный уровень низкий. Сбрасывается до формирования сигнала START.
C_START	Управляющий сигнал запуска регистрации. Сигнал запуска процесса формирования цифровых последовательностей. Активный уровень высокий. Сигнал согласован по уровню и мощности с линией передачи и входом микроконтроллера.
START	Сигнал запуска процесса формирования цифровых последовательностей. Активный уровень высокий. По времени установка данного сигнала синхронна с фронтом первого импульса сигнала выборки данных (SAMPLE).
TYPE_P	Управляющий сигнал выбора типа формируемой последовательности (ПП/МП) (см. Табл. 1.2). В зависимости от состояния разрешает формирование тактовых импульсов MP_GTI или PP_GTI. Сигнал согласован по уровню и мощности с линией передачи и входом микроконтроллера.
MP_GTI	Тактовые импульсы, обеспечивающие формирование М-последовательности. Фронт первого импульса по времени синхронен с фронтом первого импульса сигнала выборки данных (SAMPLE).
PP_GTI	Тактовые импульсы, обеспечивающие формирование периодической последовательности. Фронт первого импульса по времени синхронен с фронтом первого импульса сигнала выборки данных (SAMPLE).
TYPE_MP0, TYPE_MP1	Управляющий сигнал выбора типа формируемой М-последовательности. В зависимости от состояния формирует одну из четырех заложенных М-последовательностей (см. Табл. 1.2). Сигналы согласованы по уровню и мощности с линией передачи и входом микроконтроллера.
C_STMP	Команда устранения сквозных токов в режиме М-последовательности. Активный уровень высокий. В режиме устранения сквозных токов начало положительный фронт команд MNG1_MP, MNG2_MP задерживается относительно среза импульса сигнала выборки данных (SAMPLE) на один период MP_GTI.
START_MP	Вспомогательный сигнал для формирования М-последовательности. Активный уровень высокий. По времени установка данного сигнала синхронна со срезом первого импульса сигнала выборки данных (SAMPLE).
SAMPLE_MP	Сигнал выборки данных в режиме формирования М-последовательностей.
MNG1_MP, MNG2_MP	Команды управления работой ГЗС или имитатора сигналов, в режиме формирования М-последовательностей. Начало формирования команд по времени синхронно со срезом первого импульса сигнала выборки данных (SAMPLE).
TYPE_PP	Управляющий сигнал выбора типа формируемой периодической последовательности. В зависимости от состояния формирует периодическую последовательность с паузой или без паузы (см. Табл. 1.2). Сигналы согласованы по уровню и мощности с линией передачи и входом микроконтроллера.

TIME_PP0, TIME_PP1	Управляющий сигнал выбора длительности импульса (импульса=паузы) формируемой периодической последовательности (см. Табл. 1.2). Сигналы согласованы по уровню и мощности с линией передачи и входом микроконтроллера.
MNG1_PP, MNG2_PP	Команды управления работой ГЗС или имитатора сигналов, в режиме формирования периодических последовательностей. Начало формирования команд по времени синхронно со срезом первого импульса сигнала выборки данных (SAMPLE).
SAMPLE_PP	Сигнал выборки данных в режиме формирования периодических последовательностей.
SAMPLE	Сигнал выборки аналоговых данных (импульсы), обеспечивающий работу устройства выборки и хранения (УВХ) микросхемы АЦП.
MNG1	Команда управления работой ГЗС или имитатора сигналов, обеспечивающая генерацию положительных зондирующих импульсов в ГЗС или модельных в имитаторе сигналов.
MNG2	Команда управления работой ГЗС или имитатора сигналов, обеспечивающая генерацию отрицательных зондирующих импульсов в ГЗС или модельных в имитаторе сигналов.
F _{MOD}	Непрерывная последовательность импульсов высокой частоты (меандр), обеспечивающая работу схем драйверов управления силовыми ключами (схем гальванической развязки) в ГЗС.
MOD	Буферизированный сигнал F _{MOD} .
DATA	Данные регистрации.

Ниже рассмотрим работу БУРС в различных режимах.

Режим III (зондирование детерминированными периодическими последовательностями).

В этом режиме БУРС генерирует сигналы (MNG1; MNG2; F_{MOD}), под управлением которых генератор зондирующих сигналов (ГЗС) измерительного комплекса формирует и подает в зондирующую индукционную рамку периодическую последовательность прямоугольных биполярных импульсов тока с фиксированными (задаваемыми) параметрами (длительность импульсов, длительность пауз, амплитуда). Одновременно и строго синхронно с сигналами, управляющими работой ГЗС в БУРС генерируются сигналы SAMPLE, TCLK и C_CAL, обеспечивающие работу АЦП в процессе калибровки микросхемы АЦП и во время преобразования. Параметры сигналов управления работой АЦП должны строго соответствовать данным и временным диаграммам, приведенным в техническом описании на микросхему AD676 применяемую в БУРС.

Режим IIIС (зондирование шумоподобными сигналами).

В этом режиме БУРС генерирует сигналы (MNG1; MNG2; F_{MOD}), под управлением которых ГЗС формирует и подает в зондирующую индукционную рамку периодически повторяемые биполярные шумоподобные М-последовательности импульсов тока с задаваемыми амплитудой, разрядностью и длительностью одиночной М-последовательности и минимальной длительностью импульсов в М-последовательности. Как и в режиме III одновременно и строго синхронно с управляющими работой ГЗС сигналами в БУРС генерируются сигналы SAMPLE, TCLK и C_CAL.

Режим GP (калибровка измерительного канала).

В этом режиме БУРС генерирует сигналы (MNG1; MNG2) под управлением которых ФГС формирует в градуировочной катушке индукционного датчика (ИДС) измерительного комплекса специальные сигналы (двуполярные прямоугольные импульсы тока без пауз), обеспечивающие

калибровку измерительного канала. Как и в режимах ПП и ШПС одновременно и строго синхронно с управляющими работой ФГС сигналами в БУРС генерируются сигналы SAMPLE, TCLK и C_CAL. Так как конструктивное исполнение блока БУРС предполагает наличие одного выходного разъема, то в данном режиме сигнал F_{MOD} не формируется.

Все цифровые сигналы, отвечающие за управления режимами работы БУРС, образуют шину управления (ШУ). Следует отметить что все сигналы данной группы являются статическими и устанавливаются в зависимости от выбранного режима и типа сигнала в соответствии с таблицей 1.1.5 до начала регистрации сигналов.

Таблица 1.1.5 Состояние основных управляющих сигналов БУРС в зависимости от режима работы

Режим работы	Параметры генерируемых сигналов					Сигналы управления						
	Кд	F _д , Гц	N _{мп} , bit	T _{импmin} , дискр.	L _{мп} , мс или T _и = T _п , мс	TYPE_P	TYPE_MPO	TYPE_MP1	TYPE_PP	TIME_PP0	TIME_PP1	C_STMP
ШПС	300	54613,33	11	4	149,9267	1	0	0	X	X	X	1
			13	1	149,9817	1	1	0	X	X	X	1
	315	52012,69	13	4	629,9231	1	0	1	X	X	X	1
			15	1	629,9808	1	1	1	X	X	X	1
ПП	320	51200	-	-	40	0	X	X	1	0	0	0
			-	-	80	0	X	X	1	1	0	0
			-	-	160	0	X	X	1	0	1	0
ГР	320	51200	-	-	40	0	X	X	0	0	0	0/1
			-	-	80	0	X	X	0	1	0	0/1
			-	-	160	0	X	X	0	0	1	0/1
			-	-	20480	0	X	X	0	1	1	0/1

Кд – коэффициент деления частоты ГТИ (16384000 Гц) для получения F_д; F_д – частота дискретизации сигналов в АЦП; N_{мп} – разрядность M-последовательности; T_{импmin} – минимальная длительность импульсов в M-последовательности; T_и, T_п – длительность импульсов (пауз) в режиме ПП; L_{мп} – длительность одной M-последовательности; TYPE_P, TYPE_MPO, TYPE_MP1, TYPE_PP, TIME_PP0, TIME_PP1, C_STMP – сигналы управления режимами работы БУРС.

1.1.2 Электрические принципиальные схемы БУРС

В приложении А к настоящему отчету приведены электрические принципиальные схемы на новый усовершенствованный блок управления и регистрации сигналов. Согласно электрической

схеме НСРАН 10.01.000 ЭЗ БУРС состоит из восьми устройств, выполненных на печатных платах (А1 ÷ А8). Каждое устройство (плата) представляет функционально законченный узел. В зависимости от режима работы используется определенная комбинация работающих устройств. Например, в режиме «ШПС» ФПП не работает, хотя на него подается питание, но при этом отсутствуют входные сигналы тактирования и все счетчики и триггера схемы ФПП находятся в нулевом состоянии. В режиме «ПП» прекращается работа ФСВ МП и ФМП. Такое схемотехническое решение позволяет снизить уровень цифровых помех, проникающих в аналоговые цепи АЦП.

Ниже рассмотрена работа каждого отдельно взятого устройства БУРС.

Генератор тактовых импульсов (ГТИ)

Структурно-функциональная схема ГТИ показана на рисунке 1.1.2. Принципиальная электрическая схема ГТИ приведена в приложении А (НСРАН 10.01.001 ЭЗ).

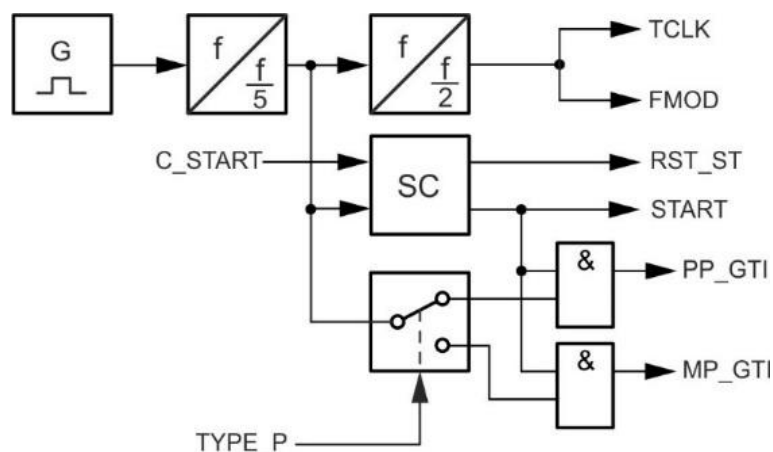


Рис. 1.1.2 Структурно - функциональная схема ГТИ:

SC – схема синхронизации сигнала C_START.

ГТИ состоит из задающего генератора, делителей тактовой частоты и схемы синхронизации сигнала C_START. Временная диаграмма работы ГТИ приведена на рисунке 1.1.3. На временной диаграмме показаны тактовые импульсы, обозначенные «G», которые поступают от задающего генератора частотой 16384000 Гц. В качестве задающего генератора применен прецизионный термостабилизированный генератор ГК75-ТС производства фирмы «Морион», Россия. Стабильность и синхронность работы всех элементов системы напрямую зависят от параметров и стабильности генератора. Одной из особенностей шумоподобных периодически повторяемых М-последовательностей является значительное увеличение подавления сетевой помехи (50 Гц) и ее нечетных гармоник при использовании алгоритмов синхронного накопления сигналов (см. Отчет

НИР..., 2012. с. 40). При отклонении частоты генератора от рабочей уменьшается подавление промышленных индустриальных помех, что ведет к снижению соотношения сигнал/помеха. Выбор типа задающего генератора был продиктован также и результатами математического моделирования, которые показали, что при нестабильной работе генератора возникают “структурные помехи”, ухудшающие соотношение сигнал/помеха, особенно на больших временах кривой становления поля и, как следствие, приводящие к снижению глубины зондирования земной коры.

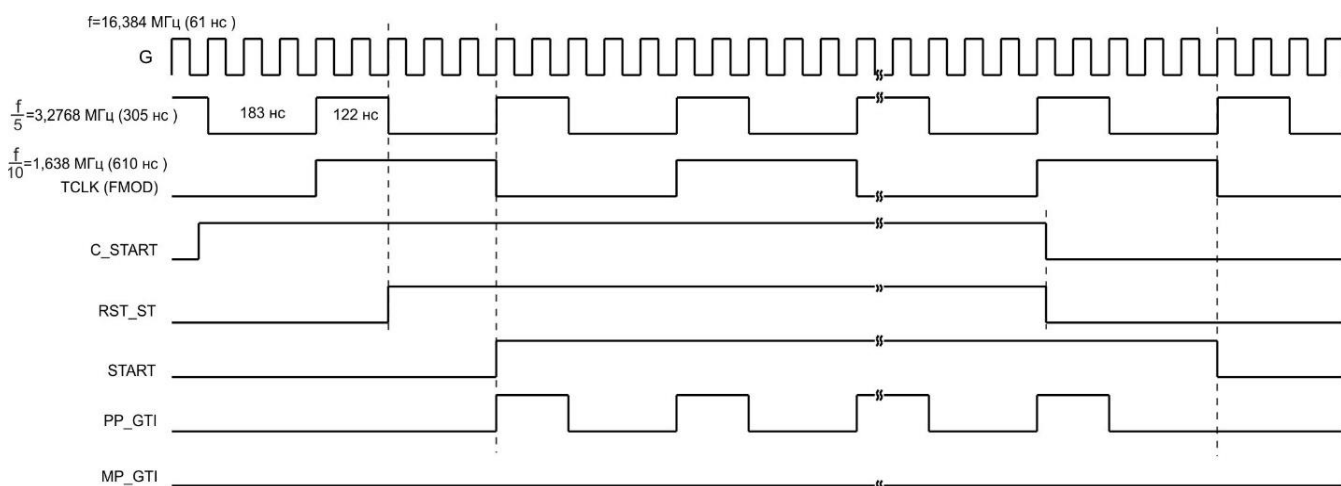


Рис. 1.1.3 Временная диаграмма работы ГТИ

Согласно электрической принципиальной схеме (смотри Приложение А, НСРАН 10.01.001 ЭЗ) тактовые импульсы, вырабатываемые задающим генератором G1, поступают на вход делителя частоты с коэффициентом деления равным пяти. Делитель частоты на пять выполнен на трех D-триггерах (DD1.1, DD1.2, DD6.1) и логическом элементе 2ИЛИ-НЕ (DD3.3) по схеме синхронного счетчика импульсов. На выходе логического элемента DD3.1 формируется периодическая последовательность импульсов со скважностью 40 %, являющаяся выходным сигналом делителя частоты на пять, который далее поступает на вход делителя частоты на два, выполненного на D-триггере (DD6.2). Последовательности тактовых импульсов со скважностью 50%, снимаемые через два буферных элемента 2И (DD8.1 и DD8.2) с выхода делителя частоты на два, используются для работы АЦП (TCLK) и ГЗС (FMOD).

Схема синхронизации (SC) обеспечивает по сигналу C_START, поступающему от микроконтроллера, формирование сигналов RST_ST и START согласно временной диаграмме (рис. 1.1.3). Фронт и срез сигнала START синхронизируются срезом выходного сигнала делителя частоты на пять. Фронт сигнала RST_ST синхронизирован фронтом сигнала делителя частоты на пять, а его срез совпадает со срезом внешнего сигнала C_START, поступающего от микроконтроллера. Схема

синхронизации SC выполнена на трех D-триггерах (DD4.1, DD4.2, DD7.1), четырех логических элементах 2ИЛИ (DD2), двух логических элементах 2ИЛИ-НЕ (DD3.2, DD3.4) и шести логических элементах 2И-НЕ (DD5, DD8.3, DD8.4). В зависимости от логического уровня сигнала TYPE_P, поступающего от микроконтроллера и определяющего режимы работы БУРС, разрешается подача тактовых импульсов либо в плату ФПП, либо в плату ФСВ МП, что как было указано выше позволяет снизить уровень цифровых помех, наводимых на схему АЦП. На временной диаграмме (рис. 1.1.3), показан случай, когда TYPE_P = лог. 0.

Формирователь периодических последовательностей (ФПП)

Структурно-функциональная схема ФПП показана на рисунке 1.1.4. Принципиальная электрическая схема ФПП приведена в приложении А (НСРАН 10.01.005 Э3). ФПП состоит из: двоичного асинхронного делителя частоты на 64, выполненного на девяти D-триггерах (DD1 ÷ DD3, DD6.1), логических элементах 8И (DD8.1) и 2И (DD5.4); двоичного асинхронного счетчика импульсов ST разрядностью 22, выполненного на D-триггерах (DD10 ÷ DD15, DD18 ÷ DD22); мультиплексора MUX и логических элементов, формирующих сигналы MNG1_PP, MNG2_PP, выполненных на микросхемах DD17, DD9.2 ÷ DD9.4, DD4.1 ÷ DD4.3, DD23, DD8.2.

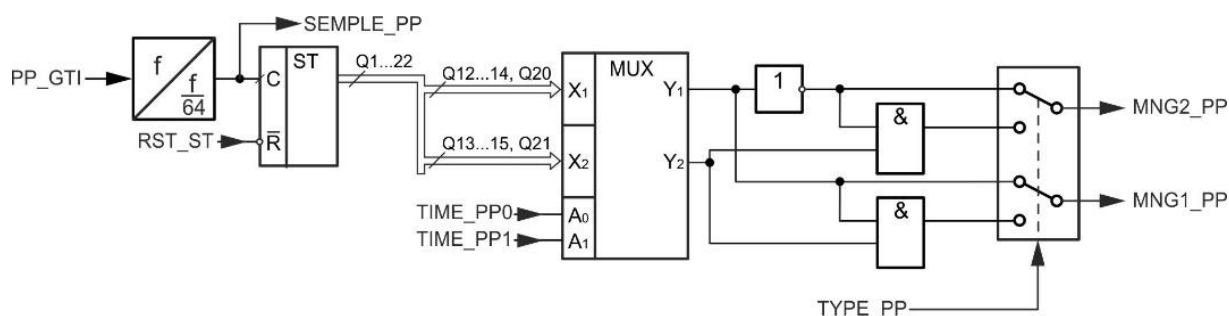


Рис. 1.1.4 Структурно - функциональная схема ФПП

На рисунке 1.1.5. приведена временная диаграмма работы ФПП при TYPE_PP = лог. 1, соответствующая режиму градуировки «ГР».

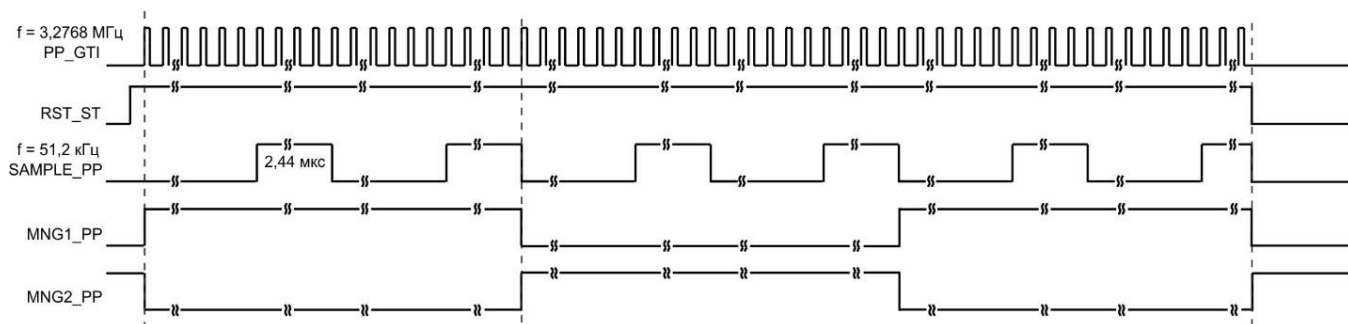


Рис. 1.1.5 Временная диаграмма работы ФПП при TYPE_PP = лог. 1

Формируемые на выходе делителя частоты на 64 импульсы SAMPLE_PP длительностью 2,4414 мкс и частотой повторения 51200 Гц используются в АЦП (в режимах «ПП» и «ГР») в качестве сигнала выборки (SAMPLE). В этих режимах скважность формируемых на выходе ФПП сигналов MNG1_PP и MNG2_PP равна 2.

Временная диаграмма работы ФПП при TYPE_PP = лог. 0, соответствующая режиму «ПП», показана на рисунке 1.1.6.

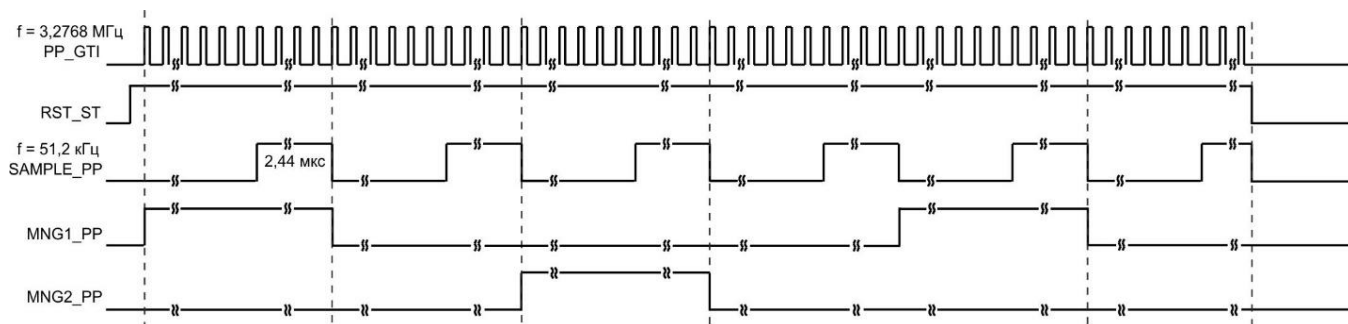


Рис. 1.1.6 Временная диаграмма работы ФПП при TYPE_PP = лог. 0

В режиме «ПП» на выходе ФПП формируются импульсные последовательности MNG1_PP и MNG2_PP скважность которых равна четырем. Так как сигнал MNG1_PP управляет формированием положительного импульса тока в ГЗС, а сигнал MNG2_PP отрицательным, то длительность паузы между отрицательными и положительными токовыми импульсами в нагрузке ГЗС (зондирующей рамке) будет равна длительности токовых импульсов.

Формирователь сигнала выборки для М-последовательности (ФСВ МП)

Структурно - функциональная схема ФСВ МП показана на рисунке 1.1.7. Принципиальная электрическая схема ФСВ МП приведена в приложении А (НСРАН 10.01.004 ЭЗ).

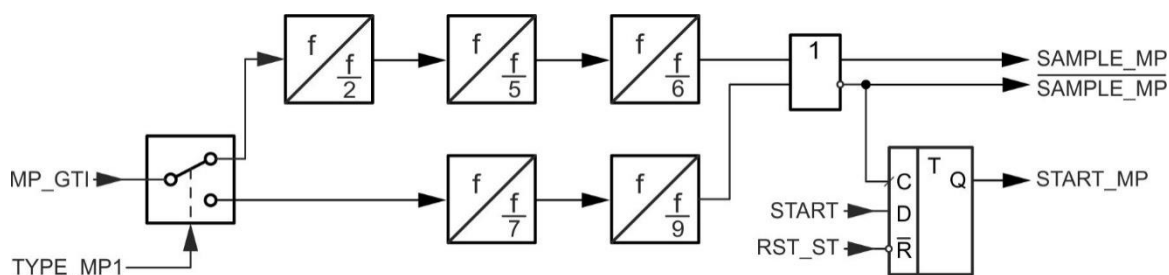


Рис. 1.1.7 Структурно - функциональная схема ФСВ МП.

На вход схемы ФСВ МП поступают импульсы MP_GTI от ГТИ из которых путем деления частоты получают необходимую частоту повторения импульсов SEMPLE_MP. Делитель частоты на два выполнен на D-триггере (DD7.1). Делитель частоты на пять выполнен на трех D-триггерах (DD7.2, DD14), трех логических элементах 2ИЛИ-НЕ (DD17.2, DD17.4, DD2.3) и логическом элементе 4И (DD12.2). Делитель частоты на шесть реализован на трех D-триггерах (DD6, DD10.1) и логическом элементе 4И (DD12.1). На четырех D-триггерах (DD4, DD8) и логическом элементе 2ИЛИ-НЕ (DD13.3) выполнен делитель частоты на семь. Делитель частоты на девять выполнен на пяти D-триггерах (DD3, DD9, DD15.1), логических элементах 2И (DD5.3) и 2ИЛИ-НЕ (DD13.4).

При условии когда TYPE_MP1 = 1, импульсы MP_GTI подаются на вход делителя частоты на семь. Далее сигнал с выхода делителя на семь поступает на вход делителя частоты на девять. Результирующая частота повторения импульсов SEMPLE_MP на выходе такого делителя будет равна 52012,6984 Гц. Если TYPE_MP1 = 0, то частота повторения импульсов MP_GTI последовательно делиться на два, на пять и на шесть. В результате на выходе частота сигнала SEMPLE_MP будет равна 54613,3333 Гц.

Коэффициенты деления частоты повторения импульсов MP_GTI равные 60 и 63 используемые для получения сигнала SAMPLE_MP рассчитывались определенным образом. При заданных разрядности M-последовательности и числе дискрет (периодов повторения импульсов SAMPLE_MP), укладываемых в минимальном по длительности импульсе формируемой M-последовательности, длительность этой последовательности должна быть кратной нечетному числу полупериодов промышленной помехи, т. е. должна составлять 10, 30, 50, 70 и т.д. миллисекунд. При соблюдении этого условия при обработке зарегистрированных сигналов с помощью алгоритма простого синхронного накопления сигналов с весовой функцией (1,1,1,1) (смотри Отчет НИР 2015 с. 50 – 57) получается максимальное подавление непрерывных индустриальных помех частотой 50 Гц. Для простоты реализации схем делителей частоты, выбранные коэффициенты деления 60 и 63 были представлены в виде произведений ($60 = 2 \times 5 \times 6$; $63 = 7 \times 9$). При этом, схемы делителей частоты были выполнены в виде последовательно включенных синхронных счетчиков с коэффициентами пересчета (2, 5, 6, 7 и 9).

На рисунке 1.1.8 представлена временная диаграмма работы ФСВ МП. Не зависимо от того, в каком состоянии находится вход управления TYPE_MP1 (логическая единица или ноль), длительность сигнала SAMPLE_MP всегда равна 2,136 мкс. Для того что бы задержать сигналы MNG1_MP и MNG2_MP в ФМП относительно SAMPLE_MP сигнал START_MP, подаваемый в ФМП формируется по заднему фронту сигнала SAMPLE_MP.

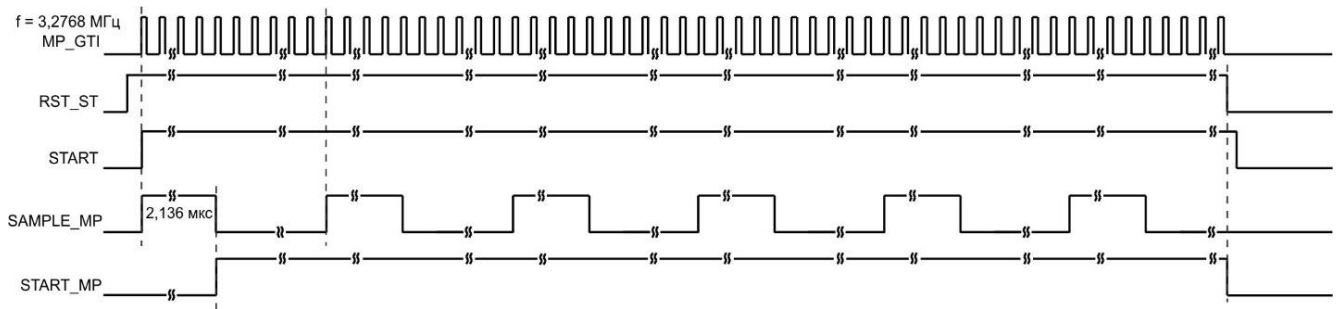


Рис. 1.1.8 Временная диаграмма работы ФСВ МП.

Формирователь М-последовательности (ФМП)

Структурно - функциональная схема ФМП показана на рисунке 1.1.9. Принципиальная электрическая схема ФМП приведена в приложении А (НСРАН 10.01.003 ЭЗ).

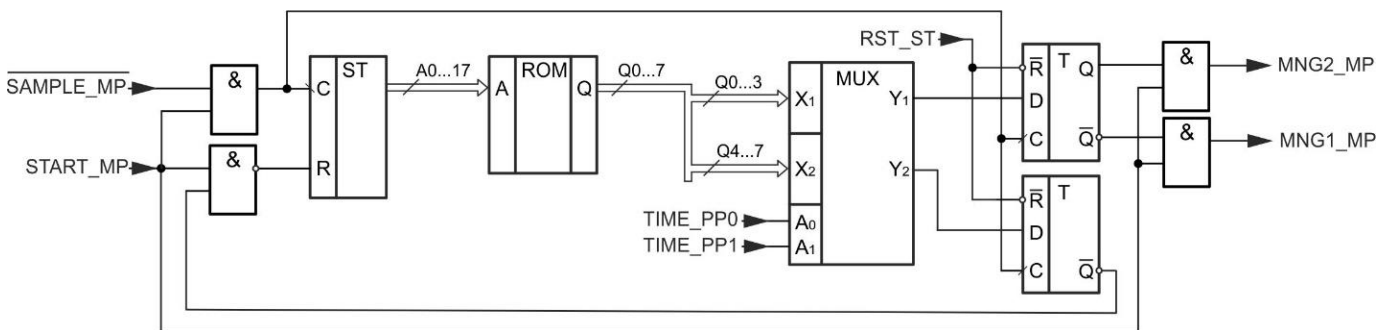


Рис. 1.1.9 Структурно - функциональная схема ФМП.

ФМП состоит из: счетчика ST, перепрограммируемого постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) ROM, мультиплектора MUX и триггеров синхронизации. Счетчик ST выполнен на микросхемах DD5, DD6, DD7. В качестве ПЗУ ROM используется микросхема W27C02 (DD8). Мультиплексор MUX выполнен на микросхеме DD2.

Микросхема ПЗУ (W27C02) выбрана с учетом объема памяти необходимого для прошивки таблицы истинности для четырех М-последовательностей. Применение данной микросхемы позволяет менять обратные связи, разрядность и длительность минимального импульса М-последовательности путем перепрограммирования, что позволит производить физическое моделирование по изучению характерных особенностей, запрограммированных в ROM М-последовательностей. Для более мобильного выбора необходимой М-последовательности можно использовать несколько микросхем типа W27C02, в каждую из которых запрограммированы четыре М-последовательности, для этого в плате ФМП на посадочное место микросхемы DD8, должна быть

установлена универсальная панелька с нулевым усилением (ZIF-сокет ARIE) разработанная компанией ARIES Electronics.

Рассмотрим работу структурно-функциональной схемы ФМП, представленной на рис. 1.1.9. Счетчик ST по шине A0...17 обеспечивает перебор адресов ячеек памяти ROM в которой записаны четыре M-последовательности, генерируемые на выходах Q0...3 и сигналы сброса для самого счетчика адреса ST, необходимые для того, чтобы закольцевать его работу. Сигналы сброса счетчика адреса ST генерируются на выходах Q4...7.

Выбор одной из четырех M-последовательностей осуществляется мультиплексором MUX посредством управляющих сигналов TIME_PP0 и TIME_PP1, поступающих от микроконтроллера. M-последовательности, генерируемой на выходе Q0 микросхемы памяти ROM, соответствует сигнал сброса Q4, генерируемый для счетчика адреса ST, Q1 соответствует сигнал сброса Q5 и так далее.

Рассмотрим работу ФМП по временной диаграмме, представленной на рисунке 1.1.10.

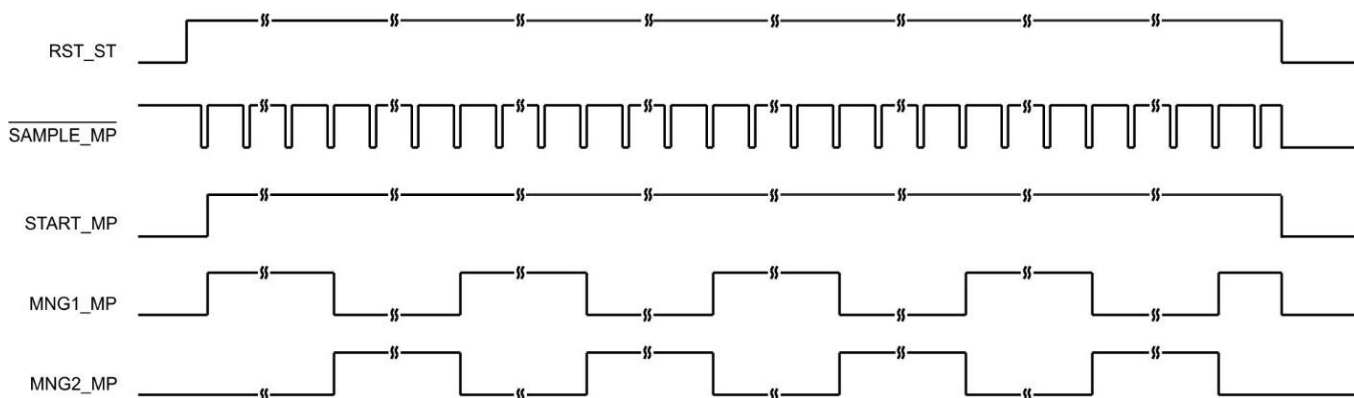


Рис. 1.1.10 Временная диаграмма работы ФМП

Перед запуском схемы ФМП сигнал RST_ST установлен в логический ноль, при этом счетчик адреса ST и триггера синхронизации установлены в логические нули. При запуске схемы ФМП сигнал RST_ST устанавливается в логическую единицу разрешая работу триггеров синхронизации, при этом счетчик адреса находится все еще в сброшенном состоянии. Сигнал START_MP устанавливается в логическую единицу синхронно с фронтом инверсного сигнала SAMPLE_MP. Далее по установке сигнала START_MP в логическую единицу разрешается работа счетчика адреса ST и на выходе MNG1_MP устанавливается логическая единица. Перед завершением генерирования выбранной M-последовательности на одной из линий шины Q4...7, в зависимости от выбранной M-последовательности формируется сигнал сброса счетчика адреса ST и процесс генерирования M-последовательности начинается заново. Когда необходимое количество периодов M-последовательностей сгенерировано по сигналу с микроконтроллера C_START поступающего в

ГТИ формируется логический ноль на сигнальной линии RST_ST. Генерация завершается, счетчик адреса и триггера синхронизации, а также выходные сигналы MNG1_MP и MNG2_MP устанавливаются в логические нули.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)

Структурно – функциональная схема АЦП показана на рисунке 1.1.11. Принципиальная электрическая схема АЦП приведена в приложении А (НСПАН 10.01.002 ЭЗ). Основой АЦП является микросхема AD676 фирмы Analog Devices. Для соблюдения временных диаграмм, приведенных в технической документации на микросхему AD676 и необходимых для ее функционирования, разработана схема калибровки и тактирования (СТС). СТС выполнена на микросхемах DD2, DD3, DD4, DD5, DD7, DD1.1, DD1.2, DD8.1.

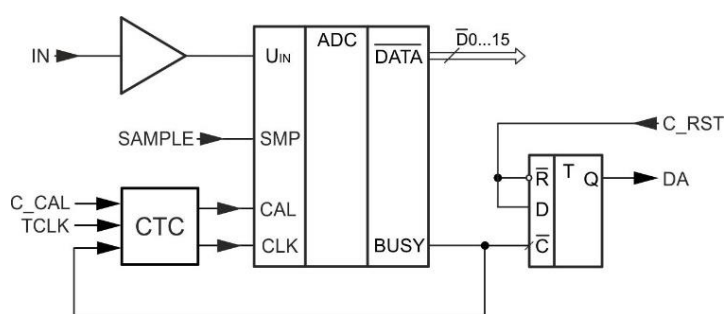


Рис. 1.1.11 Структурно–функциональная схема АЦП: СТС – схема калибровки и тактирования

Для получения достоверных данных, получаемых при оцифровке аналогового сигнала, калибровка АЦП производится перед каждым запуском регистрации сигналов. Рассмотрим работу схемы СТС при калибровке АЦП. На рисунке 1.1.12 показана временная диаграмма работы АЦП в режиме калибровки. Калибровка запускается по сигналу C_CAL, поступающему от микроконтроллера. Сигнал запуска калибровки CAL, поступающий от СТС на микросхему АЦП формируется по заднему фронту T_CLK согласно временной диаграмме (рис. 1.1.12). Длительность импульса калибровки CAL составляет 305 нс, что соответствует половине длины периода T_CLK. После прихода импульса калибровки CAL сигнал BUSY с выхода микросхемы AD676 устанавливается в логическую единицу. После установки импульса калибровки CAL в логический ноль схема СТС начинает пропускать тактовые импульсы CLK на вход микросхемы AD676. Калибровка длится 85530 тактов CLK и завершается по сбросу сигнала BUSY в логический ноль. По сбросу сигнала BUSY в логический ноль устанавливается сигнал готовности данных DA, сигнализирующий микроконтроллеру о том, что калибровка завершена. После чего микроконтроллер устанавливает сначала на C_CAL, затем на C_RST, уровень логического нуля.

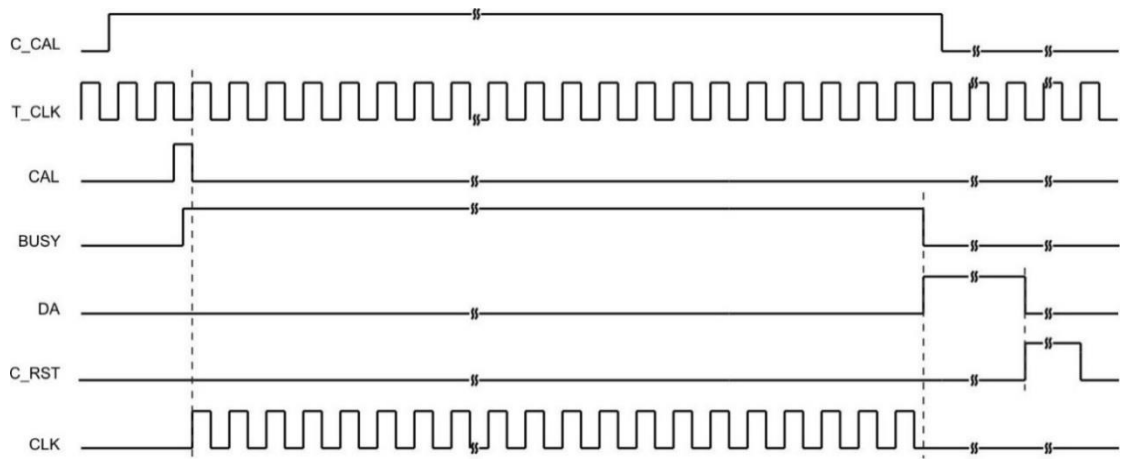


Рис. 1.1.12 Временная диаграмма калибровки АЦП

Рассмотрим работу схемы СТС в режиме преобразования аналогового сигнала, поступающего на вход АЦП, в цифровой формат данных. Временная диаграмма работы АЦП показана на рисунке 1.1.13. Преобразование данных начинается по приходу сигнала SAMPLE на вход микросхемы AD676. После установки сигнала SAMPLE в логический ноль, сигнал BUSY устанавливается в логическую единицу, и схема СТС после задержки раной 1 – 2 периодам TCLK (т.е. 610 – 1220 нс), начинает пропускать такты CLK на вход микросхемы AD676. На семнадцатом такте CLK сигнал BUSY устанавливается в логический ноль, в этот момент схема СТС запрещает прохождение тактов CLK на вход микросхемы AD676 и сигнал DA устанавливается в логическую единицу, сигнализируя микроконтроллеру о готовности данных. После считывания данных микроконтроллер формирует сигнал сброса C_RST. По приходу следующего сигнала SAMPLE процесс преобразования повторяется.

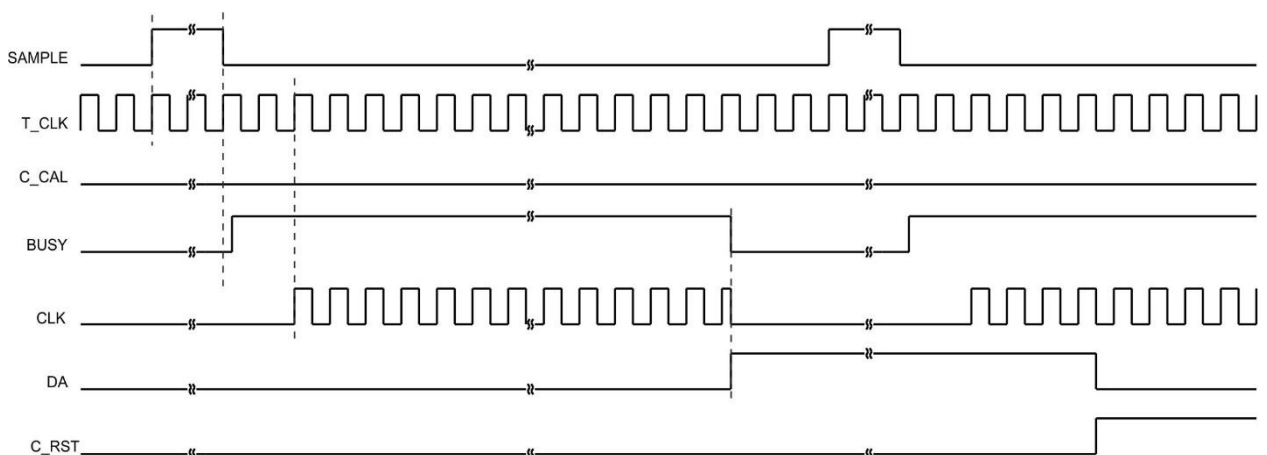


Рис. 1.1.13 Временная диаграмма работы АЦП

Коммутатор сигналов (КС)

Структурно - функциональная схема КС показана на рисунке 1.1.14. Принципиальная электрическая схема КС приведена в приложении А (НСПАН 10.01.006 ЭЗ). КС предназначен для буферизации и коммутации сигналов, а также для создания коротких технических пауз (0,3 мкс) в режиме «ШПС» между выходными сигналами управления MNG1 и MNG2. В режимах «ПП» и «ГР» источником сигналов MNG1 и MNG2 являются сигналы MNG1_PP и MNG2_PP, вырабатываемые в ФПП. В режиме «ШПС» источником сигналов MNG1 и MNG2 являются сигналы MNG1_MP и MNG2_MP, вырабатываемые в ФМП.

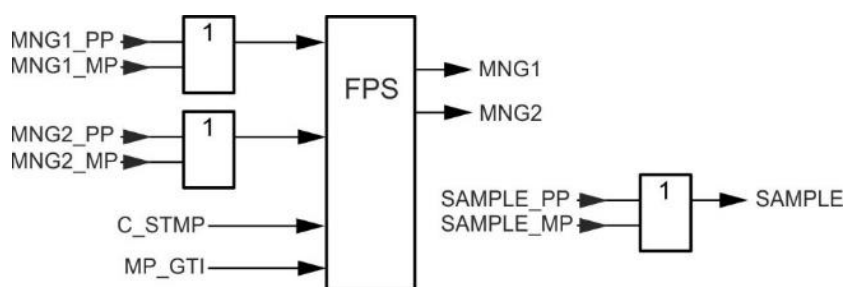


Рис. 1.1.14 Структурно – функциональная схема КС:

FPS – схема формирования пауз.

Рассмотрим работу схемы КС в режиме «ШПС» при формировании коротких технических пауз. Технические паузы формируются при установке подаваемого от микроконтроллера управляющего сигнала C_STMP в логический ноль.

Временная диаграмма работы КС при формировании коротких технических пауз показана на рисунке 1.1.15.

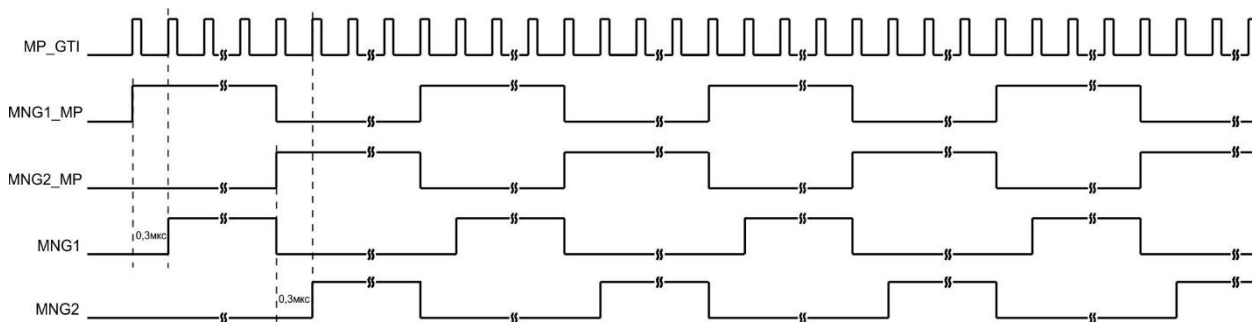


Рис. 1.1.15 Временная диаграмма работы КС при C_STMP = 0.

Формирование коротких пауз осуществляется путем задержки фронтов сигналов MNG1_MP и MNG2_MP на длительность периода MP_GTI равного 305 нс. Если сигнал C_STMP равен логической единице, то короткие технические паузы не формируются.

1.1.3 Конструкция БУРС

Разделение электрической схемы на функционально законченные узлы, размещенные на отдельных печатных платах, значительно упростило изготовление и настройку отдельных узлов БУРС. Размещение законченных функциональных узлов на отдельных печатных платах позволяет выполнять значительные модификации отдельного узла вплоть до замены одной печатной платы на другую. Согласно электрической принципиальной схеме БУРС (НСРАН 10.01.000 ЭЗ) каждое устройство, выполненное на печатной плате питается от отдельного источника, гальванически отвязанного от других. Это было сделано для устранения паразитных связей между отдельными устройствами через питающие шины. Предполагается, что отсутствие связи между функциональными узлами БУРС через питающие шины позволит снизить влияние работы цифровых схем на входные цепи АЦП, которое возникает при работе счетчиков и прочих элементов цифровых схем, потребляющих в момент переключения большой по величине ток.

В приложении А к настоящему отчету представлен комплект чертежей на сборочные единицы и детали для нового БУРС. Согласно сборочному чертежу (смотри приложение А, НСРАН 10.01.000 СБ) корпус БУРС функционально можно разделить на шасси, на котором размещаются все электронные компонентные БУРС и две крышки, верхнюю НСРАН 10.01.012 (поз. 18) и нижнюю НСРАН 10.01.020 (поз. 30). Все элементы корпуса выполнены из листового алюминиевого сплава Амгб толщиной 2 и 6 мм, и соединяются между собой с помощью винтов. Шасси собирается из ниже перечисленных частей показанных на сборочном чертеже:

- основание НСРАН 10.01.011 (поз. 16);
- панель боковая (правая и левая, 2 шт.) НСРАН 10.01.013 (поз. 19);
- панель задняя НСРАН 10.01.016 (поз. 24);
- панель лицевая НСРАН 10.01.017 (поз. 25);
- планка №1 (2 шт.) НСРАН 10.01.014 (поз. 21);
- планка №2 (2 шт.) НСРАН 10.01.015 (поз. 23).

Планка №1 (поз. 21) и планка №2 (поз. 23) используются в качестве ребер жесткости, усиливая лицевую панель и заднюю панели (поз. 24 и поз 25). Кроме того, к планкам крепится верхняя крышка (поз. 18).

Печатные платы закрепляются на основании (поз. 16) на стойках высотой 5 мм. Каждая стойка состоит из ниже перечисленных деталей: винт (поз. 36), втулка (2 шт., поз. 32), шайба пружинная (поз. 40), гайка (поз. 38). Втулки (поз. 32) выполнены из изоляционного материала для

предотвращения электрическое соединение схемы устройства с шасси. Отсутствие электрического соединения между печатными платами и шасси позволит провести эксперимент по выбору точек соединения «земли» плат с шасси БУРС. Шасси БУРС вместе с верхней (поз. 24) и нижней (поз. 30) крышками является электрическим экраном как для внешних наводок, так и для внутренних цифровых сигналов, ослабляя их влияние на другие блоки измерительного комплекса ЭРК ШПС.

Под каждой печатной платой (кроме платы микроконтроллера) в шасси сделаны вырезы для доступа к тыловой стороне печатных плат. Это позволяет производить настройку, ремонт и незначительные модернизации печатных узлов БУРС, не производя их демонтажа. Разъем «ВХОД» (поз. 49) аналогового сигнала, размещенный на лицевой панели (поз. 25) установлен на изоляторе, для предотвращения протекания возвратных токов аналогового сигнала через шасси БУРС. На лицевой панели (поз. 25) установлена кнопка (поз. 50) для перезагрузки микроконтроллера и разъем (поз. 47) для выходных управляющих сигналов «MNG». На задней панели (поз. 24) установлен разъем (поз. 45) для подключения внешнего источника питания для БУРС и цифровые интерфейсы микроконтроллера, выведенные через пластину (поз. 28) НСРАН 10.01.019. На пластине (поз. 28) нанесена маркировка названий интерфейсов микроконтроллера.

1.2 Разработка технической документации на блок питания для БУРС

При выборе типа источника питания БУРС рассматривались варианты его исполнения:

- для проведения лабораторных работ, сетевой источник питания трансформаторного типа и сетевой источник импульсного типа;
- для проведения полевых работ источник питания с набором аккумуляторов и импульсный источник питания с одним аккумулятором.

В 2013 году для проведения лабораторных экспериментов с первым вариантом БУРС был изготовлен сетевой источник питания трансформаторного типа. В ходе лабораторных экспериментов было выявлено, что с источниками подобного типа не удастся измерить и использовать весь динамический диапазон измерительного канала ЭРК ШПС. Это происходит из-за сильного влияния пролезающей помехи от промышленной силовой сети частотой 50 Гц, а также ее гармонических составляющих. В связи с этим было принято решение не применять для питания измерительного комплекса источников, связанных с промышленной сетью.

Лабораторные и полевые эксперименты по применению импульсных источников, работающих от аккумуляторных батарей также выявили сильное влияние работы внутреннего ШИМ-генератора импульсного источника питания на работу измерительного канала. После проделанных экспериментов было принято решение применить для питания БУРС набор аккумуляторных батарей с необходимыми напряжениями и емкостью.

Количество питающих напряжений и допустимые пределы их отклонений, а также максимальные потребляемые устройствами нового БУРС токами приведены в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1 Характеристики питающих напряжений для БУРС.

№ п.п.	Название цепи	Напряжения, В	Ток max, мА
1	АЦП	5,5 ÷ 7	150
		± (17,5 ÷ 25)	75
2	ГТИ	5,5 ÷ 7	120
		11,5 ÷ 13	500 ¹
3	ФМП	5,5 ÷ 7	135
4	ФПП	5,5 ÷ 7	345
5	ФСВ МП	5,5 ÷ 7	255
6	КС	5,5 ÷ 7	150
7	МК	5,5 ÷ 7	400

Примечание:

1. Потребляемый ток задающего генератора платы ГТИ может достигать 500 мА в момент включения питания генератора, в установившемся режиме потребление снижается до 35 мА.

Выбор подходящих аккумуляторных батарей осуществлялся из наиболее доступных, выпускаемых фирмами Matrix и Ventura для источников бесперебойного питания. Удобство применения аккумуляторных батарей, выпускаемых выше приведенными фирмами заключается в том, что у них унифицированная длина и высота. Толщина этих аккумуляторов меняется в зависимости от рабочего напряжения и электрической емкости. Это облегчает компоновку и крепление наборов аккумуляторных батарей, необходимых для создания источника питания с необходимым количеством питающих напряжений. У производителей аккумуляторных батарей Matrix и Ventura имеются аккумуляторные батареи на 6 и 12 вольт, с большим выбором электрической емкости. Для долгого срока службы таких аккумуляторных батарей не рекомендуется их полный разряд. Для увеличения срока службы аккумуляторных батарей данного типа их разряд в процессе эксплуатации не должен превышать 40 % от величины электрической емкости. Аккумуляторная батарея электрической емкостью 7 А·ч при токе потребления не превышающем 280 мА обеспечит непрерывную работу блока БУРС в течении 10 часов. Для обеспечения такого же времени непрерывной работы при токе потребления 480 мА необходима аккумуляторная батарея электрической емкостью не менее 12 А·ч.

1.2.1 Технические характеристики БПБУРС

Выбор электрической емкости и необходимого количества аккумуляторных батарей проводился согласно данным таблицы 1.2.1. Для питания цепей АЦП необходимо пять аккумуляторов. Первый напряжением 6 вольт и электрической ёмкостью 7 А·ч, так как ток потребления не превышает 280 мА. Для получения напряжений ± 18 вольт используется два аккумулятора электрической емкостью 7 А·ч и номинальными напряжениями 12 и 6 вольт соединенных последовательно. Для питания цепей ГТИ используется два аккумулятора электрической емкостью 7 А·ч и напряжением 6 и 12 вольт. В момент включения питания задающего генератора, установленного в ГТИ его ток потребления составляет 500 мА, после нескольких минут работы его потребление уменьшается до 35 мА. Если предусмотреть отдельное включение питания генератора в электрической цепи ГТИ и не выключать его в течении всего времени работы, то электрической емкости 7 А·ч будет вполне достаточно для 10 часов непрерывной работы БУРС. Для электрических цепей ФМП и КС применяются аккумуляторы с номинальным напряжением 6 вольт, электрической емкостью 7 А·ч. Для цепей ФПП и МК используются аккумуляторы с номинальным напряжением 6 вольт и электрической ёмкостью 12 А·ч. Для питания электрической цепи ФСВ МП достаточно аккумулятора с электрической емкостью 7 А·ч, но с учетом компоновки аккумуляторных батарей всего блока питания БУРС данную цепь было решено запитать от аккумуляторной батареи электрической емкостью 12 А·ч.

Необходимое для реализации БП БУРС количество аккумуляторных батарей номинальным

напряжением 6 вольт составляет девять штук (шесть электрической емкостью 7 А·ч и три 12 А·ч), а аккумуляторных батарей номинальным напряжением 12 вольт три штуки.

Новый источник питания БУРС содержит 10 отдельных цепей питания, которые необходимо включать одновременно. Для этой цели было решено использовать набор электромагнитных реле, производящих коммутацию гальванически развязанных источников питания БУРС. Включение питания электрической цепи ГТИ по линии 12 вольт осуществляется отдельным тумблером для того чтобы уменьшить потребление задающего генератора в ГТИ, а также чтобы исключить дополнительные затраты времени, требуемого для выхода задающего генератора на рабочий режим. Для правильной работы БУРС первым должен быть включен задающий генератор (тумблер “ГТИ”), затем с помощью кнопки “ВКЛ”, подающей питание на реле, будет произведено включение остальных питающих напряжений. Для предотвращения сбоя в работе ЭРК ШПС предусмотрена защита, которая не позволит оператору включить питающие напряжения узлов БУРС до включения питания задающего генератора.

В БПБУРС предусмотрена возможность заряда аккумуляторных батарей. Зарядка аккумуляторных батарей выполняется после выключения питающих напряжений, подаваемых в БУРС. При этом, посредством электромагнитных реле, соединенные последовательно аккумуляторные батареи разъединяются и подключаются к разъёму «ЗАРЯД». Такое включение аккумуляторных батарей позволяет при подзарядке соединять их произвольным образом в зависимости от типа применяемого зарядного устройства.

Для питания электромагнитных реле используется отдельный источник питания. Применение отдельного источника питания для электромагнитных реле позволяет упростить разводку внутренних шин в БП БУРС. В таблице 1.2.2 приведены технические характеристики отдельных источников выходных напряжений БПБУРС.

Таблица 1.2.2 Технические характеристики источников выходных напряжений БПБУРС

№ п.п.	Наименование питаемой цепи	Напряжение, В	Номинальный ток, А	Время непрерывной работы при ном. токе, час
1	АЦП	5,8 ÷ 6,4	0,35	10
		± (17,5 ÷ 19,2)	0,35	10
2	ГТИ	5,8 ÷ 6,4	0,35	10
		11,5 ÷ 12,8	0,35	10
3	ФМП	5,8 ÷ 6,4	0,35	10
4	ФПП	5,8 ÷ 6,4	0,6	10
5	ФСВ МП	5,8 ÷ 6,4	0,6	10
6	КС	5,8 ÷ 6,4	0,35	10
7	МК	5,8 ÷ 6,4	0,6	10

1.2.2 Электрические принципиальные схемы БПБУРС

Электрическая принципиальная схема НСРАН 10.02.000 Э3 на БПБУРС приведена в приложении Б к настоящему отчету. На электрической принципиальной схеме НСРАН 10.02.000 Э3 показаны печатная плата коммутации аккумуляторов (ПКА) - А1 и цифровые вольтметры (А2 ÷ А11). Цифровые вольтметры используются для контроля напряжения на аккумуляторных батареях в процессе их работы. При контроле напряжений величиной десятки вольт точность измерения составляет одну десятую, при единицах вольт одну сотую вольта. Точность измерений в одну десятую вольта является достаточной для осуществления контроля напряжения аккумуляторных батарей. Применение однотипных цифровых вольтметров, измеряющих выходные величины напряжений БПБУРС с разной точностью продиктовано удобством изготовления конструкции БПБУРС.

Для экономии электроэнергии в ПКА применены поляризованные двухпозиционные электромагнитные реле типа РПС32. Отличительной особенностью реле РПС32 является то, что эти реле бистабильные. При подаче на управляющую (включающую) обмотку напряжения, контакты реле переключаются в одно из двух фиксированных состояний, после чего напряжение с обмотки может быть снято, а контакты реле остаются в зафиксированном положении. Для смены состояния контактов (разомкнуты/замкнуты) необходимо подать напряжение на другую управляющую (выключающую) обмотку. Минимальная длительность управляющего импульса срабатывания реле РПС32 составляет 5 мс. Применение данного типа реле позволяет исключить потребление заряда аккумуляторов на поддержание положения контактов реле во включенном состоянии в течении всего сеанса работы БУРС. Количество включений (выключений) БП БУРС составляет примерно шесть тысяч при использовании для питания реле импульсного типа аккумуляторных батарей электрической емкостью 1,2 А·ч. Расчёт количества включений (выключений) производился при условии, что аккумуляторные батареи, используемые для питания электромагнитных реле, будут разряжены до 60 %, а время удержания нажатой кнопки «ВКЛ» («ВЫКЛ»), подающей напряжение на электромагнитные реле равно 1 секунде.

Управляющие обмотки реле РПС32, на электрической схеме НСРАН 10.02.024 Э3, обозначенные как К1 – К6, зашунтированы диодами Шоттки для предотвращения искрового разряда между контактами кнопок S2, S3 (смотри приложение Б, НСРАН 10.02.000 Э3) вызванного э.д.с. самоиндукции, возникающей в обмотках электромагнитных реле.

1.2.3 Конструкция БПБУРС

В приложении Б к настоящему отчету представлен комплект чертежей на сборочные единицы и детали для нового БПБУРС. Корпус БПБУРС функционально состоит из шасси, на котором размещаются все электронные компоненты БПБУРС, планок удерживающих аккумуляторные батареи: планка №3 НСРАН 10.02.004 (поз. 5), планка №6 (правая и левая) НСРАН 10.02.009 (поз. 11), планка №5 НСРАН 10.02.008) (поз. 9) и верхней крышки НСРАН 10.02.005 (поз. 6). Все элементы корпуса выполнены из листового алюминиевого сплава АМг6 и соединяются между собой с помощью винтов. Шасси собирается из ниже перечисленных основных частей, показанных на сборочном чертеже НСРАН 10.02.000 СБ:

- основание НСРАН 10.02.001 (поз. 2);
- панели боковые (правая и левая) НСРАН 10.02.002 (поз. 3);
- панель задняя НСРАН 10.02.003 (поз. 4);
- панель передняя НСРАН 10.02.014 (поз. 16);
- планка №8 НСРАН 10.02.011 (поз. 14);
- планка №4 НСРАН 10.02.006 (поз. 7).

В шасси БПБУРС имеются перегородки, выполненные из планок №4 (поз. 7) и №8 (поз. 14). Планка №4 (поз. 7) разделяет пространство корпуса на отсек для аккумуляторов и отсек для размещения ПКА, соединительных жгутов, органов управления и индикации. Планка №4 (поз. 7) является опорой для аккумуляторных батарей, на которую крепятся планка №6 (поз. 11) (правая и левая) и планка №5 (поз. 9), удерживающие четыре из четырнадцати аккумуляторных батарей. Планка №8 (поз. 14) разделяет аккумуляторный отсек на две половины. Основное её назначение, усиление конструкции, достигаемое путем крепления к ней центра планки №3 (поз. 5), удерживающей десять аккумуляторов. В основании (поз. 2) для фиксации аккумуляторных батарей, сделаны углубления величиной 4 мм. Шасси обладает достаточной прочностью для удержания веса аккумуляторных батарей, а также является электрическим экраном.

На передней панели размещены цифровые вольтметры (поз. 35), разъем для подзарядки аккумуляторных батарей (поз. 40), кнопки включения и выключения питания (поз. 38) и тумблер (поз. 36) включения питания генератора, установленного в ГТИ блока управления и регистрации сигналов измерительного комплекса ЭРКШПС. На боковых панелях (правая и левая) (поз. 3) с наружной стороны установлены ручки (правая и левая) НСРАН 10.02.012 (поз. 15) для переноски БПБУРС. На задней панели размещена розетка (поз. 40), для подключения БПБУРС через специальный кабель к БУРС.

1.3 Разработка технической документации на индукционный датчик сигналов

В 2016 году работы по разработке индукционного датчика для измерительного комплекса ЭРК ШПС были продолжены. Проведение этих работ было связано с необходимостью дальнейшего совершенствования, конструкторской и технологической проработки разработанного и изготовленного в 2015 году макетного образца индукционного датчика. Проводилась доработка электрических схем и элементов конструкции датчика с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик. В результате был разработан комплект эскизной технической документации на новый усовершенствованный индукционный датчик сигналов, включающий: электрические принципиальные схемы с перечнями элементов; сборочные чертежи печатных узлов, входящих в датчик; технологические сборочные чертежи на измерительную, градуировочную и компенсационную катушки датчика; сборочный чертеж на индукционный датчик в целом и чертежи деталей, входящих во все сборочные единицы. Разработанный комплект эскизной технической документации (альбом схем и чертежей НСРАН 10.03.000 АС) на новый индукционный датчик для измерительного комплекса ЭРК ШПС приведен в Приложении В к настоящему отчету.

1.3.1 Определение технических характеристик и разработка электрической принципиальной схемы индукционного датчика сигналов

В таблице 1.3.1 приведены основные технические и эксплуатационные требования к новому индукционному датчику сигналов для измерительного комплекса ЭРК ШПС.

Таблица 1.3.1 Технические параметры и характеристики индукционного датчика сигналов

№ п.п.	Параметр	Условия измерения	Ед. изм.	Значение	Примечание
1.	Нижняя граница полосы преобразования ($f_{сн}$), не более	Измеряется по уровню минус 3 дБ от амплитуды синусоидального сигнала на выходе датчика на центральной частоте полосы преобразования	Гц	0,2	Центральна частота полосы преобразования определяется как: $f_{ц} = \sqrt{f_{01}}$, (см. п. 2)
2.	Частота первого паразитного резонанса в АЧХ датчика (f_{01}), не ниже		кГц	200	
3.	Амплитуда первого паразитного резонанса в АЧХ датчика (f_{01}), не более	Измеряется относительно уровня АЧХ на частоте $f_{ц}$	дБ	3,5	

4.	Коэффициент преобразования датчика	Измеряется на частоте $f_{ц}$	мВ/нТл	$0,34 \pm 0,04$	
5.	Температурная нестабильность коэффициента преобразования датчика, не более		%/°С	0,01	Расчетный параметр
6.	Коэффициент нелинейных искажений предварительного усилителя датчика, не более	Определяется на частоте среза измерительного канала $f_c = 10$ кГц, при амплитуде синусоидального сигнала на выходе предварительного усилителя 1,5 В	%	0,01	Расчетный параметр
7.	Уровень собственных среднеквадратичных шумов предварительного усилителя датчика, приведенный к его входу, не более	Рассчитывается в полосе частот от 0,2 Гц до 10 кГц	мкВ	2	Расчетный параметр
8.	Эффективная постоянная интегрирования датчика, не менее		сек	1,7	
9.	Температурная нестабильность постоянной интегрирования датчика, не более		сек/°С	0,0073	Расчетный параметр
10	Напряжения питания схемы индукционного датчика		В	$\pm (11,5 \div 14,5)$	
11	Потребляемый ток от первичных источников питания, не более		мА	12	По каждому из питающих напряжений

Некоторые из параметров для нового усовершенствованного датчика были определены путем пересчета ранее измеренных для макетного образца индукционного датчика с учетом внесенных изменений в электрическую принципиальную схему и конструкцию, другие же были получены чисто расчетным способом, так как в настоящее время в ИС РАН отсутствуют технические возможности реализации методик их измерения.

В связи с существенными изменениями электрических принципиальных схем и параметров блока усиления и фильтрации сигналов измерительного комплекса ЭРК ШПС возникла необходимость внесения изменений и в электрические принципиальные схемы и параметры индукционного датчика сигналов, в частности предварительного усилителя для него.

К операционному усилителю с двумя цепями обратных связей (отрицательной и положительной) в схему предварительного усилителя индукционного датчика добавлен

дополнительный усилительный каскад, выполняющий также функцию сумматора. Помимо усиления сигнала, поступающего от первого усилительного каскада, в усилителе-сумматоре производится компенсация постоянного смещения, присутствующего в усиливаемом сигнале за счет того, что на другой вход сумматора подается плавно регулируемое постоянное напряжение противоположной полярности, снимаемое с движка переменного резистора, включенного в цепь делителя опорного напряжения. В качестве источника опорного напряжения применены схемы параметрических стабилизаторов, выполненных на стабилитронах КС170А, как и в схеме основного усилителя БУФС (смотри ниже п. 1.4.2, рис. 1.4.5). Такая схема обеспечивает достаточно точную компенсацию напряжения постоянного смещения, как правило присутствующего в выходном сигнале первого каскада и установку нулевого напряжения смещения по выходу всего предварительного усилителя. Кроме того, перенос части усиления сигнала из БУФС в схему предварительного усилителя улучшает соотношение сигнал / (шум плюс помеха) для всего измерительного тракта.

Питание предварительного усилителя индукционного датчика осуществляется от двух разнополярных напряжений (± 9 В), поступающих с выхода схемы стабилизатора напряжения, размещенной на отдельной печатной плате и выполненной на двух микросхемах линейных стабилизаторов постоянного напряжения (МС78L09АСР и МС79L09АСР). Входные напряжения для схемы стабилизации поступают от двух внешних аккумуляторных батарей напряжением 12 В, подключаемых к индукционному датчику через внешний разъем. Выходной сигнал индукционного датчика (выход предварительного усилителя) снимается также с контактов этого разъема.

1.3.2 Разработка конструкция индукционного датчика сигналов

По сравнению с макетным образцом, конструкция усовершенствованного нового индукционного датчика сигналов претерпела некоторые изменения, улучшающие его технические и эксплуатационные характеристики. Согласно сборочному чертежу (смотри Приложение В, НСРАН 10.03.000 СБ) индукционный датчик сигналов состоит из ниже перечисленных сборочных единиц и деталей:

- катушка измерительная (поз. 4), НСРАН 10.03.016;
- катушка компенсационная (резистор) (поз. 5), НСРАН 10.03.017;
- катушка градуировочная (поз. 3), НСРАН 10.03.006;
- сердечник ферро магнитный, собранный из двух пермаллоевых сердечников (поз. 8), НСРАН 10.03.006;
- амортизатор, 2 шт., (поз. 6), НСРАН 10.03.018;
- шайба резиновая (амортизирующая), 2 шт., (поз. 9), НСРАН 10.03.013;
- усилитель предварительный, (поз. 1), НСРАН 10.03.004;

- стабилизатор напряжения, (поз. 2), НСРАН 10.03.005;
- кожух, (поз. 7), НСРАН 10.03.007;
- цилиндр фиксирующий, (поз. 10), НСРАН 10.03.024;
- заглушки №1 и №2, (поз. 15, 16), НСРАН 10.03.030 и НСРАН 10.03.031.

На ферромагнитном сердечнике датчика, собранным из двух соединенных с помощью резьбы пермаллоевых сердечников (поз. 8), размещаются (собираются) практически все элементы его электрической схемы, такие как, катушка измерительная (поз. 4), катушка компенсационная (поз. 5), усилитель предварительный (поз. 1) и стабилизатор напряжения (поз. 2).

Для получения оптимальных технических параметров индукционного датчика его измерительная катушка (поз. 4) должна размещаться на сердечнике таким образом, чтобы ее геометрический центр совпадал с геометрическим центром сердечника. Это условие не удалось точно выполнить, так как другие элементы конструкции датчика, размещаемые на сердечнике, такие как усилитель предварительный, стабилизатор напряжения, амортизаторы и катушка компенсационная располагаются на сердечнике ассиметрично, в основном со стороны выходного разъема датчика. Отклонение от идеального расположения составило примерно 5% относительно длины сердечника, что существенно не повлияло на технические параметры датчика.

Узлы электрической принципиальной схемы датчика, выполненные на печатных платах (усилитель предварительный и стабилизатор напряжения) располагаются и закрепляются на сердечнике с помощью специальных скоб (поз. 12, 13).

Винт (поз. 14), выполненный из латуни и вкрученный в торец сердечника (поз. 8), совместно с контактным лепестком (поз. 22) предназначены для подключения сердечника к цепи AGND (земля) электрической схемы с целью снижения влияния внешних наводок и помех на электрические цепи датчика.

Компенсационная катушка (поз. 5), выполняющая роль резистора в цепи отрицательной обратной связи в схеме предварительного усилителя датчика, с целью снижения влияния на нее возможных наводок и помех, располагается в непосредственной близости от предварительного усилителя.

Амортизаторы (поз. 6) и резиновые шайбы (поз. 9), размещаемые на сердечнике попарно и симметрично относительно измерительной катушки (поз. 4), обеспечивают мягкое закрепление собранных на сердечнике элементов в градуировочной катушке (поз. 3), каркас которой играет роль внутреннего кожуха датчика. Закрепление собранной на сердечнике конструкции в градуировочной катушке осуществляется с помощью винтов (смотри Приложение В, НСРАН 10.03.018СБ, поз. 5), входящих в конструкцию амортизаторов (поз. 6) путем их закручивания, что обеспечивает сжатие резиновых шайб амортизаторов и изменение их размеров (увеличения внешнего диаметра и уменьшение внутреннего). Другое предназначение амортизаторов и резиновых шайб - это защита

конструкции и измерительной схемы датчика от действия внешних вибраций и ударов. Вибровоздействия могут вызвать магнитострикционный эффект, который сопровождается появлением в измерительной катушке датчика помеховой э.д.с.

Градуировочная катушка датчика (, поз. 3) выполнена из многожильного медного провода в изоляции марки МС 16-13 1×0,2, витки которой размещаются в пазах каркаса НСРАН 10.03.022 (поз. 1), изготовленного из алюминиевого сплава АМг6. Кроме того, каркас градуировочной катушки выполняет роль электрического экрана, защищающего схему датчика от высокочастотных радиопомех и наводок. Экран выполнен с продольным разрезом по всей его длине, что обеспечивает снижения влияния токов Фуко, индуцируемых в проводящем материале экрана и приводящих к значительному снижению чувствительности датчика, особенно в области высоких частот.

Конструкция, состоящая из градуировочной катушки с закрепленным в ней сердечником, измерительной и компенсационной катушкой помещается в кожух НСРАН 10.03.000 СБ (поз. 7), выполненный из влагоустойчивого изоляционного материала (стеклотекстолита), обеспечивающего хорошую механическую жесткость конструкции датчика и защиту элементов его электрической схемы от внешних климатических факторов в процессе эксплуатации.

Два фиксирующих цилиндра НСРАН 10.03.000 СБ (поз. 10) совместно с заглушками НСРАН 10.03.000 СБ (поз. 15, 16) закрывают конструкцию датчика с торцов и обеспечивают ее герметичность. Фиксирующие цилиндры вставляются в паз между каркасом (экраном) градуировочной катушки и внешним кожухом и закрепляются в нем с помощью винтов НСРАН 10.03.000 СБ (поз. 19). Заглушки вставляются в фиксирующие цилиндры и крепятся к ним с помощью винтов НСРАН 10.03.000 СБ (поз. 11). По конструкции заглушки отличаются. Одна из них выполнена в виде пробки, а другая имеет по центру отверстия для установки и крепления выходного разъема датчика герметичной конструкции. Резиновые кольца НСРАН 10.03.000 СБ (поз. 23) устанавливаются в пазы, выполненные в заглушках и обеспечивают герметичность всей конструкции датчика.

1.4 Разработка технической документации на блок усиления и фильтрации сигналов

В процессе проведения экспериментальных работ с макетным образцом измерительного комплекса ЭРКШПС как в лабораторных, так и в полевых условиях были выявлены так называемые “структурные помехи”, появляющиеся при корреляционной обработке регистрируемых комплексом сигналов отклика на зондирование земной коры шумоподобными последовательностями токовых импульсов, подаваемых в зондирующую индукционную рамку. Как выше было уже отмечено, это существенно снижает соотношение сигнал / (шум плюс помехи), особенно на больших временах становления поля, соответствующих большим глубинам зондирования и ограничивает потенциальные преимущества использования шумоподобных сигналов в аппаратуре активной электроразведки.

Дальнейшие работы с измерительным комплексом, проведенные в 2014 и в 2015 годах показали, что основной причиной появления “структурных помех” является нелинейность передаточных характеристик узлов и блоков измерительной системы, включая объект исследования - земную кору. Другой возможной причиной появления “структурных помех” может быть наличие в тракте усиления и фильтрации сигналов измерительного комплекса внутренних источников паразитных сигналов, например, токов смещения и напряжения смещения в операционных усилителях, применяемых в схемах усиления и фильтрации регистрируемых сигналов, параметры которых зависят от уровня входных сигналов. Фактически это также можно отнести к нелинейным свойствам измерительного тракта. Предполагается также, что нелинейными свойствами может обладать исследуемая среда – земная кора. Так, например, в сигналах становления поля могут быть замешаны сигналы, создаваемые эффектом вызванной поляризации горных пород, величина которых зависит от амплитуды зондирующего воздействия и которые не вписываются в принятую линейную модель метода зондирования. С другой стороны, нелинейные эффекты в земной коре и их численные оценки могут быть связаны с ее напряженно-деформированным состоянием, в этом случае оценка параметров нелинейности (коэффициента нелинейности) может выступать в качестве контролируемого (прогнозного) параметра при осуществлении мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры.

Проведенные в 2015 году лабораторные эксперименты с применением специально разработанного и изготовленного имитатора сигналов и дополнительное математическое моделирование измерительной системы, учитывающее нелинейность измерительного тракта показали, что даже очень малые нелинейные искажения сигналов (порядка 0,01 %) приводят к появлению “структурных помех”, при этом амплитуда этих помех, представляющих собой экспоненциальные импульсы по форме повторяющие импульсную переходную характеристику измерительного тракта, тем больше чем больше его нелинейность. Строгой пропорциональной зависимости амплитуды “структурных помех” от величины нелинейности измерительного тракта

выявить не удалось. В силу понятных причин отделить нелинейность исследуемой среды от нелинейности измерительного тракта не представляется возможным. Для того чтобы можно было использовать нелинейность исследуемой среды в качестве полезного (прогнозного) параметра при осуществлении электромагнитного мониторинга земной коры и для достижения главной цели проводимой разработки, а именно, значительного (многократного) повышения соотношения сигнал/(шум плюс помехи) за счет использования специальных шумоподобных зондирующих сигналов необходимо, чтобы нелинейность измерительного тракта была значительно ниже нелинейности исследуемой среды. Поэтому дальнейшие работы по совершенствованию измерительного комплекса были направлены на повышение линейности измерительного тракта, одним из основных устройств которого является блок усиления и фильтрации сигналов (БУФС).

1.4.1 Технические характеристики и структурно-функциональная схема БУФС

При определении технических параметров и характеристик для нового усовершенствованного блока усиления и фильтрации сигналов измерительного комплекса ЭРК ШПС учитывались результаты и выводы, полученные в 2014 и в 2015 годах в процессе проведения лабораторных и полевых экспериментов с изготовленным ранее макетным образцом измерительного комплекса. Основные требования к новому БУФС - это обеспечение минимально возможных нелинейных искажений усиливаемых сигналов, электромагнитная совместимость БУФС с другими узлами и блоками измерительного комплекса, а также высокая помехоустойчивость по отношению к внешним источникам электромагнитных наводок и помех. В процессе проведения экспериментов с изготовленным макетным образцом измерительного комплекса и после выполнения соответствующей обработки полученных экспериментальных данных были конкретизированы и уточнены требования к техническим характеристикам и параметрам измерительного тракта ЭРК ШПС, состоящего из последовательно включенных индукционного датчика, блока усиления и фильтрации сигналов и аналого-цифрового преобразователя, входящего в блок управления и регистрации сигналов (БУРС). В таблице 1.4.1 приведены уточненные требования к техническим параметрам и характеристикам блока усиления и фильтрации сигналов. Пересмотру подверглись практически все технические параметры БУФС. В частности, был исключен из перечня такой параметр как подавление сигналов и помех в диапазоне частот промышленной силовой питающей сети (50 ± 5) Гц т.к. узкополосный режекторный фильтр, реализующий этот параметр обладает импульсной переходной характеристикой в виде затухающих синусоидальных колебаний на центральной частоте подавления, что для регистрации широкополосных импульсных сигналов становления поля является не приемлемым.

Таблица 1.4.1 Технические параметры БУФС

№ п.п.	Параметр	Условия измерения	Ед. изм.	Значение	Примечание
1	Частота среза АЧХ (f_c) по уровню минус 3 дБ		кГц	$10 \pm 0,1$	Фильтр низкой частоты с линейной фазо-частотной характеристикой (фильтр Бесселя 5-го порядка)
2	Подавление сигналов за полосой пропускания на частотах: $2f_c$, $4f_c$		дБ дБ	$14 \pm 0,5$ $39,8 \pm 0,5$	
3	Коэффициент усиления в полосе пропускания	На частоте $f_c/4$		1600 ± 40 800 ± 20 400 ± 10 200 ± 5 $80 \pm 2,5$ $40 \pm 1,3$ $20 \pm 0,6$ $10 \pm 0,3$ $4 \pm 0,1$	
4	Коэффициент нелинейных искажений, не более	На частоте f_c , при амплитуде синусоидального сигнала на выходе 1,5 В	%	0,01	Расчетный параметр
5	Уровень компенсируемого смещения нуля по выходу, приведенный ко входу, не менее		мВ	± 15	
6	Погрешность установки нуля по выходу, не более	При максимальном усилении	мВ	± 5	
7	Входное сопротивление	На частоте f_c	Ом	50 ± 1	
8	Выходное сопротивление		Ом	50 ± 1	
9	Уровень шума, приведенного ко входу, не более	При максимальном усилении в полосе $1,0 \div 10000$ Гц	мкВ	5	Среднеквадратичное значение
10	Температурный дрейф нулевого уровня по выходу, не более	При максимальном усилении	мВ/град	2,0	Расчетный параметр
11	Напряжение первичного источника питания		В	$\pm (11,5 \div 14)$	Две аккумуля. батареи
12	Время непрерывной работы без подзарядки аккумуляторных батарей, не менее		час	20	

Ранее такой фильтр в составе БУФС был необходим для проведения контрольных измерений амплитудно-частотной характеристики измерительного тракта прямым методом путем подачи в градуировочную катушку индукционного датчика синусоидального тока различной частоты и

измерения уровня выходного сигнала измерительного канала.

В измерительном комплексе, устанавливаемом на стационарном пункте наблюдения и работающем в режиме мониторинга нет необходимости в такого рода измерениях т.к. параметры измерительного тракта перед каждым сеансом измерения контролируются с помощью регистрации и обработки сигналов отклика измерительного канала на подачу в градуировочную катушку индукционного датчика последовательностей специальных импульсов тока задаваемой амплитуды и длительности.

Тип и параметры частотной характеристики БУФС также были изменены. Для обеспечения минимальных искажений сигналов становления поля необходимо чтобы фазовый сдвиг всех спектральных составляющих сигнала линейно зависел от частоты, т.е. должно обеспечиваться постоянство временной задержки для всех спектральных составляющих усиливаемых в БУФС сигналов. Такими свойствами обладают фильтры Бесселя высокого порядка [1]. Кроме того, должно выполняться условие достаточного подавления сигналов с частотами выше частоты Найквиста, вычисляемой как $f_N = f_D/2$ [2], (f_N – частота Найквиста, f_D – частота дискретизации). В нашем случае $f_D \approx 50$ кГц, поэтому был выбран фильтр Бесселя пятого порядка с частотой среза $f_C = 10$ кГц, обеспечивающий подавление сигналов на частоте 25 кГц более чем в 10 раз. На рис. 1.4.1 представлен график амплитудно-частотной характеристики такого фильтра.

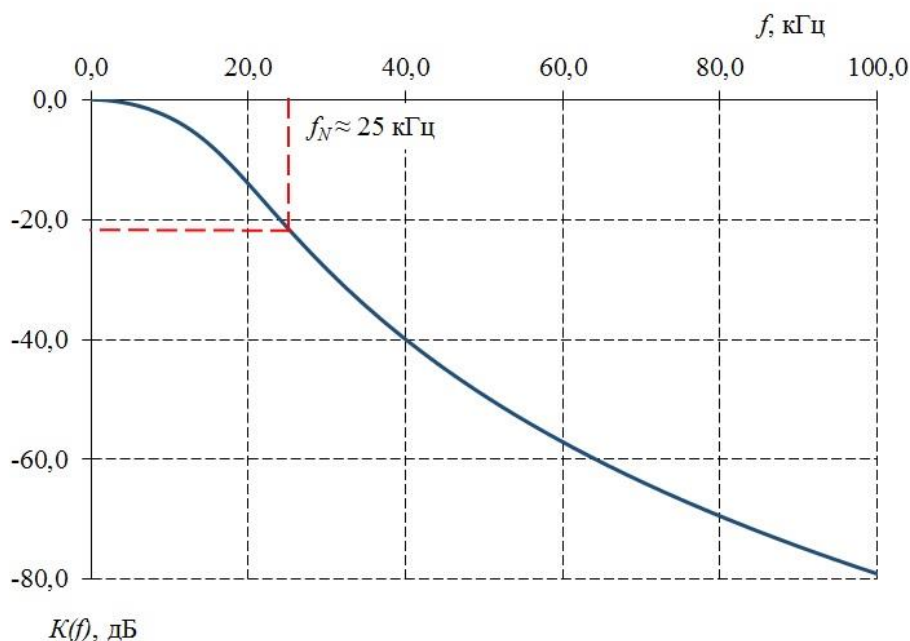


Рис. 1.4.1 Амплитудно-частотная характеристика фильтра Бесселя пятого порядка

При схемотехнической реализации такого фильтра учитывалась также возможность перестройки его частоты среза в область более высоких частот без изменения схемы фильтра путем изменения значений сопротивлений и емкостей резисторов и конденсаторов, входящих в схему

фильтра. Такой подход позволил исключить коммутационные элементы из схемы фильтра, наличие которых в первой схеме макетного образца БУФС могло приводить к нежелательным нелинейным эффектам и как следствие к появлению “структурных помех” при обработке шумоподобных сигналов, прошедших через БУФС.

Из БУФС также была исключена схема автоматической балансировки нулевого уровня, влияющая на амплитудно-частотную характеристику особенно в области низких частот. При соответствующем выборе усилительных элементов (операционных усилителей) на которых реализуются схемы индукционного датчика и БУФС можно вообще отказаться от балансировки нулевого уровня по выходу измерительного тракта перед каждым измерительным сеансом. Для осуществления этого необходимо, чтобы напряжение смещения нуля и дрейф нулевого уровня применяемых в схемах индукционного датчика и БУФС микросхем (операционных усилителей) были как можно меньше при высоких значениях других важных для реализации усилительных схем параметрах (быстродействие, входное сопротивление, линейность, уровень шумов и др.). В настоящее время такая элементная база появилась и стала доступной. С помощью новых усилительных элементов удалось реализовать схему БУФС без автоматической подстройки нулевого уровня по выходу перед каждым измерительным сеансом. Настройка нулевого уровня по выходу БУФС производится один раз в процессе изготовления, лабораторных и полевых проверок параметров с гарантированной точностью и стабильностью.

В усовершенствованном БУФС также был значительно сокращен список устанавливаемых (переключаемых) коэффициентов усиления, что позволило исключить такие элементы, как микросхемы цифроаналоговых преобразователей перемножающего типа (572ПА1А) в схемах усилителей с переключаемыми коэффициентами усиления, работа которых может потенциально (теоретически) привести к появлению нелинейных, пусть даже незначительных, но для появления “структурных помех” достаточных искажений в усиливаемых сигналах. Максимальный коэффициент усиления БУФС был рассчитан исходя из известных параметров измерительного комплекса: геометрических размеров зондирующей рамки, минимального значения амплитуды импульсов тока в ней и минимальной скорости его изменения на фронтах этих импульсов, расчетного коэффициента преобразования индукционного датчика сигналов с учетом изменений, внесенных в схему предварительного усилителя датчика (смотри п.п. 1.3.1 настоящего отчета), максимального уровня сигнала, подаваемого на вход схемы аналого-цифрового преобразователя, расположенного в блоке управления и регистрации сигналов измерительного комплекса (смотри п.п. 1.1.1 настоящего отчета). В процессе предстоящих испытаний изготавливаемого измерительного комплекса значения переключаемых коэффициентов усиления БУФС могут уточняться, желательно чтобы это происходило без изменения электрической принципиальной схемы только путем изменения значений сопротивлений резисторов, определяющих коэффициенты

усиления БУФС.

На рис. 1.4.2 представлена структурно-функциональная схема нового усовершенствованного блока усиления и фильтрации сигналов, в котором были реализованы все технические параметры, указанные в таблице 1.4.1.

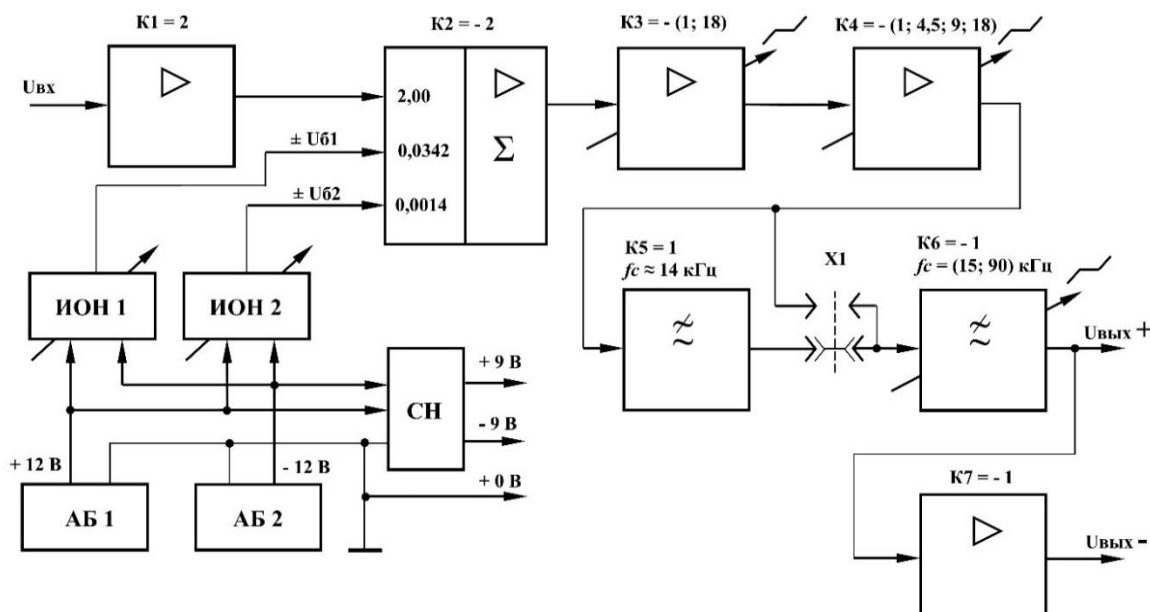


Рис. 1.4.2 Блок усиления и фильтрации сигналов, схема структурно-функциональная:
 $K1 \div K7$ – коэффициенты усиления каскадов БУФС (на постоянном токе); ИОН 1, ИОН 2 – регулируемые источники опорных напряжений; АБ 1, АБ 2 – аккумуляторные батареи; СН – двуполярный стабилизатор напряжения

Структурно БУФС состоит из нескольких каскадов, обеспечивающих усиление и частотную фильтрацию сигналов, поступающих на его вход от индукционного датчика. Широкополосный входной каскад с коэффициентом усиления 2 обеспечивает согласование линии связи между индукционным датчиком и БУФС с входным сопротивлением БУФС. Так как в качестве линии связи был применен высокочастотный радиочастотный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом, то входное сопротивление первого каскада должно быть 50 Ом. Коэффициент усиления этого каскада выбран небольшим ($K1 = 2$) с целью обеспечения более точной балансировки нулевого уровня по выходу БУФС, которая осуществляется во втором каскаде, представляющим собой сумматор на вход которого поступают три сигнала: сигнал с выхода первого каскада усиления и два плавно регулируемых постоянных напряжения ($\pm U_{б1}$; $\pm U_{б2}$), поступающих от двух независимых источников опорных напряжений ИОН1 и ИОН2 выступающих в качестве источников постоянного напряжения компенсирующего смещение нулевого уровня на выходе БУФС при подключенном индукционном датчике. Не смотря на то, что в схеме предварительного усилителя нового индукционного датчика установлен дополнительный каскад усиления, в котором предусмотрена

балансировка нулевого уровня (смотри п. 1.3.1 настоящего отчета), не удастся из-за различного рода помех, регистрируемых датчиком, в полной мере и с высокой точностью скомпенсировать смещение нулевого уровня по его выходу. Особенно ситуация с установкой нулевого уровня становится критичной при больших коэффициентах усиления в БУФС. Суммирование выше указанных сигналов во второй каскаде производится с различными коэффициентами: 1) регистрируемый сигнал суммируется с коэффициентом минус 2, 2) постоянное напряжение U_{B1} с коэффициентом минус 0,0342, 3) постоянное напряжение U_{B2} с коэффициентом минус 0,0014. За счет такого выбора коэффициентов суммирования удалось с достаточной высокой точностью (± 5 мВ по выходу БУФС) обеспечить балансировку нулевого уровня на выходе БУФС даже при максимальном значении коэффициента усиления.

Третий и четвертый каскады представляют собой широкополосные усилители со ступенчатой регулировкой коэффициента усиления, причем первый из них имеет две ступени регулирования, (минус 1 и минус 18), а второй четыре (минус 1; 4,5; 9; 18). Отрицательный знак коэффициентов усиления этих каскадов свидетельствует о том, что каждый из них представляет собой широкополосный усилитель инвертирующего типа. Такое включение и распределение коэффициентов усиления между третьим и четвертым каскадами позволяет реализовать переключение коэффициентов усиления БУФС, указанных в таблице 1.4.1. Минимальное значение коэффициентов усиления этих каскадов было принято равным единице, что соответствует минимальному усилению всего БУФС равному четырем, которое устанавливается в режиме градуировки и определяется исходя из амплитуды импульсов тока, подаваемых в градуировочную катушку индукционного датчика.

Последующие каскады схемы БУФС (пятый и шестой) представляют собой активный фильтр Бесселя низкой частоты (ФНЧ) пятого порядка с коэффициентом передачи в полосе пропускания равным единице и обеспечивающим необходимые параметры частотной характеристики БУФС, указанные в таблице 1.4.1. При этом пятый каскад, представляющий собой два последовательно включенных звена ФНЧ второго порядка с частотой среза порядка 14 кГц, выполнен отдельно от шестого каскада, представляющего собой звено ФНЧ первого порядка с частотой среза 15 кГц. Такое разделение фильтра низкой частоты на отдельные каскады было выполнено с целью обеспечения возможной дальнейшей модернизации ФНЧ без существенной переработки схемы, в частности, для повышения частоты среза фильтра и снижения его порядка в случае значительного увеличения частоты дискретизации сигналов. Суммарная частота среза ФНЧ получается путем перемножения частотных характеристик пятого и шестого каскадов и составляет 10 кГц. Шестой каскад БУФС выполнен с переключаемой частотой среза (15 и 90 кГц). Частота среза 90 кГц рассчитана для случая повышения частоты дискретизации сигналов более чем в шесть раз.

Механический переключатель цепей Х1 реализует возможность исключения из схемы ФНЧ

звена четвертого порядка. В этом случае частотная характеристика БУФС становится более плавной (работает только звено первого порядка) и широкополосной с переключаемой частотой среза (15 и 90 кГц). В этом режиме достигаются минимальные искажения сигнала, но при этом следует учитывать, что в спектре усиливаемых сигналов не должно быть спектральных составляющих выше частоты Найквиста или их уровень должен быть достаточно малым.

Последний седьмой каскад БУФС представляет собой инвертирующий повторитель и совместно с шестым обеспечивает формирование двух взаимно инверсных сигналов на выходе БУФС. Необходимость в этом обоснована тем, что большинство современных, быстродействующих и многоразрядных микросхем аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) имеют дифференциальные входы, обеспечивающие подавление синфазных помех, возникающих на длинных линиях передачи сигналов от источника.

Первичным источником питания БУФС являются две аккумуляторные батареи напряжением 12 В, включенные последовательно со средней точкой по схеме двуполярного источника постоянного напряжения. Двуполярное постоянное напряжение, снимаемое с зажимов аккумуляторных батарей подается на вход линейного стабилизатора напряжения (СН) с выхода которого два высокостабильных напряжения ± 9 В поступают на питание всех элементов схемы, обеспечивая независимость технических параметров БУФС от изменяющегося в процессе эксплуатации напряжения аккумуляторных батарей.

1.4.2 Электрические принципиальные схемы БУФС

При разработке электрических принципиальных схем нового усовершенствованного блока усиления и фильтрации сигналов особое внимание было уделено выбору элементной базы на которой были реализованы отдельные каскады БУФС. В качестве усилительных элементов в схеме БУФС были использованы, как и в предыдущей разработке, микросхемы операционных усилителей. Среди очень широкого круга производимых и имеющихся в продаже типов таких микросхем выбор был остановлен на микросхемах, производимых фирмой “Analog Devices” (США), являющейся одним из ведущих признанных мировых производителей элементной базы для электронной техники. Выбор микросхем операционных усилителей (ОУ) основывался на ниже перечисленных требованиях к наиболее важным параметрам ОУ, которые в свою очередь определялись исходя из высоких требований к характеристикам и параметрам схем БУФС и всего измерительного канала, включая схемы предварительного усилителя для индукционного датчика и буферного усилительного каскада в аналого-цифровом преобразователе блока управления и регистрации сигналов (смотри п. 1.1.2, 1.3.1 настоящего отчета), реализуемых на этих микросхемах.

1. Должен обеспечиваться минимум нелинейных искажений выходных сигналов, численно характеризующихся коэффициентом гармонических искажений (в зарубежной интерпретации

THD) который измеряется в дБ по отношению к уровню первой (главной) гармоники в выходном сигнале.

2. Микросхемы ОУ должны обладать достаточно высоким быстродействием, численно характеризующимся скоростью нарастания (спада) выходного сигнала при подаче на вход прямоугольных импульсов (не менее 12 В/мкс).
3. Уровни входного напряжения смещения и величины его температурного дрейфа не должны превышать соответственно 100 мкВ и 1,0 мкВ/°С.
4. Усилительные схемы, выполненные на ОУ должны иметь достаточно малые уровни собственных шумов в полосе пропускания измерительного канала. Выбирались микросхемы для которых уровень спектральных плотностей шумов напряжения не превышал 10 нВ/Гц^{0,5} и соответственно шумов тока 2 пА/Гц^{0,5}.
5. Микросхемы ОУ должны обладать высокой нагрузочной способностью, особенно для выходных каскадов БУФС, работающих на низкоомную нагрузку. Максимальный ток обеспечиваемый в нагрузке при амплитуде выходного напряжения 3,0 В должен составлять не менее 30 мА.

Фирма “Analog Devices” (США) разрабатывает и производит очень широкий ассортимент элементной базы для электронной техники, но особой популярностью среди разработчиков электронной аппаратуры пользуются элементы аналоговой техники, выпускаемые ею, в частности, “Analog Devices” предлагает разработчикам самый широкий выбор микросхем операционных усилителей практически для всех технических задач, решаемых разработчиками аналоговых электронных схем. Проведенный анализ технических характеристик и параметров микросхем ОУ, предлагаемых фирмой “Analog Devices” на своем интернет сайте, позволил сделать выбор типов микросхем, необходимых для реализации схем БУФС и всего канала регистрации сигналов измерительного комплекса ЭРК ШПС.

В таблице 1.4.2 приведен список и основные технические характеристики наиболее подходящих для реализации электрических схем канала регистрации сигналов разрабатываемого измерительного комплекса ЭРК ШПС, включая схемы БУФС, предварительного усилителя индукционного датчика и схемы АЦП блока управления и регистрации сигналов (БУРС). Среди списка микросхем, представленного в таблице 1.4.2 для реализации каскадов структурной схемы БУФС наиболее подходят микросхемы AD8610AR и AD8620AR. Высокая скорость нарастания выходного напряжения (50 В/мкс), низкий уровень напряжения смещения (100 мкВ), низкий уровень собственных шумов, особенно шумов тока (6 нВ/Гц^{0,5} и 0,005 пА/Гц^{0,5}), высокая нагрузочная способность (45 мА), очень низкий уровень входных токов смещения (0,003 нА) и, достаточно низкий уровень нелинейных искажений сигналов (минус 110 дБ), позволили применить эти микросхемы во всех каскадах схемы блока усиления и фильтрации сигналов.

Таблица 1.4.2 Операционные усилители, основные параметры

Наименование	Кол-во ОУ	Напряж. питания, В	Ток потр., мА	Кэфф. гарм. искажений, THD, дБ	Скорость нарастания выходного напряж., В/мкс	Входное напряж. смещения, мкВ	Дрейф напряж. смещения, мкВ/°С	Входные шумы напряжения нВ/Гц ^{0,5}	Входной ток смещения, нА	Входные шумы тока, пА/Гц ^{0,5}	Макс. ток в нагрузке, мА
AD797AR	1	±(4,5÷ 18,0)	8 - 10	-98	20	80	1,0	0,9	80	2,0	50
ADA4898-1YRDZ	1	±(4,5÷ 16,0)	8	-116	55	160	1,0	0,9 – 3,0	30	2,4 ÷ 10	40 мА
ADA4898-2YRDZ	2	±(4,5÷ 16,0)	16	-116	55	160	1,0	0,9 – 3,0	30	2,4 ÷ 10	40 мА
AD8610AR	1	±(5,0÷ 13,0)	3	-110	50	100	1,0	6,0	0,003	0,005	45
AD8620AR	2	±(5,0÷ 13,0)	6	-110	50	100	1,0	6,0	0,003	0,005	45
AD8597ARZ	1	±(5,0÷ 18,0)	5	-120	14	10 - 100	0,8	1,07 – 1,5	25	1,9 ÷ 5,3	52
AD8599ARZ	2	±(5,0÷ 18,0)	10	-120	14	10 - 100	0,8	1,07 – 1,5	25	1,9 ÷ 5,3	52
ADA4627-1ARZ ADA4637-1ARZ	1	±(4,5÷ 16,0)	7	106	82 170	200	1,0	6,1	0,001	0,0025	45

На рис. 1.4.3 представлена электрическая принципиальная схема входного каскада БУФС, выполненного по схеме не инвертирующего усилителя на одном из операционных усилителей микросхемы AD8620ARZ.

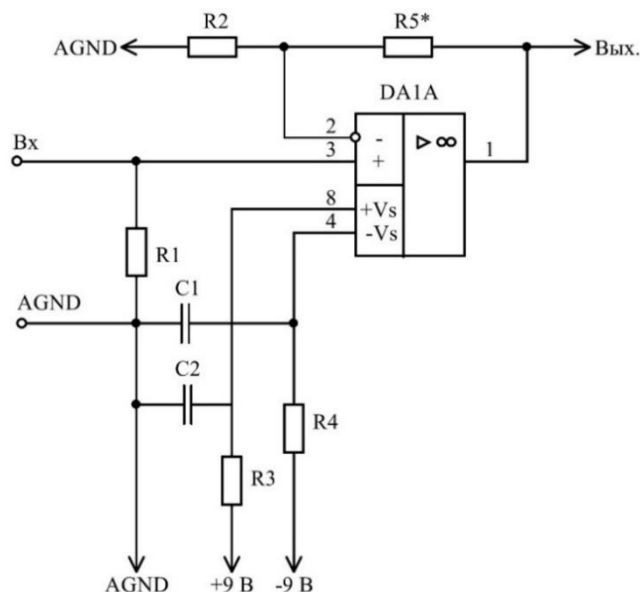


Рис. 1.4.3 Входной каскад усиления БУФС, схема электрическая принципиальная

Коэффициент усиления схемы определяется по формуле:

$$K1 = 1 + \frac{R5}{R2} = 2,$$

где $R5 = R2 = 1,5$ кОм – сопротивления резисторов делителя напряжения, включенного в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя. Сопротивление резистора $R1 = 49,9$ Ом, установленного параллельно входу усилительного каскада определяет входное сопротивление схемы и обеспечивает согласованный прием сигналов, поступающих на вход БУФС от индукционного датчика через линию связи (радиочастотный кабель РК-50) с волновым сопротивлением 50 Ом. Два низкочастотных пассивных фильтра, выполненных на резисторах R3, R4 конденсаторах C1, C2 и включенных последовательно в цепи питания микросхемы ОУ (+9 В и – 9 В), обеспечивают снижение уровня высокочастотных помех наводимых в этих цепях работающими мощными близко расположенными радиостанциями и внутренними источниками помех такими как цифровые схемы измерительного комплекса) и что особенно важно, низкочастотные фильтры, устанавливаемые по цепям питания каждого отдельного каскада усиления значительно снижают взаимное влияние каскадов усиления друг на друга через общие цепи питания, особенно выходных более мощных с большим уровнем сигналов на входные каскады, обеспечивая устойчивую работу схемы всего усилителя.

Сигнал с выхода первого усилительного каскада поступает на вход второго каскада

(рис. 1.4.4), выполненного на втором из операционных усилителей DA1B, входящим в микросхему AD8620ARZ, по схеме инвертирующего сумматора.

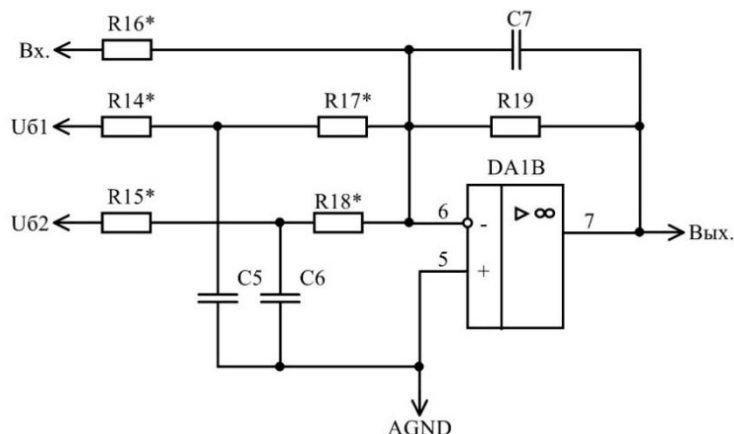


Рис. 1.4.4 Сумматор, схема электрическая принципиальная

На два других входа сумматора поступают постоянных напряжения U_{61} и U_{62} , уровень и знак которых устанавливается на выходе двух независимых регулируемых источников опорного напряжения, обеспечивающих в процессе настройки и регулировки приемной части измерительного комплекса установку среднего нулевого уровня выходного сигнала БУФС при подключенном индукционном датчике и максимальном усилении БУФС.

Уровень выходного сигнала схемы сумматора рассчитывается по формуле:

$$U_{\text{ВЫХ}} = - \left(U_{\text{ВХ}} \cdot \frac{R_{19}}{R_{16}} + U_{61} \cdot \frac{R_{19}}{R_{14} + R_{17}} + U_{62} \cdot \frac{R_{19}}{R_{15} + R_{18}} \right) = - (2 \cdot U_{\text{ВХ}} + 0,0342 \cdot U_{61} + 0,0014 \cdot U_{62})$$

Благодаря правильно выбранным и рассчитанным коэффициентам суммирования усиливаемого сигнала $U_{\text{ВХ}}$ и напряжений балансировки U_{61} , U_{62} обеспечивается требуемая точность (погрешность) установки нулевого уровня по выходу БУФС (± 5 мВ) и диапазон балансируемых смещений нулевого уровня, приведенный ко входу БУФС (± 15 мВ) в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.4.1.

Конденсаторы C_5 и C_6 совместно с соответствующими резисторами R_{14} , R_{17} и R_{15} , R_{18} обеспечивают фильтрацию наводок, шумов и помех, возникающих в цепях формирования напряжений U_{61} и U_{62} . Диапазон фильтруемых частот определяется частотами среза соответствующих RC-цепей которые рассчитываются по формулам:

$$f_{C_{61}} = \frac{R_{14} + R_{17}}{2 \cdot \pi \cdot R_{14} \cdot R_{17} \cdot C_5} \approx 1,0 \text{ Гц}; \quad f_{C_{62}} = \frac{R_{15} + R_{18}}{2 \cdot \pi \cdot R_{15} \cdot R_{18} \cdot C_6} \approx 0,4 \text{ Гц}$$

Значения емкостей конденсаторов $C_5 = 10$ мкФ и $C_6 = 1$ мкФ выбираются таким образом, чтобы получаемые частоты среза RC-цепей обеспечивали достаточное подавление всех высокочастотных помех и наводок, включая наводки, создаваемые линиями электропередачи промышленной силовой

сети частотой 50 Гц. Конденсатор $C7$ ограничивает полосу пропускания усилителя-сумматора в области верхних частот примерно на уровне 250 кГц. Это не сказывается на амплитудно-частотной характеристике измерительного тракта, но при этом повышается стабильность и устойчивость в его работе.

Постоянные напряжения U_{61} , U_{62} , подаваемые на входы усилителя-сумматора формируются с помощью схемы представленной на рис. 1.4.5 и снимаются с движков подстроечных резисторов ($R9$, $R10$), входящих в цепь двух делителей напряжения, выполненных на резисторах $R7$, $R9$, $R11$ и $R8$, $R10$, $R12$.

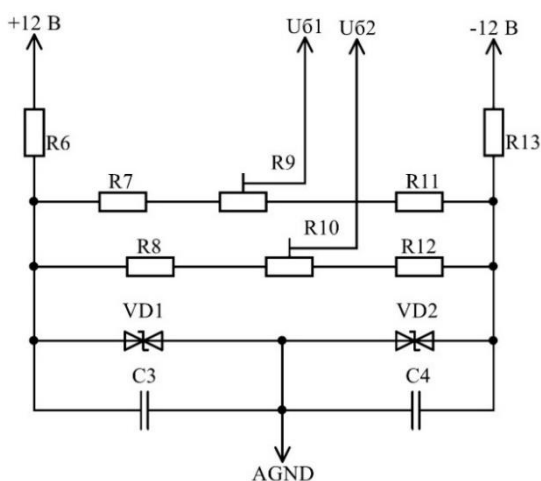


Рис. 1.4.5 Регулируемые источники опорных (балансируемых) напряжений, схема электрическая принципиальная

Делители напряжения подключены к стабилизированному источнику опорного напряжения, реализованному на стабилитронах $VD1$, $VD2$, резисторах $R6$, $R13$ и конденсаторах $C3$, $C4$ по схеме двуполярного параметрического стабилизатора. Параметры схемы (величины сопротивлений резисторов) рассчитаны таким образом, чтобы обеспечивалась плавная регулировка напряжений U_{61} , U_{62} в пределах от плюс 2,3 В до минус 2,3 В. При таких значениях балансируемых напряжений, подаваемых на вход сумматора (рис. 1.4.4) обеспечивается компенсация постоянного смещения в диапазоне примерно от минус 40 до плюс 40 мВ, присутствующего в усиливаемом сигнале на входе сумматора. Приведенное ко входу БУФС это значение составляет ± 20 мВ, что вполне удовлетворяет указанным в таблице 1.4.1 (п.п. 5) техническим требованиям.

В качестве элементов, обеспечивающих стабилизацию (независимость от питающих напряжений) формируемых схемой балансируемых напряжений U_{61} , U_{62} выбраны стабилитроны типа $KC170A$, обладающие необходимым напряжением стабилизации (7,0 В), высоким температурным коэффициентом напряжения стабилизации ($\pm 0,01$ %/°C), малой временной нестабильностью напряжения стабилизации ($\pm 1,0$ %) и достаточно низким дифференциальным

сопротивлением (20 Ом при токе 10 мА).

Далее, сигнал с выхода сумматора поступает на вход усилителя с дискретной ступенчатой регулировкой коэффициента усиления (рис. 1.4.6), выполненного на микросхеме DA2 (AD8620ARZ).

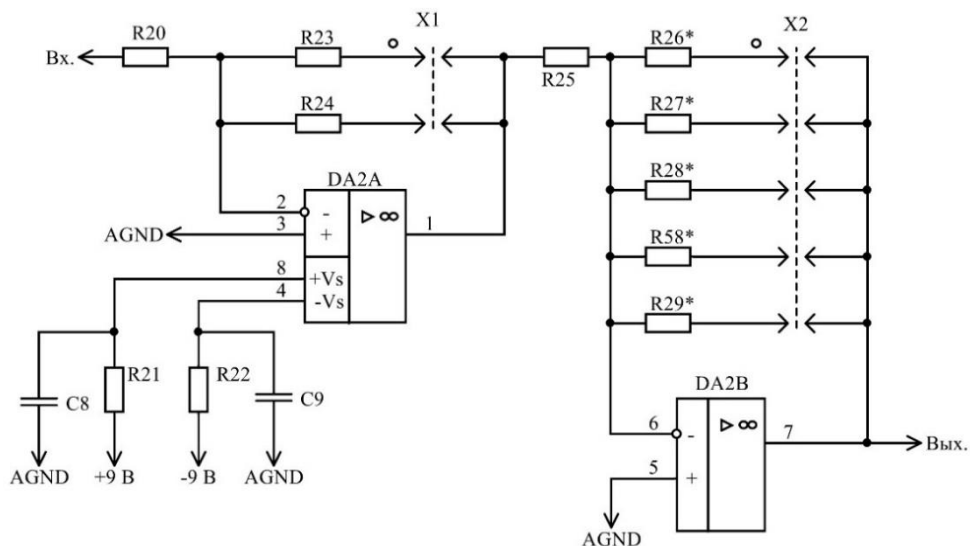


Рис. 1.4.6 Усилитель с дискретно регулируемым коэффициентом усиления, схема электрическая принципиальная

Усилитель состоит из двух каскадов, каждый из которых выполнен на операционном усилителе по инвертирующей схеме. Первый каскад имеет две ступени регулировки усиления (1,0 и 18), а второй четыре (1,0; 4,5; 9,0 и 18). Коэффициенты усиления каскадов зависят от величин сопротивлений резисторов, включенных на входе и в цепи обратной связи операционных усилителей и определяются по формулам:

$$K3 = -\frac{(R23, R24)}{R20}, \quad K4 = -\frac{(R26, R27, R28, R58, R29)}{R25}.$$

Регулировка коэффициентов усиления осуществляется путем механического переключения резисторов, включаемых в цепь отрицательной обратной связи операционных усилителей с помощью установки перемычек (джамперов) на соответствующие контакты вилок X1 и X2. Такой способ регулировки усиления позволил отказаться от применения сложных электронных узлов (микросхем) таких как цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), которые могут вносить дополнительные нелинейные искажения в усиливаемые сигналы. Величины сопротивлений резисторов, используемых в каскадах усиления, выбирались из ряда номиналов E192 повышенной точности ($\pm 0,5\%$) таким образом, чтобы обеспечить переключение коэффициентов усиления с шагом примерно равным 2. В таблице 1.4.3 приведен перечень полученных коэффициентов усиления двухкаскадной схемы усилителя с учетом допусков на разброс сопротивлений резисторов.

Таблица 1.4.3 Коэффициенты усиления схемы двухкаскадного усилителя

K3 K4	$1 \pm 0,01$	$20 \pm 0,2$
$1 \pm 0,01$	$1 \pm 0,02$	$20 \pm 0,4$
$2,49 \pm 0,025$	$2,49 \pm 0,05$	$49,8 \pm 1$
$4,99 \pm 0,05$	$4,99 \pm 0,1$	$99,8 \pm 2$
$10 \pm 0,1$	$10 \pm 0,2$	200 ± 4
$20 \pm 0,2$	$20 \pm 0,4$	400 ± 8

Далее, сигнал с выхода двухкаскадного усилителя подается или на вход двухзвенного фильтра низкой частоты четвертого порядка (пятый каскад БУФС) или на вход шестого каскада БУФС, представляющего собой звено фильтра низкой частоты первого порядка с регулируемой (переключаемой) частотой среза, в зависимости от установки перемычки (джампера) на контактной колодке X1 (смотри рис. 1.4.2). Пятый и шестой каскады БУФС вместе образуют фильтр низкой частоты пятого порядка. На рисунке 1.4.7 показана схема электрическая принципиальная первых двух звеньев второго порядка этого фильтра.

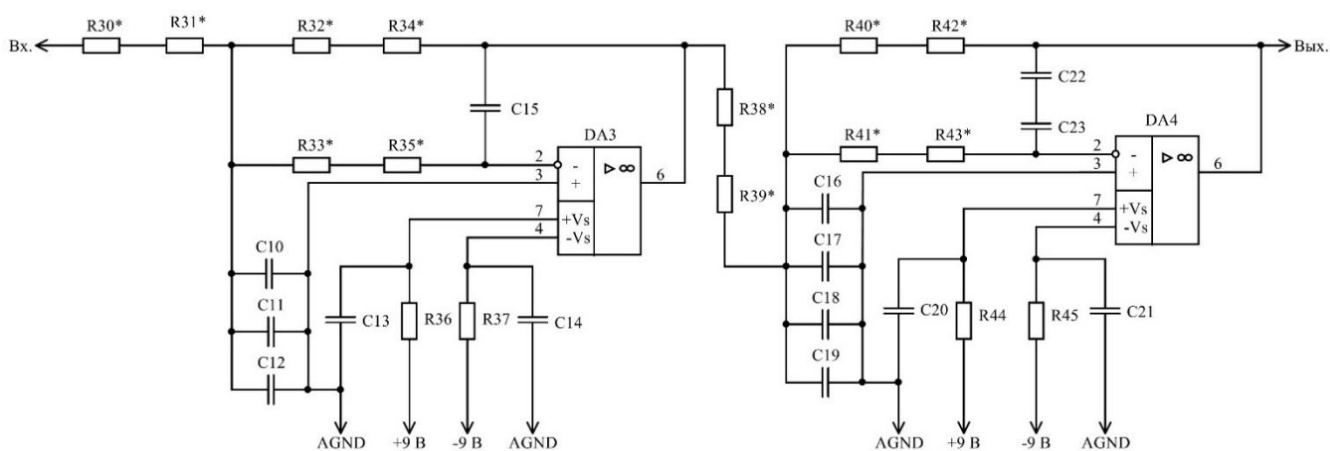


Рис. 1.4.7 Два звена второго порядка фильтра низкой частоты пятого порядка, схема электрическая принципиальная

Каждое звено этого фильтра представляет собой активный фильтр низкой частоты второго порядка, выполненный на операционном усилителе AD8610ARZ (микросхема DA3 – первое звено, DA4 – второе звено). За основу была взята схема звена второго порядка с много петлевой частотно зависимой отрицательной обратной связью так как такая схема достаточно проста, легко настраивается и обладает высокой стабильностью и устойчивостью в работе.

На рис. 1.4.8 показана электрическая принципиальная выходных каскадов БУФС.

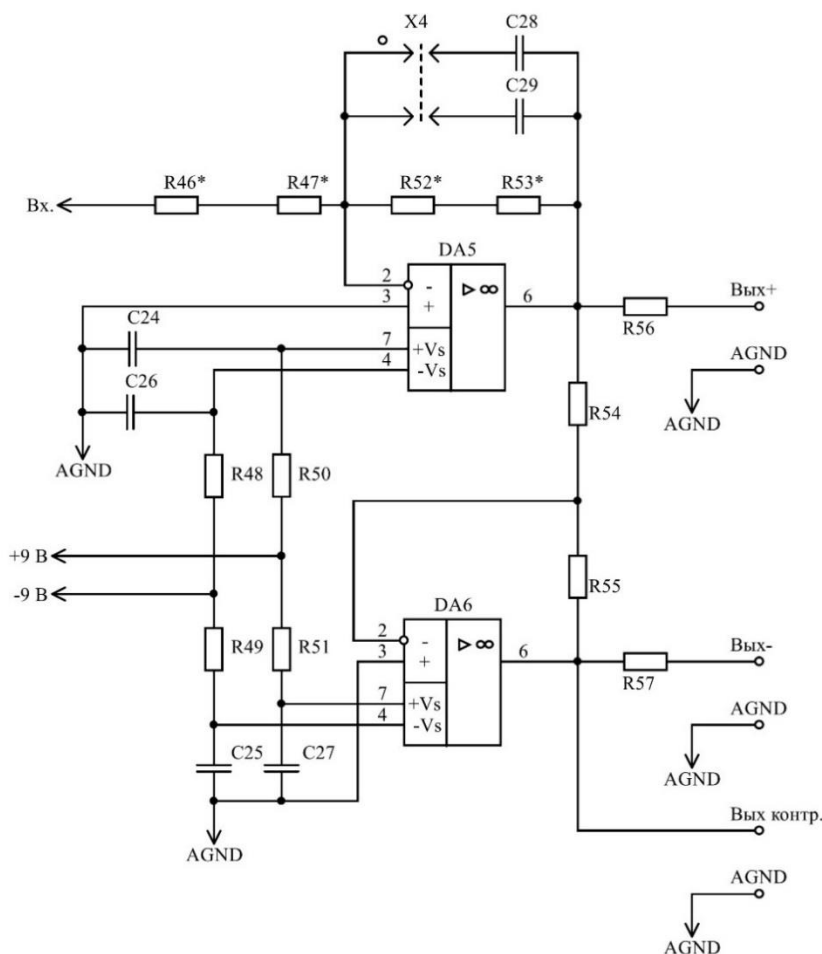


Рис. 1.4.8 Выходные каскады БУФС, схема электрическая принципиальная

На операционном усилителе DA5 (рис. 1.4.8, микросхема AD8610ARZ), включенного по схеме инвертирующего усилителя (повторителя) с частотно зависимой отрицательной обратной связью, выполнено третье звено низкочастотного фильтра. Таким образом, необходимая частотная характеристика БУФС (рис. 1.4.1) обеспечивается схемой фильтра, собранного из последовательно включенных двух звеньев второго порядка (рис. 1.4.7) и звена первого порядка (DA5, рис. 1.4.8) Сигнал, снимаемый с выхода операционного усилителя DA5 (рис. 1.4.8), является одним из выходных сигналов БУФС (Вых+). На второй выход БУФС (Вых -) поступает сигнал инвертированный по отношению к Вых+, который снимается с выхода инвертирующего повторителя напряжения, выполненного на операционном усилителе DA6 (рис. 1.4.8, микросхема AD8610ARZ). На выход БУФС сигналы (Вых+) и (Вых -) поступают через последовательно включенные резисторы R56, R57 сопротивлением 49,9 Ом с целью обеспечения согласованной передачи этих сигналов через длинную (от 20 до 100 метров) линию связи (экранированный радиочастотный кабель РК-50) с волновым сопротивлением 50 Ом на вход блока управления и регистрации сигналов измерительного комплекса.

В схеме третьего звена фильтра низкой частоты, выполненном на микросхеме DA5 (рис. 1.4.8), предусмотрена ступенчатая регулировка частоты среза этого звена ($f_c = 15; 90$ кГц), осуществляемая путем переключения конденсаторов (C28, C29), включаемых в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя с помощью переключки (джампера), устанавливаемой на контакты вилки X4. При подключении конденсатора C28 частота среза этого звена устанавливается равной 15 кГц, а частота среза всего трехзвенного фильтра низкой частоты (фильтр Бесселя пятого порядка) становится равной 10 кГц. При подключении конденсатора C29 частота среза третьего звена фильтра устанавливается равной 90 кГц. При этом первые два звена могут быть исключены из схемы БУФС путем установки переключки на контактной колодке X1, показанной на структурно-функциональной схеме БУФС (рис. 1.4.2) в другое положение. Такая конфигурация схемы БУФС может понадобиться при дальнейшем усовершенствовании измерительного комплекса ЭРК ШПС, в частности, в случае значительного повышения частоты дискретизации сигналов в блоке управления и регистрации сигналов измерительного комплекса ЭРК ШПС.

Расчет параметров элементов схемы низкочастотного фильтра Бесселя пятого порядка производился по методике, приведенной в [3].

Так как блок усиления и фильтрации сигналов наравне с другими блоками измерительного комплекса предназначены для работы в полевых условиях, то в качестве источника питания нового усовершенствованного БУФС, как и в ранее изготовленном макетном образце, были применены две аккумуляторные батареи напряжением 12 В и емкостью 1,2 А·ч, обеспечивающие непрерывную работу БУФС без подзарядки батарей в течении не менее 20 часов.

С целью обеспечения повышенной стабильности параметров схемы БУФС и исключения возможной зависимости их от изменяющихся в процессе работы напряжений аккумуляторных батарей, эти напряжения подаются на вход двуполярного линейного стабилизатора, электрическая принципиальная схема которого показана на рис. 1.4.9.

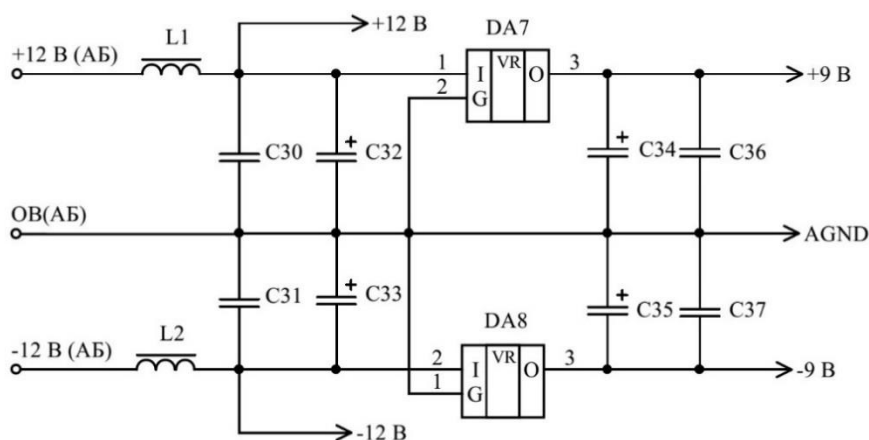


Рис. 1.4.9 Линейный стабилизатор напряжения, схема электрическая принципиальная

Два высокостабильных напряжения постоянного тока разной полярности и одинаковой величины ± 9 В, снимаемые с выхода схемы стабилизатора, обеспечивают питание всей электрической схемы нового усовершенствованного блока усиления и фильтрации измерительного комплекса ЭРК ШПС.

Комплект разработанной технической документации на электрическую часть БУФС (схемы электрические принципиальные с перечнями элементов) представлен в Приложении Г к настоящему отчету (Блок усиления и фильтрации сигналов, альбом схем и чертежей, НСРАН 10.04.000 АС).

1.4.3 Разработка конструкции БУФС

За основу при разработке конструкции нового блока усиления и фильтрации сигналов были взяты решения, принятые для макетного образца. При этом были внесены некоторые корректировки в состав и конфигурацию механической части ранее изготовленного макетного образца, связанные прежде всего с изменениями в электрической принципиальной схеме БУФС. Как и в макетном образце, основные элементы электрической принципиальной схемы нового БУФС расположены на печатной плате (Приложение Г, сборочный чертеж НСРАН 10.04.001 СБ). В электрической принципиальной схеме основного усилителя (Приложение Г, НСРАН 10.04.001 ЭЗ) были исключены многие элементы управления параметрами и режимами работы БУФС, которые в макетном образце часто использовались в процессе подготовки и проведения измерительных сеансов и поэтому располагались на верхней (внешней) панели БУФС. В новой конструкции БУФС все настроечные и регулировочные элементы схемы размещены на печатной плате основного усилителя, а необходимость в настройке и регулировке параметров и режимов работы БУФС перед каждым измерительным сеансом исчезла. Это упростило конструкцию БУФС и повысило надежность его работы в полевых условиях.

В приложении Г к настоящему отчету представлен комплект чертежей на сборочные единицы и детали для нового БУФС. Согласно сборочному чертежу (смотри Приложение Г, НСРАН 10.04.000 СБ) механическая часть конструкции блока усиления и фильтрации сигналов собирается из ниже перечисленных деталей:

- панель лицевая (поз. 2), НСРАН 10.04.002;
- панель задняя (поз. 3), НСРАН 10.04.003;
- планки верхняя и нижняя (поз. 4 и поз. 5), НСРАН 10.04.004 и НСРАН 10.04.005;
- планки ограничительные №1 и №2 (поз. 6 и поз. 7), НСРАН 10.04.006 и НСРАН 10.04.007;
- радиатор (поз. 8), НСРАН 10.04.008;
- крышка (поз. 9), НСРАН 10.04.009, 2 штуки;
- ножка (поз. 10), НСРАН 10.04.010, 4 штуки.

Лицевая и задняя панели (поз.2 и поз. 3), верхняя и нижняя планки (поз. 4 и поз. 5), соединенные между собой с помощью винтов, образуют каркас конструкции БУФС, на котором размещаются и крепятся все остальные элементы конструкции и электрической схемы БУФС. Ограничительные планки (поз. 6 и поз. 7), попарно соединенные между собой винтами, используются для закрепления в каркасе двух аккумуляторных батарей (поз. 30). Мягкое закрепление аккумуляторных батарей в каркасе БУФС, осуществляемое за счет использования тонких резиновых прокладок (поз. 25), устанавливаемых между элементами конструкции и аккумуляторными батареями, обеспечивает легкую установку и демонтаж аккумуляторных батарей, а также защиту элементов конструкции от разрушающего действия механических ударов и вибраций, возникающих при транспортировке.

Основной усилитель, выполненный на печатной плате (поз. 1) закрепляется на верхней и нижней планках (поз. 4 и поз. 5) каркаса через изолирующие втулки (поз. 11) с помощью четырех винтов (поз. 15). Радиатор (поз. 8), выполненный в виде прямоугольной пластины из алюминиевого сплава АМг6, прикрепленный к планкам (поз. 4 и поз. 5) с помощью двух винтов (поз. 17) служит для отвода тепла, выделяемого в процессе работы микросхемами линейных стабилизаторов напряжения, установленных на печатной плате основного усилителя. Корпуса этих микросхем через теплопроводящие изолирующие подложки (поз. 21) закрепляются с помощью двух винтов (поз. 18) на радиаторе. Электрическая изоляция винтов, закрепляющих микросхемы стабилизаторов на радиаторе от корпусов этих микросхем осуществляется посредством двух изолирующих втулок (поз. 20) изготовленных из полипропилена.

На лицевой панели БУФС размещается высокочастотный разъем (вилка) СР50-73Ф-ФВ (поз. 35) для подачи на вход БУФС сигнала от индукционного датчика или имитатора сигналов и клемма (поз. 34) для электрического подключения корпуса БУФС к внешнему заземлению (при необходимости). На задней панели располагаются три выходных разъема (поз. 35), тумблер включения питания (поз. 31), светодиоды для индикации включения питающих напряжений (поз. 33) и разъем для подключения внешнего зарядного устройства (поз. 32).

Собранные и закрепленные на каркасе элементы конструкции БУФС закрываются двумя крышками (поз. 9), которые прикручиваются с помощью 14-ти винтов (поз. 16) к верхней и нижней планкам (поз. 4 и поз. 5) каркаса. На крышках (поз. 9) с помощью винтов (поз. 16) закрепляются четыре ножки (поз. 10, по две на каждой крышке), изготовленные из текстолита. Разработанная конструкция блока усиления и фильтрации сигналов обеспечивает достаточную защиту элементов электрической схемы БУФС от возможного прямого попадания пыли и брызг влаги на них в процессе эксплуатации. Одновременно разработанная конструкция обеспечивает легкий доступ ко всем элементам схемы БУФС в процессе его настройки и регулировки.

2. Разработка комплекта эскизной технической документации и изготовление усовершенствованного имитатора сигналов для измерительного комплекса ЭРК ШПС

Результаты, полученные в 2014 и в 2015 годах в лабораторных экспериментах с макетным образцом измерительного комплекса ЭРК ШПС и специально изготовленным для их проведения имитатором сигналов (ИС) показали, что дальнейшее его использование в экспериментах и проверках измерительного комплекса не представляется возможным по причине того, что его технические и эксплуатационные характеристики перестали удовлетворять новым более жестким требованиям, появившимся в процессе проведения экспериментов.

Ужесточение требований к техническим параметрам имитатора сигналов связано прежде всего с выявленными особенностями применения шумоподобных сигналов в электроразведочной измерительной аппаратуре. В частности, были обнаружены так называемые “структурные помехи”, проявляющиеся после корреляционной обработки зарегистрированных сигналов, основными причинами возникновения которых, как показали исследования проведенные в 2014 – 2015 годах на физических и математических моделях, могут быть нелинейность характеристик передачи частей и блоков измерительного тракта, включая исследуемый объект земную кору, а также различного рода импульсные помехи, связанные с управляющими и зондирующими сигналами, проникающими в измерительный тракт через различные паразитные цепи.

В этих условиях потребовалось значительное улучшение технических характеристик разработанного и изготовленного в 2013 году имитатора сигналов прежде всего таких как уровень нелинейных искажений, помех и наводок в сигналах формируемых имитатором.

К существенному недостатку ИС, изготовленного в 2013 году также относится наличие достаточно высокого уровня помех в сигналах, формируемых на выходе имитатора, связанных с влиянием промышленной сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц, используемой в качестве первичного источника питания имитатора.

Также, в процессе экспериментов было выявлено, что уровень “структурных помех” в сильной степени зависит от вида переходных характеристик узлов и блоков измерительного тракта, особенно если наблюдаются различия в длительностях переходного процесса для положительного и отрицательного перепадов входных воздействий.

Простыми доработками, не связанными с серьезными изменениями в схемах и конструкции, улучшить технические и эксплуатационные параметры имитатора сигналов не удалось.

На основании выше изложенного в 2016 году было принято решение по разработке и изготовлению нового усовершенствованного имитатора сигналов, в котором были учтены и по возможности устранены выше указанные недостатки. В процессе проведения работ по разработке нового ИС критической переоценке подверглись практически все ранее принятые

схмотехнические решения, включая конструктивное исполнение имитатора.

Первое, что было выполнено – это исключено питание схем имитатора от промышленной сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц. В качестве первичного источника питания были взяты две аккумуляторные батареи напряжением 12 В, включенные в схему и конструкцию ИС как двуполярный источник. Емкость аккумуляторных батарей выбиралась из соображения достаточно длительной непрерывной работы (не менее 100 часов) с имитатором без подзарядки аккумуляторных батарей. Для питания отдельных схем и устройств имитатора были использованы индивидуальные стабилизаторы напряжения, выполненные на микросхемах (линейные стабилизаторы напряжения), обладающих высокими техническими характеристиками. Переход к такой системе питания позволил значительно снизить уровень помех (наводок), создаваемых в цепях ИС промышленной сетью переменного тока (220 В, 50 Гц). Питание каждого отдельного устройства имитатора сигналами от индивидуального стабилизатора напряжения позволило снизить уровни несанкционированного проникновения сигналов одних устройств в другие через общие цепи питания (взаимное влияние схем имитатора).

Изменениям подверглись не только отдельные узлы и схемы имитатора сигналов, была изменена его структурно-функциональная схема. Из состава ИС был исключен такой узел как генератор шума, ранее используемый для проверки на физических моделях теоретических предположений по подавлению широкополосных нормально распределенных шумов и помех при корреляционной обработке шумоподобных сигналов, регистрируемых на приемной стороне измерительного комплекса ЭРК ШПС. После получения положительных результатов, дальнейшая необходимость в такого рода исследованиях исчезла. И наоборот, в состав ИС было введено новое устройство – имитатор сигналов датчика (ИСД), обеспечивающее физическое моделирование переходной характеристики индукционного датчика сигналов. Введение в структуру ИС специального имитатора сигналов датчика объясняется тем, что нелинейные искажения и импульсные паразитные помехи, приводящие к появлению “структурных помех”, могут возникать во всех узлах и блоках измерительного комплекса, включая датчик сигналов и при разработке схем имитатора сигналов этот факт необходимо отдельно учитывать и рассматривать.

2.1 Технические характеристики и структурно-функциональная схема имитатора сигналов

Выше было отмечено, что основной причиной разработки нового, усовершенствованного имитатора сигналов является ужесточение требований к техническим параметрам имитатора и невозможность быстрой и эффективной доработки ранее разработанного и изготовленного прибора путем незначительных изменений его электрических принципиальных схем и конструкции. В таблице 2.1 приведены требования к техническим параметрам для нового усовершенствованного имитатора сигналов.

Таблица 2.1 Технические параметры усовершенствованного имитатора сигналов

№ п.п.	Параметр	Условия измерения	Ед. изм.	Значение	Примечание
1.	Максимальный уровень выходного сигнала, не менее	Сопротивление нагрузки, $R_n = 50 \text{ Ом}$	В	4	Размах, (от пика до пика)
2.	Коэффициент нелинейных искажений выходного сигнала, не более	Амплитуда синусоидального сигнала 1,5 В, частота 1,0 кГц	%	0,005	Расчетный параметр
3.	Коэффициенты ступенчатого ослабления выходного сигнала		дБ	- (0; 20; 40; 60) $\pm 2 \%$	
4.	Диапазон плавной регулировки уровня выходного сигнала: грубая регулировка; точная регулировка		% %	95 5	Определяется в % от максимального уровня сигнала
5.	Смещение нулевого уровня по выходу, не более		мВ	$\pm 0,3$	
6.	Температурный дрейф нулевого уровня по выходу, не более		мВ/°С	0,015	Расчетный параметр
7.	Диапазон дискретной перестройки постоянной времени модели переходной характеристики среды		мкс	(0 ÷ 60) $\pm 5\%$	С шагом 10 мкс
8.	Постоянная времени имитатора индукционного датчика		сек	$1,5 \pm 5\%$	
9.	Уровень выходного шума, не более	В полосе частот 1,0 Гц ÷ 10 кГц	мкВ	140/25	Размах, (от пика до пика)/среднеквадратичное значение
10.	Выходное сопротивление		Ом	50 ± 1	

11.	Напряжение первичного источника питания		В	$\pm (11,5 \div 14)$	Две аккумуляторные батареи
12.	Время непрерывной работы без подзарядки аккумуляторных батарей, не менее		час	100	

Некоторые из параметров имитатора сигналов, такие как коэффициент нелинейных искажений сигналов и температурный дрейф нулевого уровня не могут быть измерены и являются расчетными из-за отсутствия в НСРАН в настоящее время необходимых измерительных приборов и технологического оборудования.

Максимальное значение выходного сигнала имитатора зависит от уровня сигналов, подаваемых на вход нового блока регистрации и обработки сигналов (БУРС), при котором схема регистрации работает еще в линейном режиме. В свою очередь, максимальный уровень сигнала, подаваемого на вход БУРС ($U_{БУРСmax}$), определяется напряжением опорного источника ($U_0 = 5,12$ В) и коэффициентом передачи буферного усилительного каскада ($K_{АЦП} = 3,41$) в схеме аналого-цифрового преобразователя нового БУРС и вычисляется по формуле:

$$U_{БУРСmax} = \frac{U_0}{K_{АЦП}} = \frac{5,12}{3,41} \approx 1,5 \text{ В}$$

Для контроля уровня ограничения сигнала в БУРС значение максимального выходного сигнала ИС было выбрано несколько завышенным (± 2 В, размах 4 В).

Очень малая величина нелинейных искажений в выходном сигнале ИС (не более 0,005 %) определена на основании результатов математического моделирования влияния нелинейности в измерительном тракте ЭРК ШПС на уровень вызываемых ею “структурных помех”. В экспериментах по математическому моделированию было получено, что отклонение от прямой линии в характеристике передачи измерительного тракта на величину 0,01 % от диапазона изменения выходного сигнала приводит к появлению импульсов “структурных помех” амплитудой порядка 300 мкВ, приведенных ко входу микросхемы АЦП в старой схеме БУРС, что составляет примерно две единицы веса младшего разряда микросхемы АЦП в новом БУРС. При этом максимальная амплитуда “структурных помех”, получаемых как в лабораторных так и в полевых экспериментах составляла порядка 10 – 20 единиц веса младшего разряда АЦП. Отсюда был сделан вывод о том, что при нелинейных искажениях в выходных сигналах имитатора не превышающих 0,005 % можно ожидать амплитуду импульсов “структурных помех” не превышающую веса единицы младшего разряда АЦП. Достижение такого низкого уровня нелинейных искажений в сигналах теоретически возможно. Необходима соответствующая элементная база (прецизионные микросхемы операционных и инструментальных усилителей) на которых должны выполняться

усилительно-преобразовательные схемы имитатора сигналов.

В новом имитаторе сигналов, как и в ранее изготовленном макетном образце, была сохранена регулировка амплитуды формируемых ИС сигналов, осуществляемая двумя способами: 1) дискретным переключением ослабления сигнала в диапазоне от 0 до минус 60 дБ с шагом 20 дБ; 2) плавной регулировкой в пределах 95 % от максимального значения для грубого и 5% для точного регуляторов.

Для нового имитатора сигналов были установлены более высокие требования к смещению нулевого уровня по выходу (не более $\pm 0,3$ мВ) и его температурному дрейфу (не более 0,015 мВ/°С), так как эти параметры, как показали эксперименты, влияют на качество выходных данных, получаемых после корреляционной обработки зарегистрированных сигналов.

В процессе проведения лабораторных экспериментов с макетным образцом ЭРК ШПС были уточнены значения дискретно регулируемой постоянной времени схемы, моделирующей в ИС исследуемую среду (земную кору). Было принято решение ограничить диапазон перестройки этого параметра значениями от нуля до 60 микросекунд и установить шаг регулировки 10 микросекунд, что наиболее соответствует временам становления поля, получаемым при обработке реальных зарегистрированных в полевых условиях сигналов.

В структуру нового имитатора сигналов добавлена схема, обеспечивающая моделирование индукционного датчика сигнала, а точнее его переходную характеристику, поэтому, в перечень контролируемых параметров имитатора была введена постоянная времени имитатора индукционного датчика, соответствующая постоянной времени реального индукционного датчика, входящего в состав измерительного комплекса.

В перечень контролируемых параметров был также введен уровень шума в выходном сигнале ИС, определяющий качество формируемых имитатором сигналов. Для того чтобы наложенный на сигнал собственный шум имитатора не оказывал влияния на регистрируемые в БУРС сигналы, подаваемые на вход АЦП от имитатора, размах его собственных шумов не должен превышать веса единицы младшего разряда АЦП (156 мкВ).

Для обеспечения качественной передачи сигналов от имитатора к БУФС или БУРС его выходное сопротивление должно быть согласованным с волновым сопротивлением линии передачи (радиочастотный кабель РК-50-73Ф) и с входными сопротивлениями БУРС и БУФС (50 Ом).

Выше было сказано, что в качестве первичного источника питания имитатора сигналов были применены две аккумуляторные батареи, встроенные в конструкцию ИС, включенные последовательно по схеме двуполярного источника постоянного тока. Напряжение аккумуляторных батарей в процессе эксплуатации может изменяться от 14 до 11,5 вольт, а их емкость должна обеспечивать не менее 100 часов непрерывной работы с имитатором без подзарядки. Двуполярное постоянное напряжение, снимаемое с зажимов аккумуляторных батарей, подается на каждое

отдельное устройство, входящее в состав имитатора. В схемах и конструкции отдельных устройств предусмотрены свои стабилизаторы питающих напряжений.

На рис. 2.1.1 показана структурно-функциональная схема нового усовершенствованного имитатора сигналов, в котором были реализованы выше перечисленные технические параметры и характеристики.

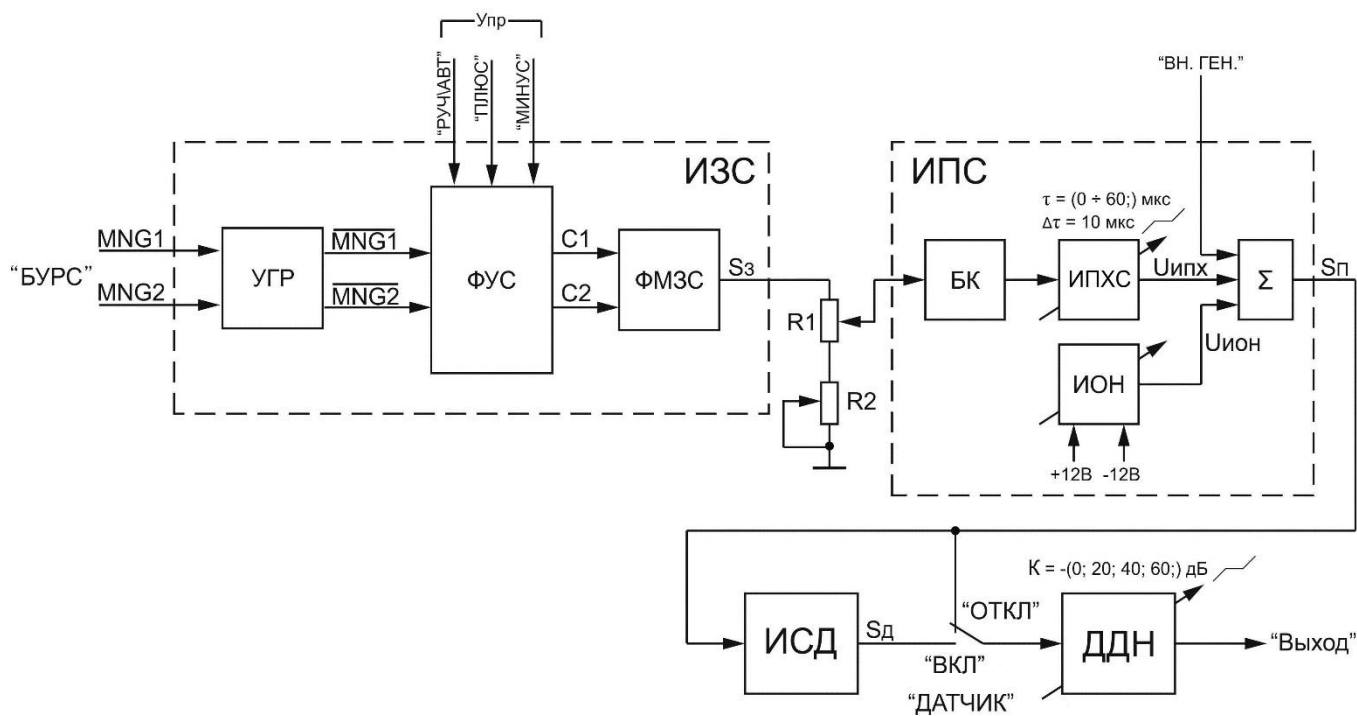


Рис. 2.1.1 Имитатор сигналов, схема структурно-функциональная:

ИЗС – имитатор зондирующих сигналов; УГР – устройство гальванической развязки; ФУС – формирователь управляющих сигналов; ФМЗС – формирователь модельных зондирующих сигналов; ИПС – имитатор полевых сигналов; ИОН – регулируемый источник опорного напряжения; ИПХС – имитатор переходной характеристики среды; Σ – сумматор; ИСД – имитатор сигналов датчика; ДДН – декадный делитель напряжения.

Функционально ИС состоит из четырех устройств: имитатора зондирующих сигналов (ИЗС), имитатора полевых сигналов (ИПС), имитатора сигналов датчика (ИСД) и декадного делителя напряжения (ДДН). ИЗС выполняет функцию физической модели генератора зондирующих сигналов (ГЗС) измерительного комплекса ЭРК ШПС. На вход ИЗС от блока управления и регистрации сигналов (БУРС) измерительного комплекса, как и в случае ГЗС, поступают логические импульсные сигналы MNG1 и MNG2, под управлением которых схема ИЗС формирует последовательность двуполярных прямоугольных импульсов (с фиксированным периодом повторения и длительностью или шумоподобных, в зависимости от выбранного режима зондирования – ПП или ШПС). С целью снижения уровня возможных импульсных помех,

проникающих в имитатор от БУРС по цепям подачи управляющих сигналов MNG1 и MNG2, эти сигналы поступают в схему имитатора через устройство гальванической развязки (УГР). Далее гальванически не связанные с сигналами MNG1 и MNG2 выходные сигналы УГР ($\overline{\text{MNG1}}$, $\overline{\text{MNG2}}$) поступают на вход формирователя управляющих сигналов (ФУС), представляющего собой логическую схему, работа которой описывается ниже приведенной таблицей истинности.

Таблица 2.2 Таблица истинности работы ФУС

$\overline{\text{MNG1}}$	$\overline{\text{MNG2}}$	“РУЧ/АВТ”	“ПЛЮС”	“МИНУС”	C1	C2	Выходной сигнал
*	*	1	1	0	1	0	Положительное напряжение
*	*	1	0	1	0	1	Отрицательное напряжение
*	*	1	0	0	0	0	Нулевой уровень
0	1	0	*	*	1	0	Положительный импульс
1	0	0	*	*	0	1	Отрицательный импульс
1	1	0	*	*	0	0	Нулевой уровень

$\overline{\text{MNG1}}$, $\overline{\text{MNG2}}$ - логические сигналы, поступающие на вход ФУС с выхода УГР; “РУЧ/АВТ”, “ПЛЮС”, “МИНУС” – внешние команды, управляющие режимом работы ФУС; C1, C2 – выходные логические сигналы ФУС; * - безразличное состояние логических сигналов и команд.

Согласно таблице 2.2 в зависимости от значения внешней управляющей команды “РУЧ/АВТ” на выход ФУС проходят сигналы, инверсные управляющим ($\overline{\text{MNG1}}$, $\overline{\text{MNG2}}$ при “РУЧ/АВТ” = 0), либо соответствующие внешним логическим командам “ПЛЮС” и “МИНУС” (при “РУЧ/АВТ” = 1). Таким образом, обеспечиваются два режима работы имитатора, ручной и автоматический. Ручной режим используется в технологических целях для точной настройки и регулировки технических характеристик и параметров имитатора сигналов, а также в процессе проведения экспериментов перед каждым сеансом измерения для установки необходимых параметров выходных сигналов. Под управлением логических сигналов C1, C2 в ручном режиме (“РУЧ/АВТ” = 1) на выходе имитатора устанавливается постоянное напряжение, знак которого определяется согласно таблице 2.2, а значение равно амплитуде импульсов соответствующей полярности, формируемых имитатором в автоматическом режиме (при “РУЧ/АВТ” = 0). При C1, C2 = 0 на выходе имитатора устанавливается постоянное напряжение, величина которого не должна превышать пределов допустимого смещения нулевого уровня (Таблица 2.1.1, п.5).

Далее, управляющие сигналы (C1, C2) поступают на вход формирователя модельных зондирующих сигналов (ФМЗС), в котором согласно временной диаграмме, показанной на рис. 2.1.2. генерируются двуполярные импульсные сигналы (S_3), являющиеся выходными сигналами ИЗС и играющие роль физической модели зондирующих сигналов измерительного комплекса.

С помощью регулируемого делителя напряжения, выполненного на переменных резисторах R1 и R2 (рис. 2.1.1) плавно регулируется и устанавливается амплитуда модельных сигналов. Резистором R1 осуществляется грубая установка амплитуды импульсов, а с помощью R2, точная. Сигнал, снимаемый с движка переменного резистора R1 подается на вход схемы имитатора полевых сигналов (ИПС).

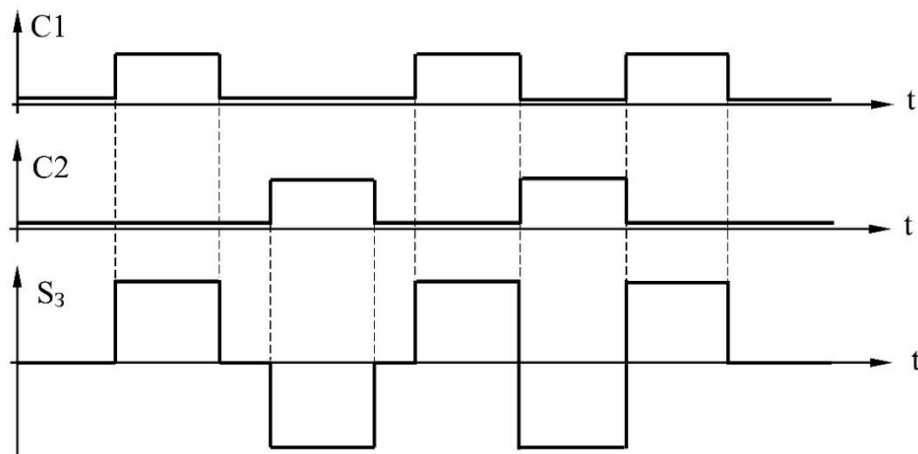


Рис. 2.1.2 Временная диаграмма работы ФМЗС

Буферный каскад (БК), установленный на входе ИПС (рис. 2.1.1) и обладающий достаточно большим входным и низким выходным сопротивлением в широком диапазоне частот служит для согласования по напряжению высокого выходного сопротивления резистивного делителя с входным сопротивлением последующих каскадов схемы ИПС.

Сигнал с выхода БК поступает на вход имитатора переходной характеристики (ИПХ), моделирующего прохождение зондирующих сигналов через исследуемый объект – земную кору. В качестве модели земной коры был взят упрощенный вариант в виде инерционного интегрирующего звена первого порядка со ступенчато регулируемой постоянной времени в диапазоне от нуля до $\tau = 60$ мкс с шагом $\Delta\tau = 10$ мкс.

Сумматор (Σ) в схеме ИПС обеспечивает формирование модельного полевого сигнала в виде переменной составляющей потока магнитной индукции, наблюдаемого в точке приема и преобразуемого индукционным датчиком в электрический сигнал. В точке приема на сигнал прошедший через слои земной коры ($U_{ипх}$) накладываются различного рода внешние помехи и шумы, которые в схеме имитатора подаются на вход сумматора от внешних источников (“ВН. ГЕН.”). Третий вход сумматора используется для подачи на него постоянного напряжения от регулируемого в процессе настройки ИС источника опорного напряжения (ИОН) с целью устранения постоянного смещения в сигнале по выходу имитатора сигнала.

Сигнал с выхода сумматора, являющийся выходным для схемы ИПС, поступает на вход имитатора сигналов датчика (ИСД). ИСД обеспечивает моделирование переходной характеристики индукционного датчика сигналов измерительного комплекса ЭРК ШПС. В качестве модели выбрано дифференцирующее звено первого порядка с постоянной времени равной постоянной интегрирования реального индукционного датчика.

Сигнал с выхода ИСД (S_d) через переключатель “ДАТЧИК” поступает на вход декадного делителя напряжения (ДДН), предназначенного для ступенчатой регулировки подавления выходного сигнала имитатора в пределах от нуля до минус 60 дБ с шагом 20 дБ. С помощью переключателя “ДАТЧИК” предусмотрена возможность исключения из схемы имитатора сигналов датчика. В этом случае на вход ДДН подается сигнал с выхода ИПС минуя ИСД. Сигнал снимаемый с выхода ДДН является выходным сигналом имитатора.

2.2 Разработка электрических принципиальных схем имитатора сигналов

Электрические принципиальные схемы на новый имитатор сигналов разрабатывались исходя из выше рассмотренной структурно-функциональной схемы (рис. 2.1.1) и новых требований к техническим характеристикам и параметрам имитатора (таблица 2.1.1). Главная и основная задача, которая решалась в процессе разработки электрических схем, это правильный выбор элементной базы (микросхемы и другие элементы электрических схем). В основном все функциональные блоки имитатора сигналов, за исключением имитатора зондирующих сигналов, представляют собой аналоговые усилительно-преобразовательные устройства, схемы которых как правило реализуются на операционных усилителях. Для реализации схем имитатора сигналов, как и при разработке блока усиления и фильтрации сигналов измерительного комплекса ЭРК ШПС, наиболее подходящими по техническим параметрам и характеристикам оказались микросхемы операционных усилителей типа AD8610AR, выпускаемые известной фирмой “Analog Devices”.

В строгом соответствии с выше рассмотренной структурно-функциональной схемой в состав электрической принципиальной схемы имитатора сигналов (НСРАН 10.05.000 ЭЗ) приведенной в Приложении Д к настоящему отчету, входят четыре устройства, электрические схемы которых выполнены на отдельных печатных платах.

Ниже более подробно рассмотрены особенности реализации электрических принципиальных схем отдельных функциональных узлов нового имитатора сигналов.

На рис. 2.2.1 показана электрическая принципиальная схема устройства гальванической развязки (УГР). УГР выполнено на быстродействующих оптронах DA5, DA6 (6N137). Согласно паспортным данным на эти оптроны время задержки выходных импульсов по отношению к входным для этих оптронов не превышает 0,06 мкс при амплитуде импульса тока через входной светодиод порядка 9 мА и сопротивлении нагрузочного резистора (R_{20} , R_{21}) 510 Ом. Амплитуды

импульсов тока, протекающих через входные светодиоды оптронов определяется амплитудой импульсов напряжения, поступающих на входные контакты (MNG1, MNG2) в имитатор сигналов по линии связи (две витые пары проводов) длиной 1 ÷ 1,5 метра от блока управления и регистрации сигналов измерительного комплекса ЭРКШПС и вычисляются по формуле:

$$I_{BX} = \frac{(U_{MNG} - U_D)}{(R_{14}; R_{15})} = \frac{3 - 1,7}{150} \approx 0,009 \text{ A} = 9 \text{ mA}$$

Резисторы R11 и R12 обеспечивают быстрый разряд распределенной емкости линии связи при выключении тока во входных светодиодах оптронов.

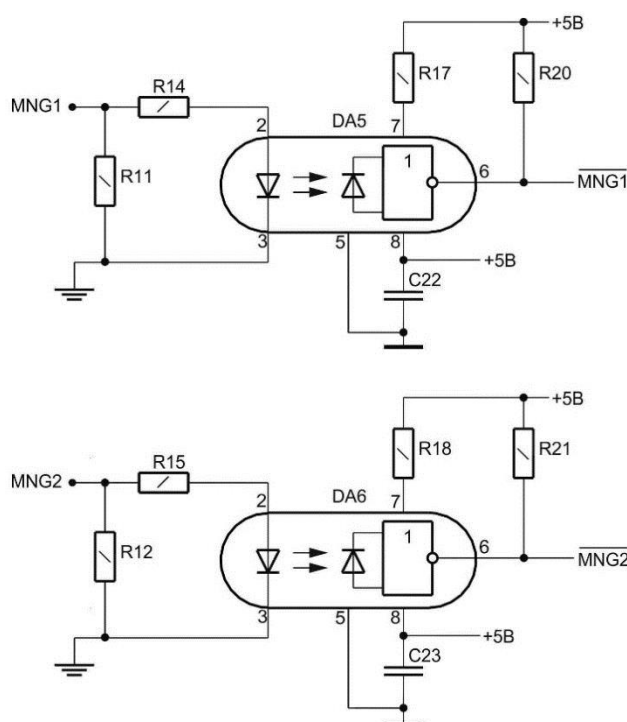


Рис. 2.2.1 Устройство гальванической развязки, схема электрическая принципиальная

На выходе УГР формируются логические сигналы ($\overline{\text{MNG1}}$, $\overline{\text{MNG2}}$) инверсные по отношению к входным (MNG1, MNG2), которые далее поступают на вход формирователь управляющих сигналов (ФУС), схема электрическая принципиальная которого приведена на рис. 2.2.2. Схема ФУС представляет собой преобразователь логических сигналов и команд и реализована на микросхемах цифровой логики серии LVC (DD1 ÷ DD4). На выходе схемы формируются два логических сигнала (C1, C2) в соответствии с выше рассмотренной таблицей истинности работы ФУС (таблица 2.2). Формирование внешних логических команд (“РУЧ/АВТ”, “ПЛЮС”, “МИНУС”), определяющих режимы работы ФУС и имитатора сигналов в целом, осуществляется с помощью переключателей (тумблеров), конструктивно расположенных на лицевой панели ИС.

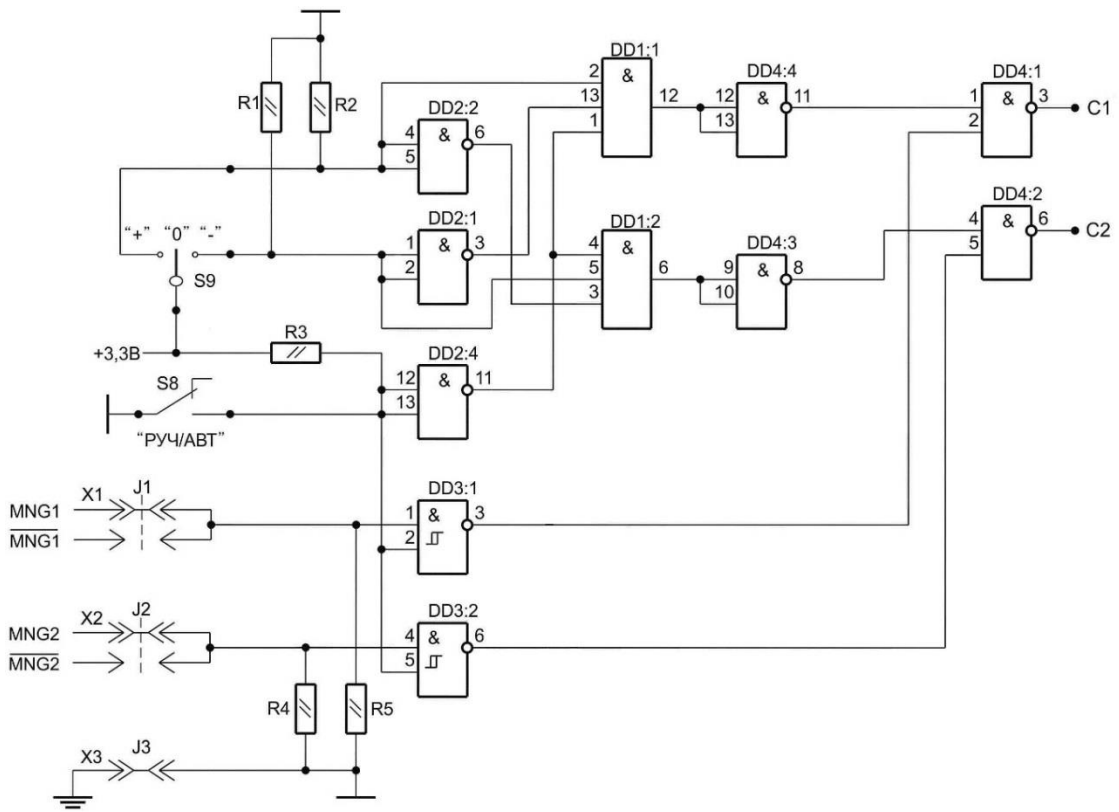


Рис. 2.2.2 Формирователь управляющих сигналов, схема электрическая принципиальная

С выхода ФУС управляющие сигналы (C1, C2) поступают на вход формирователя модельных зондирующих сигналов (ФМЗС), электрическая принципиальная схема которого представлена на рис. 2.2.3. Основой схемы ФМЗС является вычислитель разности двух сигналов, выполненный на микросхеме инструментального усилителя DA1 (AD8429ARZ).

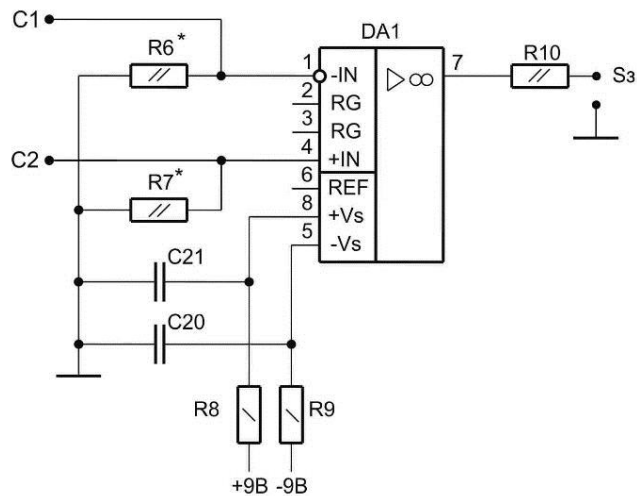


Рис. 2.2.3 Формирователь модельных зондирующих сигналов, схема электрическая принципиальная

Основные технические параметры и характеристики по которым выбирался тип микросхемы инструментального усилителя это, высокий коэффициент подавления синфазных сигналов (не менее 100 дБ), достаточно высокое быстродействие (не менее 15 В/мкс), возможность устойчивой работы при единичном коэффициенте усиления. Сигнал на выходе такой схемы определяется выражением:

$$U_3 = U_{C1} - U_{C2},$$

где U_3 – сигнал (напряжение) на выходе микросхемы DA1; U_{C1} , U_{C2} – уровни напряжения логических сигналов (C1, C2).

Так как уровни напряжения сигналов U_{C1} , U_{C2} как при логической единице так и при логическом нуле могут отличаться друг от друга, то амплитуда формируемых инструментальным усилителем выходных импульсов одной полярности может отличаться от амплитуды импульсов другой полярности, а в паузах между импульсами возможно появление на выходе схемы напряжения значительно отличающегося от нулевого уровня. Для устранения этого в схеме ФМЗС предусмотрена регулировка уровней сигналов U_{C1} , U_{C2} . С помощью подбора величины сопротивлений резисторов R6 и R7, являющихся нагрузочными для логических элементов цифровых микросхем (смотри рис. 2.2.2, DD4.1, DD4.2), удастся обеспечить такие уровни логических единиц сигналов U_{C1} и U_{C2} , поступающих на входы инструментального усилителя схемы ФМЗС, при которых положительный и отрицательный уровни сигнала на выходе всего имитатора становятся равными друг другу по модулю. Точность настройки определяется точностью подбора величины сопротивлений резисторов R6 и R7.

Сигнал с выхода инструментального усилителя через резистор R10 подается на делитель напряжения, выполненный на последовательно включенных переменных резисторах R1 и R2 (смотри Приложение Д, имитатор сигналов, схема электрическая принципиальная НСРАН 10.05.000 ЭЗ.), с помощью которых осуществляется плавная регулировка уровня сигнала по выходу имитатора. Резистор R10, включенный последовательно с выходом инструментального усилителя обеспечивает подстройку в небольших пределах (10 %) максимального уровня сигнала по выходу имитатора. Выбор типа резисторов R1 и R2 и величина их сопротивлений основывался на том, что схема делителя напряжения не должна искажать спектр выходных сигналов, т. е. делитель напряжения должен быть широкополосным, по крайней мере полоса пропускания его должна быть на порядок шире (выше 100 кГц) полосы пропускания исследуемого с помощью имитатора измерительного канала ЭРК ШПС. Обеспечить это возможно если в качестве резисторов для такого делителя использовать переменные резисторы с рабочим элементом, выполненным по технологии напыления резистивного слоя на жестком конструктивном элементе специальной формы. Проволочные резисторы для таких целей мало пригодны так как обладают значительными величинами паразитных параметров (индуктивностью и емкостью). С целью получения широкой

полосы пропускания резистивного делителя напряжения величины сопротивления его резисторов должны выбираться минимально возможными. Ограничением при этом выступает величина минимального сопротивления нагрузки для источника сигнала (смотри рис. 2.2.3), подаваемого на вход делителя. Немаловажным является наличие в конструкции выбираемых резисторов металлического кожуха (корпуса), выполняющего роль электрического экрана, защищающего резистор от внешних высокочастотных наводок и помех. Так как резисторы R1 и R2 располагаются на лицевой панели имитатора сигналов, а выходное сопротивление ФМЗС имеет достаточно большое значение ($R_{10} \approx 1 \text{ кОм}$), то для снижения уровня различного рода наводок и помех на цепи делителя напряжения, печатная плата ФМЗС должна располагаться в непосредственной близости от резисторов. Те же условия должны соблюдаться для сигнала, снимаемого с движка потенциометра R1 и поступающего на вход имитатора полевого сигнала (ИПС), а точнее на вход буферного каскада схемы ИПС. Электрическая принципиальная схема буферного каскада (БК) показана на рис. 2.2.4.

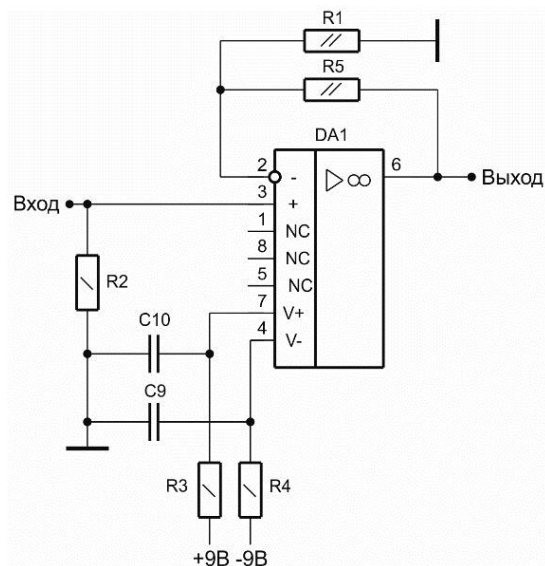


Рис. 2.2.4 Буферный каскад имитатора полевых сигналов, схема электрическая принципиальная

Буферный каскад выполнен на операционном усилителе (микросхема AD8610AR) по схеме не инвертирующего усилителя. Коэффициент передачи схемы определяется по формуле:

$$K = 1 + \frac{R5}{R1}$$

Входное сопротивление схемы БК определяется сопротивлением резистора $R2 = 30 \text{ кОм}$, величина которого выбирается такой, чтобы не значительно шунтировать выход выше рассмотренного регулируемого делителя напряжения. В принципе резистор R2 может быть исключен из схемы, при этом становится возможной ситуация, когда при настройке и регулировке схемы вход операционного усилителя может оказаться не подключенным к источнику сигнала или к нулевой шине. Благодаря очень высокому входному сопротивлению операционного усилителя на его входе

при этом могут накапливаться заряды, создающие высокие напряжения даже превышающие напряжения питания. Электрического пробоя и выхода из строя микросхемы операционного усилителя как правило не происходит, так как современные микросхемы имеют внутреннюю защиту от такой ситуации. Очевидно, что дополнительная защита схемы от выше озвученной ситуации с помощью простых мер, не влияющих на качество выполняемых схемой функций, желательна.

Сигнал с выхода буферного каскада обладающего низким выходным сопротивлением поступает на вход имитатора переходной характеристики среды (ИПХС). В качестве физической модели среды (земной коры) было использовано простое инерционное интегрирующее звено первого порядка с переключаемой постоянной времени. На рис. 2.2.5 представлена электрическая принципиальная схема, реализующая такое звено.

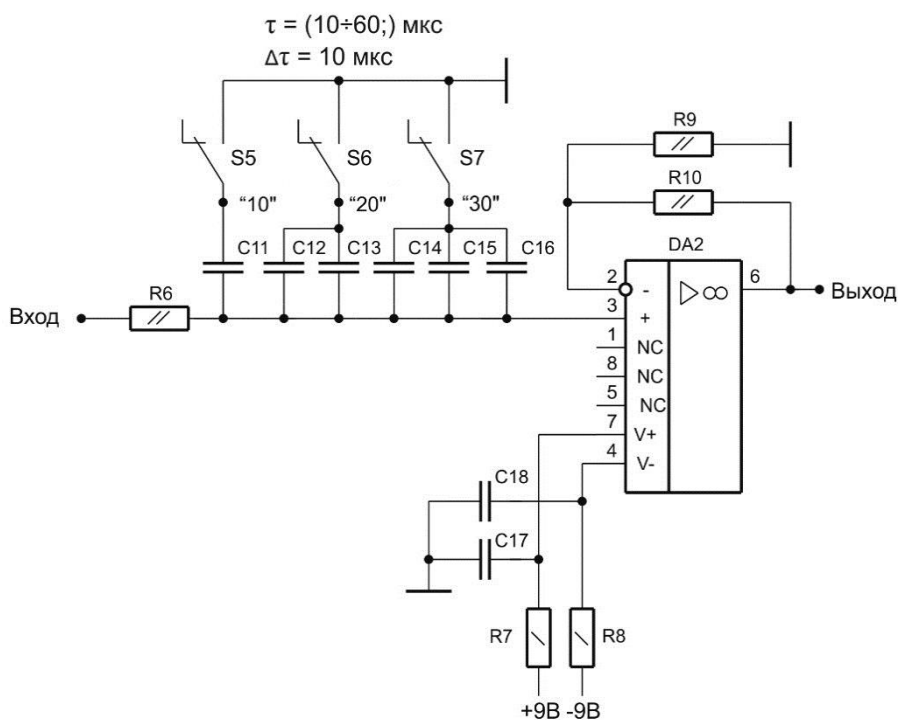


Рис. 2.2.5 Имитатор переходной характеристики среды, схема электрическая принципиальная

Функцию инерционного интегрирующего звена первого порядка в представленной на рис. 2.2.5 схеме выполняет RC-цепь, состоящая из резистора R6 сопротивлением 1 кОм и конденсаторов C11 ÷ C16 одинаковой емкости величиной 0,01 мкФ. Согласно ниже приведенной таблице 2.3 в зависимости от положения переключателей (тумблеров) S5, S6 и S7, установленных на лицевой панели имитатора сигналов, осуществляется ступенчатая регулировка постоянной времени этой RC-цепи.

Таблица 2.3 Регулировка постоянной времени имитатора переходной характеристики среды

Положение тумблеров			Подключаемые конденсаторы	Постоянная времени, мкс
S5, "10"	S5, "20"	S7, "30"		
откл.	откл.	откл.	нет	≈ 0
вкл.	откл.	откл.	C11	10
откл.	вкл.	откл.	C12+C13	20
откл.	откл.	вкл.	C14+C15+C16	30
вкл.	вкл.	откл.	C11+C12+C13	30
вкл.	откл.	вкл.	C11+C14+C15+C16	40
откл.	вкл.	вкл.	C12+C13+C14+C15+C16	50
вкл.	вкл.	вкл.	C11+C12+C13+C14+C15+C16	60

Сигнал, прошедший через интегрирующую RC-цепь, подается на вход не инвертирующего усилителя, выполненного на микросхеме DA2 (AD8610AR). Высокое входное сопротивление не инвертирующего усилителя обеспечивает режим холостого хода (согласование по напряжению) для выходного сигнала RC-цепи, а низкое выходное сопротивление схемы создает условия для подключения выходного сигнала этого усилителя к последующим схемам, обладающих достаточно низким входным сопротивлением.

Далее, выходной сигнал не инвертирующего усилителя ($U_{ИПХ}$), выступающий в роли модели отклика исследуемой среды (земной коры) на зондирующее воздействие, поступает на один из трех входов инвертирующего сумматора, электрическая принципиальная схема которого показана на рис. 2.2.6. Сумматор выполнен на операционном усилителе DA3 (AD8610AR). На второй вход сумматора подаются сигналы от внешних источников (специализированные измерительные генераторы сигналов), имитирующие различного рода помехи, наблюдаемые на входе измерительного тракта в реальных полевых условиях. Резистор R14 сопротивлением 56 Ом обеспечивает согласованный прием по мощности для сигналов, подаваемых от внешних генераторов. На третий вход сумматора подается такое постоянное напряжение от двуполярного регулируемого источника ($U_{ИОН}$), которое обеспечивает компенсацию смещения нулевого уровня по выходу всего имитатора при отключенном имитаторе сигналов датчика (смотри рис. 2.1.1, переключатель "Датчик" в положении "ОТКЛ.>"). Выходной сигнал сумматора, являющийся одновременно выходным для всей схемы имитатора полевых сигналов (ИПС), рассчитывается по формуле:

$$S_{II} = - \left(\frac{R21}{R11} \cdot U_{ИПХ} + \frac{R21}{R12} \cdot U_{ВНГЕН} + \frac{R21}{R13 + R15} \cdot U_{ИОН} \right).$$

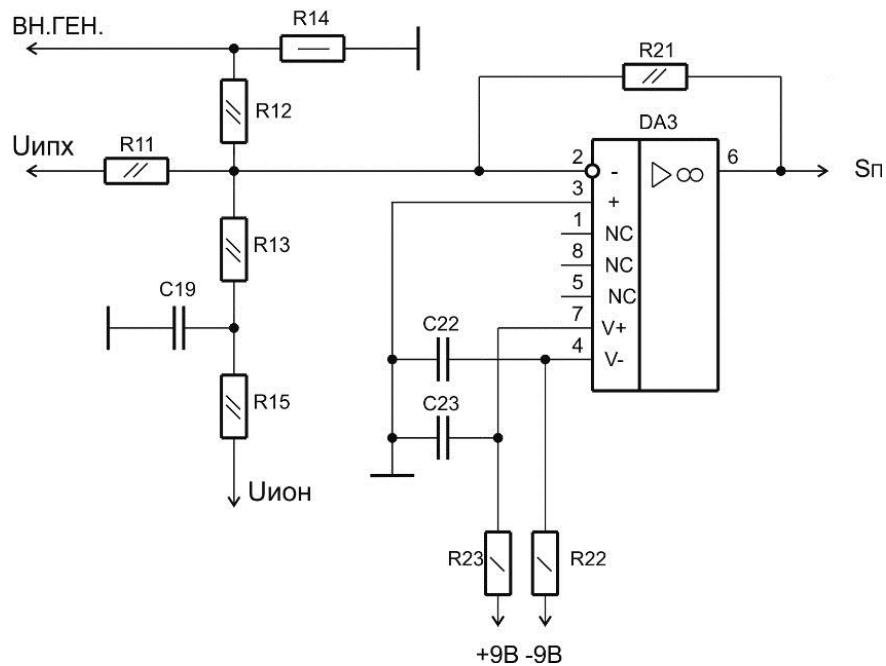


Рис. 2.2.6 Сумматор, схема электрическая принципиальная

Электрическая принципиальная схема регулируемого источник опорного напряжения для имитатора полевых сигналов представлена на рис. 2.2.7.

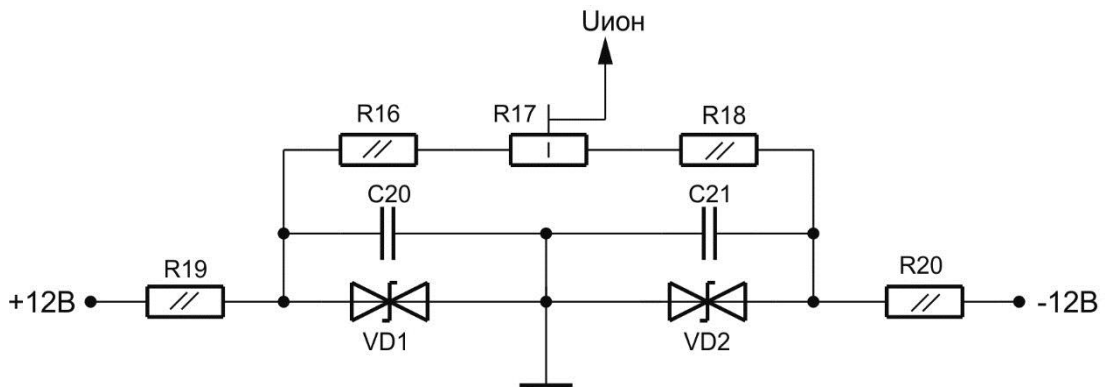


Рис. 2.2.7 Регулируемый источник опорного напряжения, схема электрическая принципиальная

Максимальное по модулю значение стабилизированного постоянного напряжения, снимаемого с движка переменного резистора R17, рассчитывается по формуле:

$$U_{ион\ max} = U_{ст} \cdot \frac{R17}{R17 + 2 \cdot R16} \approx 3,6\ В,$$

где $U_{ст} \approx 7\ В$ – напряжение стабилизации выбранного для реализации схемы типа стабилитронов VD1 и VD2 (КС170А); $R16 = R18 = 1,5\ кОм$, $R17 = 3,3\ кОм$ – значения сопротивлений резисторов

схемы регулируемого источника опорного напряжения.

Выходной сигнал ИПС поступает на вход имитатора сигналов датчика (ИСД) электрическая принципиальная схема которого показана на рис. 2.2.8.

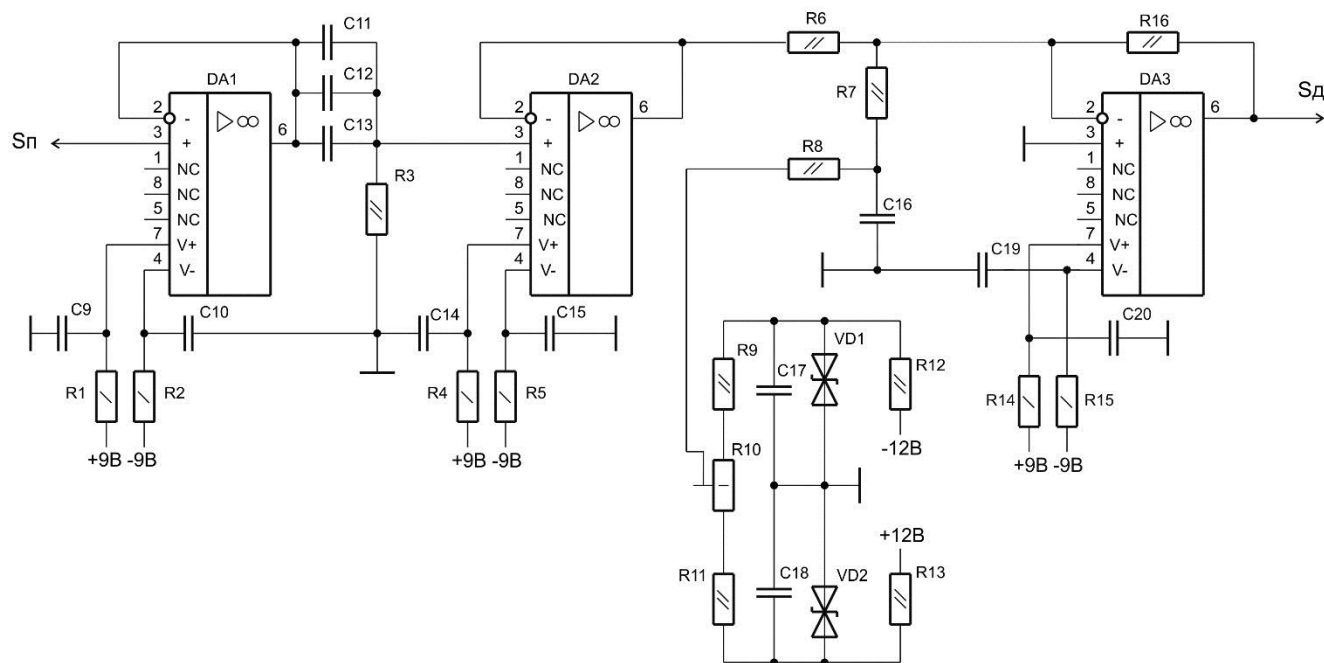


Рис. 2.2.8 Имитатор сигналов датчика, схема электрическая принципиальная

ИСД обеспечивает моделирование переходной характеристика индукционного датчика, применяемого в ЭРК ШПС. В качестве физической модели взято дифференцирующее инерционное звено первого порядка с фиксированной постоянной времени по величине равной постоянной интегрирования реального датчика, применяемого в измерительном комплексе. Переходная характеристика такой модели описывается выражением:

$$h_{ИД}(t) = e^{-\frac{t}{\tau}},$$

где $h_{ИД}(t)$ – переходная характеристика датчика, представляющая собой реакцию датчика на входное воздействие в виде единичного скачка $1(t)$ – функция Хэвисайда, τ – постоянная времени моделирующего звена.

Дифференцирующее инерционное звено первого порядка реализовано в схеме в виде простейшей RC-цепи, выполненной на высокостабильных униполярных пленочных конденсаторах C11, C12 и C13 большой емкости (10 мкФ каждый) и резисторе $R3 = 51$ кОм. Постоянная времени такой цепи определяется как

$$\tau = R3 \cdot (C11 + C12 + C13) = 51 \cdot 10^3 \cdot 30 \cdot 10^{-6} \text{ сек} \approx 1,5 \text{ сек}$$

Два повторителя напряжения, выполненные на операционных усилителях DA1 и DA2 (AD8610AR) обеспечивают электрическую развязку моделирующей RC-цепи от источника сигнала и нагрузки. Выходной каскад имитатора сигналов датчика, выполненный на операционном усилителе DA3 (AD8610AR) по схеме инвертирующего сумматора обеспечивает компенсацию смещения нулевого уровня по выходу имитатора сигналов при включенном ИСД (смотри рис. 2.1.1, переключатель “Датчик” в положении “ОТКЛ”). Компенсирующее напряжение подается на второй вход сумматора от регулируемого источника опорного напряжения, выполненного на стабилитронах VD1, VD2 (КС170А), резисторах R9 ÷R13 и конденсаторах C17, C18.

На рис. 2.2.9 представлена электрическая принципиальная схема декадного делителя напряжения (ДДН), обеспечивающего ступенчатую регулировку ослабления выходного сигнала имитатора в диапазоне от 0 до минус 60 дБ с шагом 20 дБ. На вход ДДН подаются в зависимости от положения переключателя “ДАТЧИК” выходной сигнал ИСД (Sд, положение “ВКЛ.”) или сигнал с выхода ИПС (Sp, положение “ОТКЛ.”).

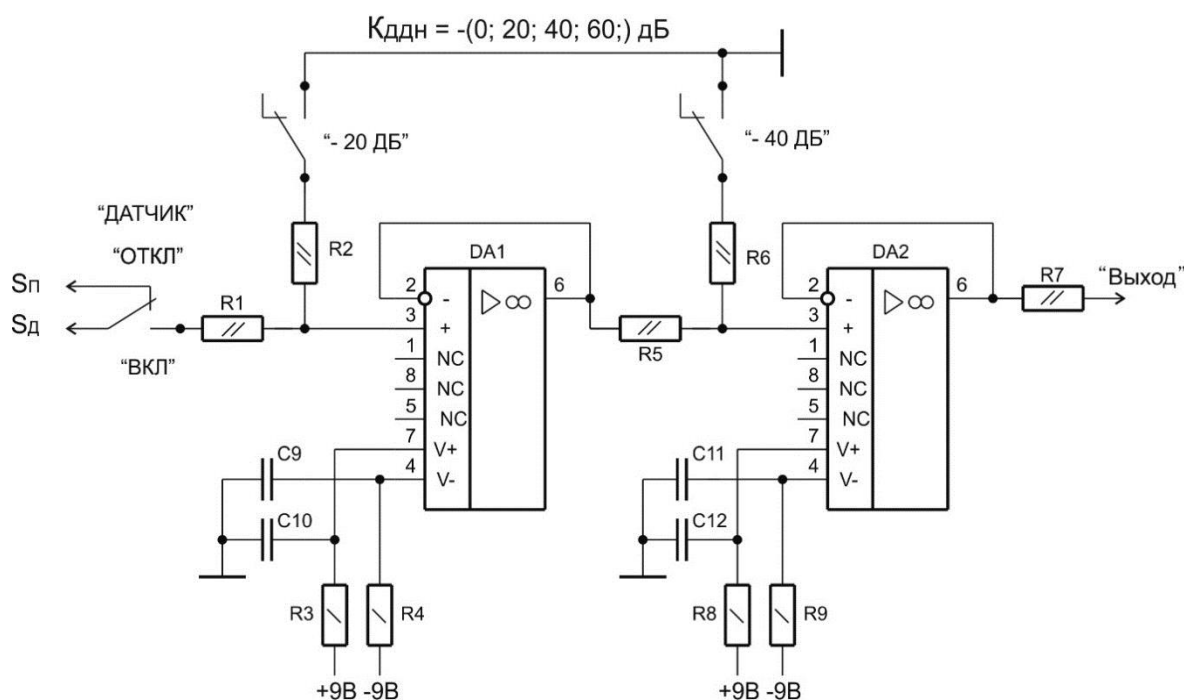


Рис. 2.2.9 Декадный делитель напряжения, схема электрическая принципиальная

Ступенчатая регулировка ослабления выходного сигнала осуществляется с помощью двух независимых резистивных делителей напряжения. Делитель, выполненный на резисторах: R1, R2 обеспечивает ослабление сигнала на 20 дБ (в десять раз), а на резисторах R5, R6 на 40 дБ (в сто раз). Повторители напряжения, выполненные на операционных усилителях DA1, DA2 (AD8610AR),

обладающие очень высоким входным и низким выходным сопротивлениями исключают взаимное влияние последовательно включенных резистивных делителей друг на друга.

Важным является выбор величины сопротивлений резисторов, входящих в отдельные делители напряжения. С одной стороны, для получения широкой частотной полосы пропускания схемы ДДН необходимо, чтобы входные сопротивления каждого из делителей, равные по величине сумме сопротивлений, входящих в них резисторов, были минимизированы, а с другой стороны величина их ограничивается нагрузочной способностью используемых в схеме ДДН микросхем операционных усилителей.

Общее ослабление сигнала в децибелах для схемы ДДН определяется как сумма ослаблений отдельных делителей. Подключение соответствующего делителя в схему ДДН осуществляется с помощью двух переключателей (“- 20 дБ” и “-40 дБ”). В таблице 2.4 представлен список получаемых коэффициентов ослабления ДДН в зависимости от положения управляющих переключателей (тумблеров).

Таблица 2.4 Коэффициенты ослабления сигнала в ДДН

Положение управляющих переключателей		Коэффициент ослабления, дБ
“- 20 дБ”	“- 40 дБ”	
Выкл.	Выкл.0	0
Вкл.	Выкл.	20
Выкл.	Вкл.	40
Вкл.	Вкл.	60

Сигнал, снимаемый с выхода ДДН является выходным для всей схемы ИС.

2.3 Разработка конструкции имитатора сигналов

При разработке конструктивного исполнения нового имитатора сигналов прежде всего учитывалось то, что структурно-функциональная и электрическая принципиальная схемы имитатора претерпели значительные изменения, что естественно сказалось на конструкции как отдельных устройств, так и имитатора сигналов в целом. Более жесткие требования к техническим характеристикам нового имитатора сигналов таким как, обеспечение электромагнитной совместимости отдельных устройств имитатора сигналов т.е. снижение влияния работы одних устройств на другие и достижение лучшей помехозащищенности электрической схемы имитатора сигналов от внешних наводок и помех, заставили пересмотреть компоновку и размещение узлов электрической принципиальной схемы и принять дополнительные меры по защите их от внешних наводок и помех. В частности, в конструкцию ИС были введены дополнительные экраны, защищающие отдельные узлы электрической принципиальной схемы от внешних

электромагнитных наводок и помех и снижающие взаимовлияние их друг на друга.

При разработке конструкции важным требованием является обеспечение ремонтпригодности разрабатываемого устройства, т.е. конструкция должна легко собираться и разбираться, должен быть обеспечен легкий доступ ко всем элементам схемы, особенно к тем с помощью которых осуществляется настройка и регулировка технических характеристик и параметров.

Для обеспечения удобства в работе с новым имитатором сигналов необходимо было также обеспечить доступность всех элементов управления режимами работы и установки параметров формируемых сигналов, размещая и группируя органы управления имитатора сигналов на лицевой и задней панелях по функциональному признаку.

В Приложении Д к настоящему отчету представлен комплект эскизной технической документации (альбом схем и чертежей, НСРАН 10.05.000 АС) на разработанный новый имитатор сигналов. Согласно сборочному чертежу (НСРАН 10.05.000 СБ) конструкция имитатора сигналов состоит из ниже перечисленных основных деталей и сборочных единиц:

- основание (НСРАН 10.05.013, поз. 10);
- панель лицевая (НСРАН 10.05.019, поз. 5);
- панель задняя (НСРАН 10.05.018, поз. 13);
- кожух (НСРАН 10.05.014, поз. 11);
- имитатор зондирующих сигналов (НСРАН 10.05.001, поз. 1);
- имитатор полевых сигналов (НСРАН 10.05.002, поз. 2);
- имитатор сигналов датчика (НСРАН 10.05.003, поз. 3);
- делитель напряжения декадный (НСРАН 10.05.004, поз. 4).

Все детали конструкции, на которых размещаются и закреплены элементы и устройства электрической принципиальной схемы имитатора сигнала выполнены механическим способом (фрезерование и слесарная обработка) из алюминиевого сплава АМг6.

На основании (поз. 10) установлены и закреплены такие устройства и элементы электрической принципиальной схемы имитатора как, четыре печатные платы с распаянными на них элементами электрических принципиальных схем (поз. 1 ÷ поз.4) и две аккумуляторные батареи (поз. 40) питающие узлы электрической схемы имитатора сигналов. Каждая из печатных плат закрепляется на основании (поз. 10) через четыре изолирующих втулки НСРАН 10.05.021 (поз. 21) с помощью винтов (поз. 26), плоских шайб (поз. 29), шайб Гровера (поз. 28) и гаек (поз. 27). Сверху печатные узлы закрываются индивидуальными защитными экранами (поз. 16 ÷ 19), выполненными из листовой латуни толщиной 0,5 мм марки ДПРИТ 0,5 Л70 ГОСТ 2208-2007. Каждый из экранов по периметру прикручивается к основанию с помощью шести винтов (поз. 20). В конструкции экранов предусмотрены специальные пазы, предназначенные для прохождения через них соединительных проводов между устройствами и элементами электрической схемы таким образом, чтобы можно

было легко снять экраны, не отпаивая провода.

Аккумуляторные батареи (поз. 40), закрепляются на основании (поз. 10) с помощью четырех скоб (поз. 15) и восьми винтов (поз. 20). Под аккумуляторными батареями и скобами проложены амортизирующие резиновые прокладки для защиты конструкции от механических повреждений.

На лицевой панели имитатора сигналов размещаются и закреплены практически все его органы управления, коммутации и индикации.

С помощью тумблера (поз.10) обеспечивается включение питающих напряжений, подаваемых от встроенных аккумуляторных батарей (поз. 40) на печатные узлы (поз. 1 ÷ 4) электрической схемы имитатора. Цифровые вольтметры (поз. 11) осуществляют индикацию этих напряжений. Вилка “БУРС” (поз. 16) предназначена для подачи на вход имитатора управляющих сигналов, поступающих от блока управления и регистрации сигналов измерительного комплекса.

С помощью двух переменных резисторов (“ТОЧНО”, поз.14 и “ГРУБО”, поз. 15) осуществляется плавная регулировки уровня выходных сигналов имитатора.

Высокочастотная розетка “ВН. ГЕН.” (поз. 12) предназначена для подключения к имитатору внешних генераторов, сигналы которых используются для моделирования различного рода шумов, помех и наводок. На высокочастотную розетку “СХ”, выводится специальный сигнал, формируемый в имитаторе, который предназначен для синхронизации внешних устройств, подключаемых к имитатору, например, осциллографа. На две высокочастотные розетки “ВЫХ.” и “КОНТРОЛЬ” выведены выходные сигналы имитатора. На розетку “ВЫХ” выводится сигнал имитатора через сопротивление 50 Ом, а на “КОНТРОЛЬ” непосредственно с выходного повторителя напряжения в схеме ДДН. Все четыре высокочастотные розетки (поз. 12) устанавливаются на специальных изолирующих панелях (НСРАН 10.05.021, поз.2), которые прикручиваются к лицевой панели, обеспечивая изоляцию розеток от корпуса имитатора сигналов в месте их крепления. Электрическое соединение розеток с корпусом имитатора осуществляется через сигнальные соединительные провода. Такая конструкция и электрический монтаж цепей, подключаемых к высокочастотным розеткам, обеспечивают лучшую защиту этих цепей от внешних наводок и помех.

С помощью тумблеров “АВТ/РУЧ” (поз. 13) и “+, 0, -” (поз. 17) осуществляется управление режимами работы имитатора сигналов в соответствии с таблицей 2.2. Группа управляющих элементов, состоящая из трех тумблеров “ПОСТ. ВРЕМЕНИ, мкс” обеспечивает ступенчатую регулировку постоянной времени имитатора переходной характеристики среды согласно таблице 2.3. Тумблер “ДАТЧИК” обеспечивает при формировании выходных сигналов имитатора включение или отключение имитатора сигналов индукционного датчика. С помощью двух тумблеров “-20 дБ” и “-40 дБ” осуществляется ступенчатая регулировка ослабления уровня выходных сигналов имитатора согласно таблице 2.4.

На задней панели имитатора сигналов (НСРАН 10.05.018, поз. 13) располагается розетка “ЗАРЯДКА” (поз. 42), к которой подключается внешнее зарядное устройство, осуществляющее подзарядку аккумуляторных батарей. Клемма “⊥” (поз. 41) используется для подключения корпуса имитатора сигналов к внешнему заземлению.

Лицевая (поз. 5) и задняя (поз. 13) панели крепятся к основанию с помощью винтов (поз. 25). Для придания конструкции жесткости лицевая и задняя панели дополнительно скрепляются между собой с помощью трех брусков (поз. 14).

Вся конструкция имитатора сигналов закрывается кожухом (поз. 11), крепящимся к основанию с двух боковых сторон шестью винтами. К основанию с внешней стороны с помощью винтов прикручены четыре ножки (поз. 12), выполненные из текстолита.

3. Доработка алгоритмов и программ регистрации и обработки данных для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС по результатам лабораторных и полевых экспериментов, проведенных в 2014–2015 годах

Проведенные в 2014 и в 2015 годах лабораторные, полевые и модельные эксперименты с макетным образцом ЭРКШПС выявили особенности применения широкополосных сигналов в электроразведочных системах, послужившие причиной существенной переработки измерительного комплекса ЭРКШПС. Основные работы по совершенствованию измерительного комплекса ЭРКШПС были направлены на снижение нелинейности измерительного тракта, предположительно являющейся одной из основных причин “структурных помех” возникающих при корреляционной обработке сигналов отклика среды с шумоподобной зондирующей последовательностью. Кроме того разработка нового широкополосного индукционного датчика сигналов потребовала расширения полосы пропускания измерительного тракта в область высоких частот.

Одним из важнейших элементов измерительного комплекса ЭРКШПС, потребовавшим полной переработки, является блок управления и регистрации сигналов (БУРС). БУРС предназначен для преобразования в цифровую форму сигналов становления поля, получаемых на выходе приемного измерительного канала ЭРКШПС, Кроме того, в БУРС формируются сигналы, управляющие работой генератора зондирующих сигналов, формирователя градуировочных сигналов и аналого-цифрового преобразователя. Перечислим некоторые основные технические требования к новому БУРС:

- увеличение разрядности аналого-цифрового преобразователя;
- повышение частоты дискретизации аналого-цифрового преобразователя;
- увеличение разрядности, формируемой шумоподобной M-последовательности;
- увеличение длительности регистрации сигналов, поступающих с выхода измерительного тракта ЭРКШПС.

Все выше перечисленные требования прямо или косвенно затрагивают программное обеспечение комплекса ЭРКШПС. Из этого следует, что любые существенные изменения аппаратной составляющей комплекса ЭРКШПС приводят к необходимости пересмотра требований к его программной составляющей.

Работа БУРС осуществляется под управлением программы регистрации сигналов ЭРКШПС – **BBSRegistrator**. Основной целью программы является управление режимами работы БУРС и обеспечение регистрации и сохранения в памяти микроконтроллера оцифрованных данных с дальнейшей передачей их во внешний компьютер для последующей обработки. Изменение режимов работы и логической структуры управляющих сигналов нового БУРС потребовали значительной переработки управляющей программы. Были внесены ниже перечисленные изменения в

программное обеспечение.

- Разработаны новые алгоритмы управления режимами работы БУРС.
- Разработаны новые алгоритмы управления функциональными блоками БУРС.
- Изменены форматы выходных данных и переработаны связанные с ними алгоритмы.
- Изменена интерфейсная и командная часть модуля связи с внешним компьютером и переработаны связанные с ними алгоритмы.

Важнейшей частью программного обеспечения ЭРКШПС является программа обработки зарегистрированных данных ЭРКШПС. Основной задачей программы является получение кривой становления поля путем прямого вычисления взаимной корреляционной функции (ВКФ) между зарегистрированным на приемной стороне откликом среды на зондирующие импульсные шумоподобные последовательности (М–последовательность) и зондирующей одиночной М-последовательностью. Известно, что данная операция предъявляет повышенные требования к ресурсам вычислительных средств. Для ускорения обработки больших массивов данных получаемых в лабораторных и полевых условиях были разработаны новые алгоритмы их обработки, позволившие более чем в 25 раз ускорить процесс вычисления ВКФ. С целью получения возможности оперативного сравнения результатов лабораторных и полевых экспериментов с наиболее приближенными к ним результатами математического моделирования было решено объединить программу обработки зарегистрированных данных и программу математического моделирования. Новая программа получила название “программа математического моделирования и обработки данных ЭРКШПС” - **BBS_ViewerM_NR**. Второй по важности задачей программы обработки является анализ первичных данных регистрации в полевых и лабораторных условиях. Для этого в программе обработки были реализованы дополнительные инструменты такие как: цифровая фильтрация, спектральный анализ и другие.

В 2016 году были завершены работы по разработке и тестированию программного кода программ **BBSRegistrator** и **BBS_ViewerM_NR** и разработан комплект программных документов включающий:

- спецификацию требований к комплексу программ регистрации сигналов и обработки данных усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС (п.п. 3.1 настоящего отчета);
- описание программы регистрации сигналов для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРК ШПС - **BBSRegistrator** (п.п. 3.2 настоящего отчета);
- описание программы обработки данных регистрации для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРК ШПС - **BBS_ViewerM_NR** (п.п. 3.3 настоящего отчета).

3.1 Спецификация требований к комплексу программ регистрации сигналов и обработки данных усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС

При определении требований к программному обеспечению регистрации и обработки данных измерительного комплекса ЭРКШПС учитывались технические параметры усовершенствованного блока управления и регистрации сигналов ЭРКШПС. В таблице 3.1 приведены технические параметры нового БУРС влияющие на формирование требований к программному обеспечению.

Таблица 3.1 Основные технические параметры БУРС

Наименование параметра	Максимальное значение для действующей реализации БУРС	Максимальное значение при минимальных доработках аппаратной части БУРС	Сведения о необходимых доработках
Разрядность АЦП, Бит	16	24	Требуется замена АЦП
Частота дискретизации, Гц	54613,33333	350000	Требуется замена АЦП и переработка схем ФЦП
Разрядность шумоподобной М-последовательности, Бит	15	18	Требуется пере прошивка микросхемы ПЗУ используемой в ФМП
Длительность непрерывной регистрации, минут	120	Ограничено емкостью носителя	Требуется дополнительное тестирование программы BBSViewer

3.1.1 Требования к архитектуре программного обеспечения регистрации и обработки данных измерительного комплекса ЭРКШПС.

Часть измерительного комплекса ЭРКШПС, отвечающая за регистрацию сигналов и обработку данных, предназначена для преобразования в цифровую форму сигналов, получаемых на выходе приемного измерительного тракта ЭРКШПС и для последующей их обработки с целью получения кривой становления поля. Эта же часть ЭРКШПС отвечает за управление режимами работы и за формирование управляющих сигналов для генератора зондирующих последовательностей (ГЗС), формирователя градуировочных сигналов (ФГС), имитатора сигналов (ИС). При построении архитектуры программного обеспечения ЭРКШПС учитывались ниже

перечисленные требования.

- Необходимо обеспечить разделение процессов управления режимами работы и регистрации сигналов от процесса их дальнейшей обработки, что позволит в дальнейшем реализовать систему централизованного сбора и обработки данных от нескольких комплексов ЭРКШПС без изменения аппаратной части комплекса. Это становится особенно актуальным при организации непрерывного мониторинга с помощью новых измерительных комплексов процессов происходящих в земной коре.
- Программное обеспечение ЭРКШПС, особенно в части предназначенной для формирования сигналов и управления режимами работы, тесно связано с аппаратным обеспечением, поэтому при построении архитектуры программного обеспечения необходимо отразить все связи программных и аппаратных компонентов.
- Обеспечение возможности дальнейшей модернизации отдельных элементов архитектуры без существенного изменения остальных элементов. Это необходимо для дальнейшего улучшения параметров регистрации и обработки сигналов при минимальных временных затратах на модернизацию.
- Простота обслуживания и эксплуатации. Процессы управления режимами работы и регистрации сигналов должны быть доступны пользователю, обладающему минимальной квалификацией, а в случае установки комплекса на режимные работы должна быть предусмотрена возможность полной автоматизации данных процессов без изменения аппаратной составляющей комплекса.

С учетом вышеперечисленных требований можно выделить три основные функции программного обеспечения ЭРКШПС:

1. функция управления режимами работы ЭРКШПС – отвечает за управление аппаратными узлами, формирующими сигналы, управляющие работой генератора зондирующих сигналов (ГЗС), формирователя градуировочных сигналов (ФГС) и имитатора сигналов (ИС);
2. функция регистрации сигналов – отвечает за работу с аналого-цифровым преобразователем и за формирование на внешнем носителе выходных файлов с первичными данными и параметрами регистрации, необходимых для дальнейшей обработки;
3. функция обработки первичных данных регистрации – отвечает за получение кривой становления поля и обработку градуировочных сигналов с целью получения амплитудно-частотной характеристики измерительного тракта.

На рис. 3.1 приведена структурная схема части измерительного комплекса ЭРКШПС, отвечающей за регистрацию сигналов и обработку полученных данных, раскрывающая архитектуру программного обеспечения ЭРКШПС.

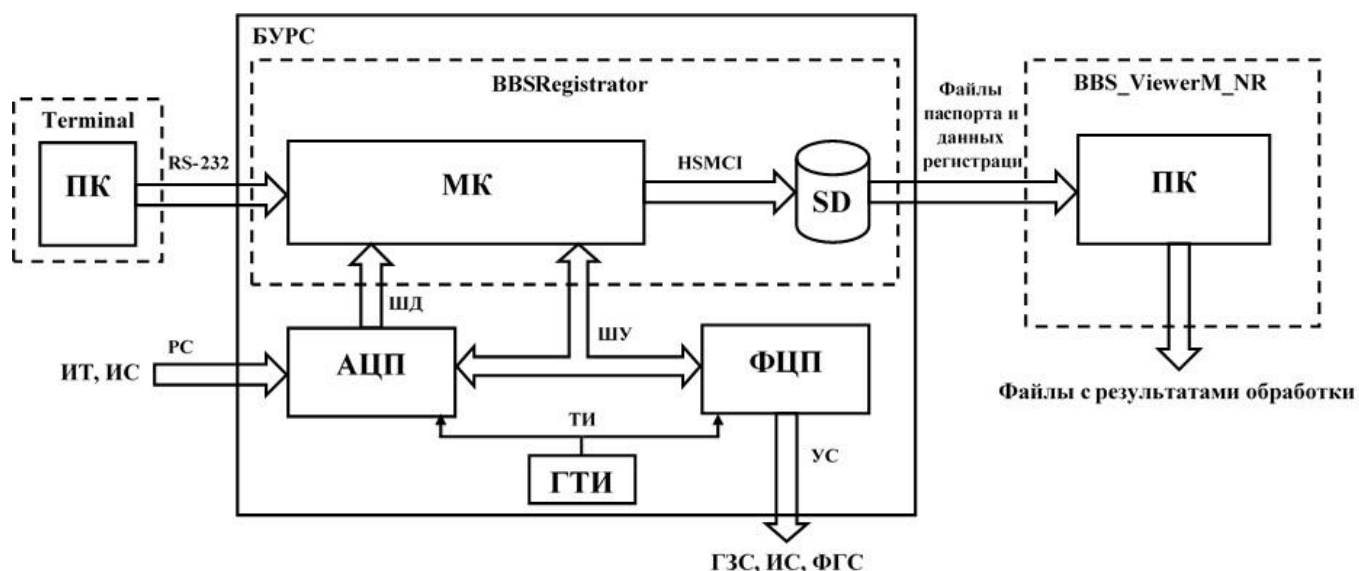


Рис. 3.1 Структурная схема части измерительного комплекса ЭРКШПС, отвечающей за регистрацию сигналов и обработку полученных данных:

АЦП – аналого-цифровой преобразователь; **МК** – микроконтроллер; **ФЦП** – формирователь цифровых последовательностей; **ГТИ** – генератор тактовых импульсов; **SD** – внешний носитель информации типа SD Card; **РС** – регистрируемый сигнал; **ИТ** – измерительный тракт; **ШД** – шина данных; **ШУ** – шина управления; **УС** – управляющие сигналы; **ТИ** – тактовые импульсы; **RS-232** – низкоскоростной последовательный интерфейс; **HSMCI** – высокоскоростной интерфейс мультимедиа карт; **ГЗС** – генератор зондирующих сигналов; **ИС** – имитатор сигналов; **ФГС** – формирователь градуировочных сигналов; **ПК** – персональный компьютер.

Аппаратные узлы, обеспечивающие формирование цифровых управляющих последовательностей и преобразование в цифровую форму сигналов становления поля, получаемых на выходе приемного измерительного тракта ЭРКШПС, объединены в блок управления и регистрации сигналов (БУРС), описанный в п. п. 1.1 настоящего отчета. Центральным управляющим узлом БУРС является микроконтроллер (МК), работающий под управлением программы **BBSRegistrator**. Основной задачей программы является управление режимами работы БУРС и обеспечение регистрации и сохранения на внешнем носителе оцифрованных данных для дальнейшей передачи их во внешний компьютер. За оцифровку регистрируемых сигналов (РС), поступающих с выхода измерительного тракта (ИТ) ЭРКШПС или имитатора сигналов (ИС) отвечает узел аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Оцифрованные данные поступают в микроконтроллер по интерфейсу “шина данных” (ШД). Узел формирователя цифровых последовательностей (ФЦП) отвечает за формирование шумоподобных М-последовательностей и детерминированных биполярных последовательностей, управляющих работой генератора зондирующих сигналов (ГЗС), формирователя градуировочных сигналов (ФГС) и имитатора

сигналов (ИС). ФГС связан с АЦП и микроконтроллером по интерфейсу “шина управления” (ШУ). Интерфейс “шина управления” отвечает за установку типа формируемой последовательности согласно выбранному режиму работы ЭРКШПС и за формирование сигналов управления АЦП в процессе регистрации. Сигнал запуска процессов формирования цифровой последовательности и регистрации сигналов так же поступает от микроконтроллера по “шине управления”. Синхронность этих процессов обеспечивается за счет применения внешнего прецизионного генератора тактовых импульсов (ГТИ), формирующего импульсные сигналы (ТИ) синхронизирующие работу всех схем. Сигналы “шины управления” и “шины данных” подробно описаны в п. п. 1.1 настоящего отчета. Связь с пользователем осуществляется через терминальное устройство. Терминальное устройство представляет собой внешний персональный компьютер, оснащенный соответствующим программным обеспечением. В настоящее время существует множество бесплатных программ, поддерживающих терминальное устройство и работающих под управлением операционных систем Microsoft Windows, а для систем Unix/Linux существует встроенные программы поддержки терминальных устройств. Связь ПК с микроконтроллером осуществляется через стандартный последовательный интерфейс ввода/вывода RS-232. Выбор терминального устройства в качестве интерфейса с пользователем позволил отказаться от использования встроенного экрана и клавиатуры, что позволяет значительно (примерно на 40%) снизить энергопотребление БУРС и тем самым увеличить время автономной работы от аккумуляторных батарей блока питания БУРС. В случае установки измерительного комплекса ЭРК ШПС на режимные измерения пользовательский интерфейс необходим только на этапе начальных настроек. Интерфейс RS-232 предусматривает “горячее” отключение, что позволит в дальнейшем использовать одно терминальное устройство для нескольких комплектов ЭРКШПС. В качестве внешнего накопителя данных используются карты памяти типа SD Card. Работа с картами памяти осуществляется при помощи высокоскоростного интерфейса HSMCI (High Speed Multimedia Card Interface) встроенного в микроконтроллер. Дальнейшая обработка осуществляется на внешнем ПК под управлением программы **BBS_ViewerM_NR**. Основной задачей программы является получение кривой становления поля путем прямого вычисления ВКФ между сигналом отклика среды на периодически повторяемую без пауз зондирующую импульсную шумоподобную M-последовательность и одиночной зондирующей M-последовательностью. Также, при помощи программы осуществляется обработка данных градуировки с целью получения амплитудно-частотной характеристики измерительного тракта включая датчик принимаемых сигналов.

3.1.2 Требования к компонентам и интерфейсам программного обеспечения регистрации и обработки данных измерительного комплекса ЭРКШПС

Интерфейсы являются основным связующим звеном между аппаратными узлами, элементами программного обеспечения и пользователем. От требований, предъявляемых к интерфейсам, во многом зависят методы и способы реализации программного обеспечения. Ниже рассмотрим более подробно требования к основным интерфейсам, используемым в архитектуре программного обеспечения ЭРКШПС.

Требования к интерфейсу “шина данных”

Интерфейс “шина данных” предназначен для передачи оцифрованного сигнала с выхода АЦП в микроконтроллер для дальнейшей обработки. Основным требованием к интерфейсу является обеспечение пропускной способности необходимой для передачи данных 24 разрядного АЦП, работающего с тактовой частотой 350000 Гц (см. табл. 3.1). Максимальные параметры АЦП для расчета выбраны с целью дальнейшего улучшения параметров БУРС без замены микроконтроллера. Полезная пропускная способность при таких параметрах АЦП должна быть не менее 1 МБ/сек.

В современных АЦП применяется два основных типа интерфейса передачи данных. Первый интерфейс представляет собой параллельную шину, в которой каждый бит данных передается по своей сигнальной линии. Вторым интерфейсом является разновидность стандартного синхронного последовательного интерфейса ввода/вывода (SPI) в котором данные передаются по трем сигнальным линиям. Данный интерфейс присутствует практически во всех современных микроконтроллерах в том числе и в микроконтроллере AT91SAM9G45, установленном в усовершенствованном БУРС. В микроконтроллере AT91SAM9G45 в качестве параллельной шины можно использовать стандартный параллельный интерфейс ввода/вывода **PIO** (Parallel Input/Output Controller). В таблице 3.2 приведены сравнительные характеристики последовательного и параллельного интерфейсов.

Преимущество параллельного интерфейса заключается в возможности передачи данных за один такт интерфейса. Теоретически длительность такта шины в данном случае определяется максимальной тактовой частотой шины ввода/вывода микроконтроллера. Так как в данном случае сигнал подтверждения готовности данных необходимо формировать программным способом пересылка данных одиночного преобразования АЦП составит 3 такта интерфейса. Основным недостатком параллельного интерфейса является в отсутствии возможности работы с контроллером прямого доступа к памяти. Это вызывает необходимость производить запись данных в память программным способом, что приводит к увеличению времени обработки прерывания по готовности данных АЦП. Недостаток последовательного интерфейса заключается в том, что для передачи данных с разрядностью выше 16 бит передается 32 бита данных.

Таблица 3.2 Сравнительные характеристики интерфейсов ввода/вывода микроконтроллера AT91SAM9G45

Наименование	PIO	SPI	Ед. изм.
	Макс. значение	Макс. значение	
Максимальная тактовая частота интерфейса $f_{и}$	5	33	МГц
Разрядность шины данных	32	1	бит
Возможность работы с контроллером прерываний (AIC)	есть	есть	
Возможность работы с контроллером прямого доступа к памяти (DMA)	нет	есть	
Пропускная способность интерфейса	38,14	3,93	МБ/сек

Из-за значительной разницы в принципах работы интерфейсов и особенностей их применения следует, что пропускная способность интерфейса не вполне отражает возможную скорость работы интерфейса с реальным АЦП. Поэтому рассчитаем параметр $f_{АЦП}$, показывающий максимальную частоту дискретизации 24 разрядного АЦП, передачу данных от которого может обеспечить каждый из интерфейсов. В случае использования параллельного интерфейса параметр $f_{АЦП}$ рассчитывается следующим образом:

$$f_{АЦП} = \frac{f_{и}}{3} = \frac{5}{3} = 1,66 \text{ МВывб / сек}, \quad (3.1)$$

где $f_{и}$ – максимальная тактовая частота интерфейса **PIO** (см. табл. 3.2). В случае использования последовательного интерфейса параметр $f_{АЦП}$ рассчитывается следующим образом:

$$f_{АЦП} = \frac{f_{и}}{32} = \frac{33}{32} = 1,03 \text{ МВывб / сек}, \quad (3.2)$$

где $f_{и}$ – максимальная тактовая частота интерфейса **SPI** (см. табл. 3.2).

Из формул 3.1, 3.2 видно, что оба интерфейса удовлетворяют основному требованию. Данный факт позволяет при выборе АЦП для дальнейшего улучшения параметров БУРС сконцентрироваться на других параметрах.

Требования к интерфейсу “шина управления”

Интерфейс “шина управления” предназначен для передачи управляющих сигналов формирователю цифровых последовательностей (ФЦП) согласно выбранному режиму работы ЭРКШПС. Все сигналы “шины управления” являются статическими и устанавливаются в требуемое состояния до начала регистрации, поэтому единственным требованием к данному интерфейсу является наличие в микроконтроллере девяти линий ввода/вывода. Для организации шины управления используется стандартный параллельный интерфейс ввода/вывода **PIO**. В микроконтроллере в качестве которого используется модуль SK-MAT91SAM9G45 имеется 74 линии ввода/вывода, что полностью удовлетворяет требованию, предъявляемому к интерфейсу.

Требования к интерфейсу внешнего накопителя данных и носителю данных

Интерфейс внешнего накопителя данных предназначен для передачи оцифрованных и преобразованных в необходимый формат данных на внешний носитель информации в режиме реального времени. При выборе интерфейса необходимо руководствоваться следующими критериями:

- достаточная пропускная способность для передачи данных АЦП разрядностью 24 бита, работающего с тактовой частотой 350000 Гц в режиме реального времени;
- универсальность и доступность внешнего носителя данных;
- достаточный объем памяти для сохранения данных непрерывной регистрации в течении не менее 2 часов.

В качестве внешнего накопителя данных были применены карты памяти типа micro SD Card, широко используемые в современных электронных устройствах. Работа с картами памяти осуществляется при помощи высокоскоростного интерфейса HSMCI (High Speed Multimedia Card Interface) встроенного в микроконтроллер. Данный интерфейс представляет собой синхронный интерфейс ввода/вывода с разрядностью шины данных 1, 4 или 8 бит, поддерживающий карты памяти типа SD Memory Card (SD) и Multimedia Card (MMC). В случае использования карт памяти SD разрядность шины данных составляет 4 бита. Максимальная тактовая частота интерфейса составляет 50 МГц, следовательно, максимальная пропускная способность такого интерфейса составляет 23,8 МБ/сек при необходимой пропускной способности равной 1 МБ/сек. Однако следует помнить, что при реализации стандартной файловой системы (FAT или FAT32) реальная пропускная способность интерфейса уменьшается примерно в 1,5 раза за счет передачи дополнительных данных, необходимых на обслуживание файловой системы. Даже в этом случае пропускной способности интерфейса HSMCI будет достаточно для обслуживания накопителя данных в режиме реального времени. При максимальной скорости выдачи данных АЦП равной 1 МБ/сек, необходимый объем памяти для регистрации данных поступающих от АЦП в течении двух часов составит 120 МБ. Современные носители micro SD имеют объем от 4 до 64 ГБ и выше, следовательно, требования по доступному объему памяти накопителя данных полностью выполняются. Необходимо отметить, что скорость записи данных в карту памяти SD определяется ее классом и может быть существенно ниже пропускной способности интерфейса. Поэтому в качестве внешнего накопителя следует использовать карты micro SD класса шесть и выше. Здесь номер класса соответствует скорости записи в мегабайтах в секунду.

Требования к интерфейсу связи с пользователем

Для связи с пользователем используется компьютерный терминал – устройство, осуществляющее взаимодействие пользователя с локальной или удаленной вычислительной системой. В качестве локальной вычислительной системы в нашем случае выступает узел

микроконтроллера БУРС. В данной реализации используется **текстовый терминал** (или чаще просто **терминал**). Текстовый терминал - это интерфейс компьютера для последовательной передачи данных — ввода и изображения текста. Интерфейсом обмена данными для текстового терминала является текстовый пользовательский интерфейс. **Текстовый пользовательский интерфейс** - разновидность интерфейса пользователя, использующая при вводе-выводе и представлении информации исключительно набор буквенно-цифровых символов и символов псевдографики. Интерфейс характеризуется малой требовательностью к ресурсам аппаратуры ввода-вывода (в частности, к памяти) и высокой скоростью отображения информации. На программном уровне текстовый последовательный интерфейс реализован в виде так называемых консольных программ. Для ввода и вывода информации консольные программы используют стандартные устройства ввода-вывода одним из которых является последовательный интерфейс RS-232, поддерживаемый большинством современных компьютеров (напрямую или через специальные переходники **RS-232 to USB**). Существует множество консольных программ для операционных систем Windows (как правило бесплатных). В операционных системах UNIX/Linux текстовый пользовательский интерфейс напрямую поддерживается системой. Консольная программа не предусматривает реализации самого взаимодействия с пользователем, ограничиваясь вводом-выводом на стандартные устройства. Собственно, взаимодействие с пользователем осуществляет программное обеспечение микроконтроллера – программа **BBSRegistrator**.

3.2 Описание программы регистрации сигналов для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРК ШПС - BBSRegistrator

Программа регистрации сигналов **BBSRegistrator** предназначена для управления режимами работы БУРС измерительного комплекса ЭРКШПС, регистрации и сохранения на внешнем носителе оцифрованных данных с целью передачи их во внешний компьютер для последующей обработки. Программа **BBSRegistrator** является программным обеспечением нижнего уровня, написанным на языке С для микроконтроллера AT91SAM9G45 фирмы Atmel.

3.2.1 Описание решаемых задач программы регистрации сигналов BBSRegistrator

Перед программой BBSRegistrator ставятся три основные задачи:

1. регистрация и сохранение на внешнем накопителе оцифрованных данных, получаемых от АЦП в режиме реального времени;
2. установка режимов функционирования аппаратных узлов БУРС согласно выбранному режиму работы;
3. обеспечение интерфейса с пользователем для настройки текущего режима работы БУРС и запуска процесса регистрации сигналов.

Наиболее сложной является задача регистрации и сохранения данных в режиме реального времени. Основой для успешного решения данной задачи является правильный выбор и реализация интерфейсов обмена данными между АЦП и контроллером и между контроллером и внешним накопителем информации. Основные требования, предъявляемые к данным интерфейсам описаны выше. Однако, даже при соблюдении всех требований, предъявляемых к интерфейсам, при их практической реализации могут появиться узкие места. Так как применяемый в БУРС микроконтроллер является однопроцессорным устройством одно из основных требований к реализации данной задачи заключается в том, чтобы суммарная длительность процессов считывания данных одиночного преобразования из АЦП, преобразования их в необходимый формат и записи на внешний накопитель не должна превышать длительности одного такта дискретизации. Поэтому, одной из основных задач является максимально возможная оптимизация всех программных элементов данных процессов по скорости выполнения. За процессы считывания данных из АЦП и преобразования их в необходимый формат отвечает процедура обработки прерывания по готовности данных АЦП. Так как на сам процесс считывания данных мы повлиять не можем, то для уменьшения времени обработки прерывания весь процесс преобразования данных сводится к преобразованию данных из формата АЦП в один из стандартных целочисленных знаковых типов данных (слово или двойное слово в зависимости от разрядности АЦП) и записи его в буферную память, реализованную по принципу FIFO (First Input First Output). Вторым узким

местом является процесс записи данных на внешний накопитель. Дело в том, что применяемый в БУРС накопитель данных типа `micro SD` является блочным устройством с минимальным размером блока равным 512 байт. Следовательно, длительность записи одного байта или целого блока равны и даже при максимальной скорости записи равной 10 МБ/сек (для карт памяти `micro SD` класса 10) минимальная длительность цикла записи составит 48,83 микросекунд при длительности одного цикла преобразования АЦП 2,86 микросекунд, что более чем в 17 раз ниже необходимого значения. Для устранения данного несоответствия необходимо воспользоваться возможностями обмена данными с картой памяти через устройства прямого доступа к памяти. В этом случае вся процедура записи данных на карту памяти сводится к указанию контроллеру прямого доступа к памяти (ПДП) текущего блока данных. Для устранения ситуации одновременного обращения процессора и контроллера ПДП к одному блоку памяти буфер данных АЦП предварительно разделен на блоки размером 512 байт и контроллер ПДП может получить адрес блока только после окончания работы с данным блоком процедуры обработчика прерывания АЦП. Так как буфер является кольцевым теоретически может возникнуть ситуация записи данных АЦП в блок памяти, содержащий данные еще не записанные на внешний носитель. Эта ситуация разрешается использованием буфера избыточной длины. В данной реализации программы для организации буфера используется внешняя оперативная память данных объемом 64 МБ, реализованная на микросхемах динамической памяти типа `DDR2`.

Задача установки режимов функционирования аппаратных узлов БУРС заключается в установке состояния управляющих логических сигналов согласно таблице режимов работы, приведенных в п. п. 1.1 настоящего отчета. Так как все сигналы являются статическими и устанавливаются до начала процесса регистрации повышенных требований к оптимизации кода при решении данной задачи не предьявляется.

Задача обеспечения интерфейса пользователя сводиться к написанию собственных функций ввода данных из универсального последовательного порта `RS-232` и перенаправлении на него данных стандартной функции вывода `printf()`, путем редактирования стандартной библиотеки ввода-вывода языка `C`.

3.2.2 Описание структуры и функций программы регистрации сигналов `BBSRegistrar`

На рисунке 3.2 приведена иерархическая структура программы `BBSRegistrar`, раскрывающая архитектуру программы и ее модульную структуру. Рассмотрим элементы данной структуры на примере одиночного цикла работы программы, включающего в себя выполнение основных задач, для решения которых она и предназначена. Прежде необходимо рассмотреть сам процесс запуска программы.

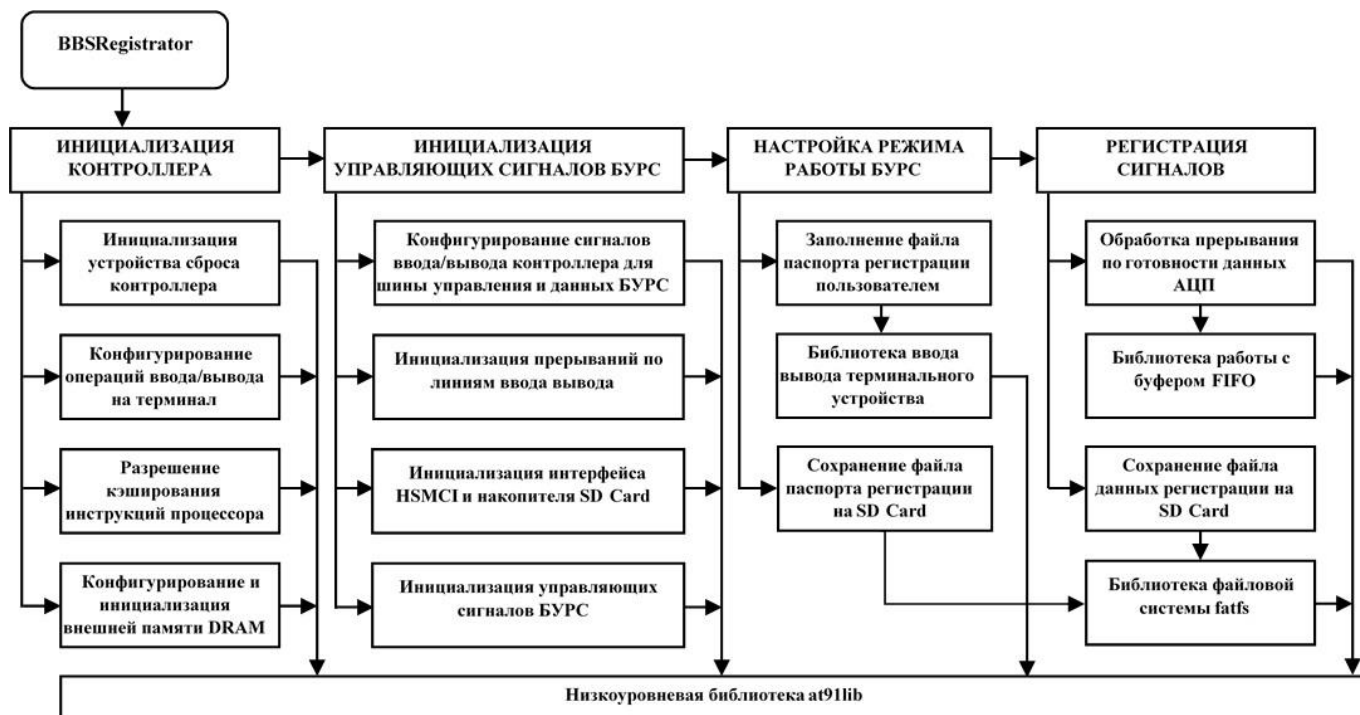


Рис. 3.2 Иерархическая структура программы **BBSRegistrator**

Работа микроконтроллера, для которого предназначена данная программа, инициируется подачей на него питающего напряжения от источника питания БУРС. С момента включения питания начинает выполняться “программа-загрузчик” встроенная в микроконтроллер. Ее целью является загрузка основной программы с внешнего носителя данных и передача ей управления. Микроконтроллер AT91SAM9G45 подразумевает различные возможные источники загрузки. На используемой в БУРС плате микроконтроллера их предусмотрено два - NAND flash и SD/MMC карта. Для удобства управляющая программа размещается на том же носителе, что и данные регистрации. Это позволяет оперативно менять управляющую программу без использования дополнительных устройств, а также обеспечивает процесс резервирования программы в случае неисправности носителя.

Микроконтроллер **SK-MAT91SAM9G45**, используемый в БУРС представляет собой сложное устройство, требующее для корректной работы программной инициализации основных элементов своей архитектуры. За данный процесс отвечает модуль **ИНИЦИАЛИЗАЦИИ КОНТРОЛЛЕРА**. Рассмотрим основные процедуры данного модуля.

Инициализация устройства сброса контроллера

Основной задачей данной процедуры является перевод внутреннего устройства сброса микроконтроллера в пользовательский режим, при котором исключается программный сброс и сброс по сторожевому таймеру. Это сделано для экономии ресурсов микроконтроллера с целью использования их в основной процедуре обработчика прерываний по готовности данных АЦП. Так

как процедуры обработки прерываний по сбросу и сторожевому таймеру имеют более высокий приоритет и их вызов не синхронен с вызовом обработчика прерываний АЦП, то не представляется возможным рассчитать время выполнения процедуры считывания данных с АЦП.

Конфигурирование операций ввода/вывода на терминал

Данная процедура предназначена для конфигурирования универсального последовательного порта RS-232 и перенаправления всех операций стандартного ввода/вывода (клавиатура, экран) на этот порт с целью реализации текстового пользовательского интерфейса.

Разрешение кэширования инструкций процессора

Задачей данной процедуры является включение кэширования инструкций процессора, приводящее к увеличению общей производительности центрального процессора и, как следствие, к общему ускорению работы всех элементов программы.

Конфигурирование и инициализация внешней памяти DRAM

Данная процедура предназначена для инициализации контроллера доступа к внешней памяти DRAM, отвечающего за инициализацию (настройка напряжений питания и таймингов) и работу с внешней микросхемой динамической памяти DDR2 объемом 64 МБ, используемой для организации промежуточного буфера при обмене данными между АЦП и внешним накопителем micro SD.

Следующей задачей, предвещающей процесс начала работы с блоком БУРС, является начальная настройка интерфейсов обмена данными и управления аппаратными узлами блока. За выполнение данной задачи отвечает модуль **ИНИЦИАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ БУРС**. Рассмотрим основные процедуры данного модуля.

Конфигурирование сигналов ввода/вывода для шины управления и данных БУРС

В данной процедуре выполняется настройка параллельного интерфейса ввода/вывода **PIO** на основе которого реализованы интерфейсы “шина управления” и “шина данных”. Помимо настройки и конфигурирования интерфейса **PIO** здесь осуществляется настройка направления (ввод или вывод) передачи данных для цифровым сигнальных линий, применяемых для реализации интерфейсов “шина управления” и “шина данных”.

Инициализация прерываний по линиям ввода/вывода

Данная процедура отвечает за инициализацию контроллера прерываний и назначение линии ввода вывода, отвечающей за прерывание по готовности данных АЦП. Кроме того, в этой процедуре происходит установка адреса входа в процедуру обработки прерывания по готовности данных АЦП.

Инициализация интерфейса HSMCI и накопителя SD Card

В данной процедуре производится инициализация высокоскоростного интерфейса HSMCI, предназначенного для работы с внешним накопителем информации. Основная настройка заключается в установке максимальной скорости работы данного интерфейса и назначении канала прямого доступа к памяти для данного устройства. Также, в данной процедуре осуществляется

инициализация внешнего накопителя данных и проверка его исправности, заключающаяся в выполнении тестовых операций чтения - записи случайных блоков памяти накопителя и их последующей верификации.

Инициализация управляющих сигналов БУРС

Работа данной процедуры заключается в установке сигналов, управляющих работой формирователя цифровых сигналов в начальное состояние и проведение процедуры аппаратной калибровки АЦП.

За установку текущего режима работы БУРС и формирование выходного файла паспорта регистрации отвечает модуль **НАСТРОЙКИ РЕЖИМА РАБОТЫ БУРС**. Рассмотрим основные процедуры этого модуля.

Заполнение паспорта регистрации пользователем

Процедура заключается в выборе пользователем текущего режима работы БУРС, задании параметров измерительного тракта (к примеру, таких как коэффициенты усиления датчика, БУФС и т.д.) и длительности регистрации. Диалог с пользователем осуществляется посредством текстового интерфейса пользователя осуществляющего связь микроконтроллера с внешним терминальным устройством. Собственно, сами процедуры ввода/вывода реализованы в **библиотеке ввода/вывода терминального устройства** содержащей в себе основные процедуры ввода/вывода через стандартный последовательный интерфейс RS-232. После завершения диалога с пользователем данная процедура осуществляет установку цифровых сигнальных линий, управляющих работой формирователя цифровых последовательностей в состояние, соответствующее выбранному режиму работы БУРС.

Сохранение файла паспорта регистрации на SD Card

Данная процедура осуществляет формирование и сохранение на внешнем носителе файла паспорта регистрации, содержащего все необходимые данные для дальнейшей обработки зарегистрированных сигналов. Запись осуществляется под управлением библиотеки **fatfs** в которой реализованы основные процедуры работы с файловой системой FAT до сих пор широко применяющейся в современных вычислительных устройствах благодаря простоте реализации и невысоким требованиям к вычислительной мощности процессора.

За регистрацию оцифрованных данных и их сохранение на внешний носитель отвечает модуль **РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ**. В данном модуле реализовано выполнение двух параллельных процессов: **процесса обработки прерываний по готовности данных АЦП** и **процесса сохранения данных регистрации на SD Card**. Подробное описание данных процессов приведено выше. Процедуры работы с промежуточным буфером памяти реализованы в **библиотеке работы с буфером FIFO**.

Все низкоуровневые процедуры ввода-вывода реализованы в стандартной библиотеке

ввода/вывода **at91lib** распространяемой фирмой Atmel бесплатно в виде исходных кодов.

3.2.3 Описание входных и результирующих данных программы регистрации сигналов **BBSRegistrator**

Для программы **BBSRegistrator** входными данными является оцифрованный сигнал, поступающий от АЦП и данные о режиме и параметрах регистрации, вводимые пользователем. На основании этих данных для каждого сеанса регистрации формируется два выходных файла. Первый файл содержит сведения о сеансе регистрации и называется файлом паспорта регистрации. В таблице 3.3 приведена структура файла паспорта.

Таблица 3.3 Структура файла паспорта регистрации

Имя поля данных	Длина, байт	Тип данных	Смещение, байт	Описание
FreqGen	4	целый	0	Тактовая частота генератора тактовых импульсов, Гц
CountChanel	1	целый	4	Количество каналов регистрации
BitCounter	1	целый	5	Разрядность счетчика (0 - счетчик отсутствует; другое количество разрядов;)
FCPMode	1	целый	6	Режим работы ФЦП (0 - ПП с паузой; 1 - ПП без паузы; 2 - ШПС;)
DivRCP	4	целый	7	Коэффициент деления тактовых импульсов для формирования частоты дискретизации
DurReg	4	целый	11	Длительность регистрации в дискретах
RateMP	1	целый	15	Разрядность М последовательности
CountDiscMP	1	целый	16	Количество дискрет в минимальном импульсе М последовательности
DivFBPSP	4	целый	17	Коэффициент деления частоты дискретизации для формирования импульсов периодической последовательности
dUDiscADC	8	вещественный	21	Вес дискреты АЦП в Вольтах
GainBR	8	вещественный	29	Коэффициент усиления блока регистрации
GainMC	8	вещественный	37	Коэффициент усиления измерительного канала

Второй формируемый файл представляет собой двоичный массив данных содержащий оцифрованные данные, получаемые от АЦП. Длина поля данных массива определяется исходя из разрядности применяемого АЦП и может быть равной 2 байтам для 16 разрядного АЦП и 4 байтам для АЦП более высокой разрядности.

3.3 Описание программы обработки данных регистрации для усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС – BBS_ViewerM_NR

Программа математического моделирования и обработки данных **BBS_ViewerM_NR** предназначена для обработки данных модельных, лабораторных и полевых экспериментов усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС. Программа **BBS_ViewerM_NR** является программным обеспечением верхнего уровня, разработанным в интегрированной среде разработки Delphi для операционной системы Windows 7/8/8.1/10.

3.3.1 Описание задач, решаемых программой обработки данных регистрации BBS_ViewerM_NR

Объединение программы обработки первичных данных с программой математического моделирования ЭРКШПС позволило резко расширить круг задач, решаемых при помощи программы **BBS_ViewerM_NR**. Рассмотрим основные из них.

Основной задачей программы является получение кривых становления поля регистрируемого на приемной стороне измерительной системы. В ЭРКШПС предусмотрены два типа последовательностей зондирующих сигналов: шумоподобные М-последовательности и детерминированные биполярные последовательности. Для регистрации отклика среды на зондирующие М-последовательности применяется широкополосный индукционный датчик интегрирующего типа. В рабочем диапазоне частот сигнал, получаемый с выхода индукционного датчика прямо пропорционален индукции магнитного поля в точке приема. Для регистрации отклика среды на зондирующие детерминированные биполярные последовательности применяется индукционная рамка, являющаяся датчиком дифференцирующего типа. Сигнал получаемый с выхода индукционной рамки прямо пропорционален скорости изменения магнитного поля в рабочем диапазоне частот датчика.

При зондировании шумоподобными М-последовательностями кривая становления поля находится путем прямого вычисления ВКФ между сигналом отклика среды на повторяющиеся без пауз шумоподобные М-последовательности зондирующих токовых импульсов и сигналом одиночной зондирующей последовательности. Алгоритм прямого вычисления ВКФ предъявляет очень высокие требования к ресурсам вычислительных средств. Время его выполнения напрямую зависит от длины коррелируемых последовательностей. Увеличение длительности зондирующей последовательности и длительности регистрации сигналов потребовали оптимизации данного алгоритма с целью увеличения скорости обработки данных. Оптимизация выполнялась двумя методами. Первый из них заключается в распараллеливании задачи на несколько независимых потоков и последующей сборки результатов вычислений в единое целое. Как показали испытания в данном случае производительность очень хорошо масштабируется при применении многоядерных

процессоров. Реальная скорость выполнения вычислений увеличивается в разы равные количеству ядер процессора, включая логические ядра системы Intel Hyper-threading. Вторым методом основан на использовании свойства преобразования Фурье для числовой последовательности. Пусть $X(\omega)$ – преобразование Фурье для последовательности $\{x_n\}$, а $Y(\omega)$ – преобразование Фурье последовательности $\{y_n\}$. Тогда преобразование Фурье $Z(\omega)$ для функции корреляции между последовательностями $\{x_n\}$ и $\{y_n\}$ выражается следующим образом:

$$Z(\omega) = X(\omega) \cdot \overline{Y(\omega)}, \quad (3.3)$$

где черта обозначает комплексно сопряженную функцию [4]. Отсюда следует что, последовательность $\{z_n\}$ являющуюся результатом корреляции последовательностей $\{x_n\}$ и $\{y_n\}$ можно получить путем обратного преобразования Фурье последовательности $Z(\omega)$. В данной реализации используются алгоритмы быстрого преобразования Фурье (БПФ). Применение такого метода позволило увеличить скорость вычисления взаимно корреляционной функции более чем в 25 раз. С учетом того, что разрядность вычислительного устройства многократно превышает разрядность обрабатываемых данных погрешность, обусловленную применением алгоритмов БПФ можно не учитывать.

При зондировании детерминированными биполярными последовательностями токовых импульсов прямоугольной формы, вычисление кривой становления поля сводится к фильтрации зарегистрированного сигнала методом многократного синхронного накопления. В данной программе наряду со стандартной процедурой знакопеременного весового накопления с весовыми коэффициентами [1,-1] используется алгоритм синхронного весового накопления с знакопеременными весовыми коэффициентами [1,-3,3,-1], разработанный в ИС РАН [5]. Данный алгоритм позволяет дополнительно удалять из сигнала низкочастотные нестационарные процессы (тренды), описываемые степенным полиномом второго порядка (см. Отчет НИР ИСРАН 2014, инв. № 4/14).

Второй по важности задачей программы является задача обработки градуировочных последовательностей с целью получения амплитудно-частотной характеристики измерительного тракта, включая измерительный датчик. Градуировочные сигналы представляют собой детерминированную последовательность биполярных импульсов тока, подаваемых в градуировочную катушку измерительного датчика. Токовые импульсы для градуировочной катушки датчика генерируются под управлением логических сигналов, поступающих из БУРС, специальным формирователем градуировочных сигналов (ФГС). Обработка зарегистрированных сигналов выполняется в несколько этапов. На первом этапе выполняется процедура синхронного весового накопления с целью получения переходной характеристики измерительного канала. Для данной обработки применяются такие же алгоритмы, как и для обработки данных получаемых с индукционной рамкой. Вторым этапом заключается в выполнении процедуры численного

дифференцирования переходной характеристики для получения импульсной переходной характеристики измерительного тракта. На заключительном этапе применяется преобразование Фурье, в результате которого получается амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики измерительного тракта, включая измерительный датчик.

При работе с данными полевых и лабораторных экспериментов важной задачей является обеспечение оперативного просмотра и анализа зарегистрированных сигналов. Для решения этой задачи в программе **BBS_ViewerM_NR** реализован ряд инструментов, позволяющих производить операции с сигналами без применения стороннего программного обеспечения. Ниже перечислены некоторые из них:

- вычисление и построение графиков амплитудного и фазового спектра выбранного сигнала;
- вычисление математического ожидания и среднеквадратичного отклонения выбранного сигнала;
- удаление из сигнала низкочастотных нестационарных процессов (трендов) описываемых полиномами заданного порядка;
- удаление из сигнала постоянной составляющей (центрирование);
- инверсия сигнала;
- сумма двух сигналов;
- фильтр Гьюки;
- медианный фильтр Дирихле;
- интегрирующий фильтр с дискретно заданной импульсной переходной характеристикой;
- дифференцирующий фильтр с дискретно заданной импульсной переходной характеристикой.

Следует отметить что любая из перечисленных операций может быть применена как ко всему сигналу так и к любой его части определяемой пользователем.

Для сравнительной оценки лабораторных и полевых экспериментов с результатами математического моделирования в программу были включены все разработанные ранее инструменты математического моделирования. Основной задачей математического моделирования является изучение особенностей применения шумоподобных зондирующих сигналов (ШПС) в системах активной электроразведки земной коры в сравнении с типовыми системами, использующими для зондирования детерминированные биполярные последовательности токовых импульсов с постоянной длительностью. Программа реализует математические модели электроразведочных систем с шумоподобными и детерминированными последовательностями зондирующих импульсов с возможностью тонкой настройки всех параметров модели таких как, вид и характеристики зондирующих последовательностей импульсов, параметры внешних шумов и помех, вид и параметры импульсной и переходной характеристик зондируемой среды. Программа позволяет получить сравнительные данные для электроразведочных систем с детерминированными

и шумоподобными сигналами и оценить количественно выигрыш в соотношении сигнал-помеха, получаемый при использовании ШПС и наилучшим образом определить параметры системы с ШПС.

Для изучения обнаруженных в ходе проведения полевых и лабораторных экспериментов “структурных помех”, возникающих при корреляционной обработке шумоподобных сигналов, в программу введены математические модели предполагаемых источников структурных помех. Основными задачами исследования предполагаемых источников “структурных помех” на математической модели ЭРКШПС являются:

- исследование свойств структурной помехи при изменении параметров модели источника;
- оценка степени влияния каждого из источников на параметры “структурной помехи”;
- изучение возможности устранения либо уменьшения влияния каждого из источников “структурной помехи”.

Все разработанные инструменты математического моделирования подробно описаны в отчетах НИР НСРАН за 2011, 2012, 2014 и 2015 годы.

3.3.2 Описание структуры, функций и элементов интерфейса пользователя программы обработки данных регистрации BBS_ViewerM_NR

Описание структуры программы начнем с описания внутренней структуры данных, называемых в дальнейшем сигналом. Данные представляют собой одномерный массив конечной длины с набором последовательных значений, получаемых в результате дискретизации непрерывного во времени сигнала. В качестве сигналов могут выступать как сигналы полученные в процессе оцифровки аналоговых сигналов с выхода измерительного канала ЭРКШПС, так и сигналы генерируемые программным методом. Результат преобразований первичного сигнала, полученный в процессе применения к нему какого-либо алгоритма обработки также будет являться сигналом. Каждому сигналу ставится в соответствие информационная структура, содержащая дополнительные сведения о нем. Состав такой структуры приведен в таблице 3.4. Согласно таблице 3.4 информационная структура содержит все сведения о сигнале, необходимые для его отображения в графической или табличной форме. Следует отметить что большинство инструментов обработки сигналов являются универсальными, и программа в основном не делает различий между сигналами, полученными в процессе регистрации измерительным комплексом ЭРКШПС и сигналами сгенерированными программным методом. Исключения делается только для инструментов обработки модельных данных, где необходимые сигналы генерируются автоматически.

Таблица 3.4 Структура данных содержащая дополнительные сведения о сигнале

Имя поля данных	Длина, байт	Тип данных	Описание
Enable	1	логический	Значение true показывает что для графика сигнала есть данные
SizeGraph	4	целый	Кол-во дискрет данных
NameGraphs	0-255	строка	Название графика отображаемое в шапке графика
NameAxisX	0-255	строка	Наименование оси X
NameAxisY	0-255	строка	Наименование оси Y
PhQuX	2	целый	Номер единицы измерения физической величины оси X ⁽¹⁾
MuQuX	2	целый	Номер множителя оси X ⁽²⁾
PhQuY	2	целый	Номер единицы измерения физической величины оси Y ⁽¹⁾
MuQuY	2	целый	Номер множителя оси Y ⁽²⁾
KoeffX	8	вещественный	Коэффициент оси X
KoeffY	8	вещественный	Коэффициент оси Y
StepX	8	вещественный	Смещение оси X
StepY	8	вещественный	Смещение оси Y

Примечания:

1. В программе используются следующие единицы измерения физических величин: дискреты, вольты, амперы, омы, герцы, секунды.
2. В программе используются следующие множители: Гига, Мега, Кило, мили, микро, нано, пико.

На рисунке 3.3 приведена иерархическая структура программы **BBS_ViewerM_NR**, раскрывающая ее архитектуру, модульную структуру и инструментарий. Структура программы разделена на основные модули, отвечающие за решение определенного класса задач:

- модуль **ГРАФИКИ** отвечает за отображение графиков сигналов и их экспорт в основные графические или текстовые форматы для дальнейшего использования сторонними программами;
- модуль **М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ** реализует алгоритмы генерации и корреляционной обработки шумоподобных М-последовательностей;
- модуль **ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ** реализует алгоритмы программной генерации детерминированных биполярных последовательностей и алгоритмы синхронного весового накопления периодических последовательностей;
- модуль **ГЕНЕРАТОРЫ** реализует алгоритмы программной генерации основных типов сигналов, используемых при математическом моделировании электроразведочного комплекса ЭРКШПС (подробнее см. Отчет НИР НСРАН 2011, инв. № 4/11);
- модуль **ИНСТРУМЕНТЫ** отвечает за реализацию основных инструментов первичной обработки сигналов;

- модуль **ФИЛЬТРЫ** реализует некоторые алгоритмы цифровой фильтрации, используемые при обработке данных полевых, лабораторных и модельных экспериментов;
- модуль **ПОМЕХИ** отвечает за программную генерацию основных типов помех, возникающих при работе измерительного комплекса ЭРКШПС;
- модуль **ПОТОКИ** отвечает за автоматизацию основных модельных экспериментов, требующих значительных вычислительных ресурсов и не требующих реакции оператора в процессе вычисления.

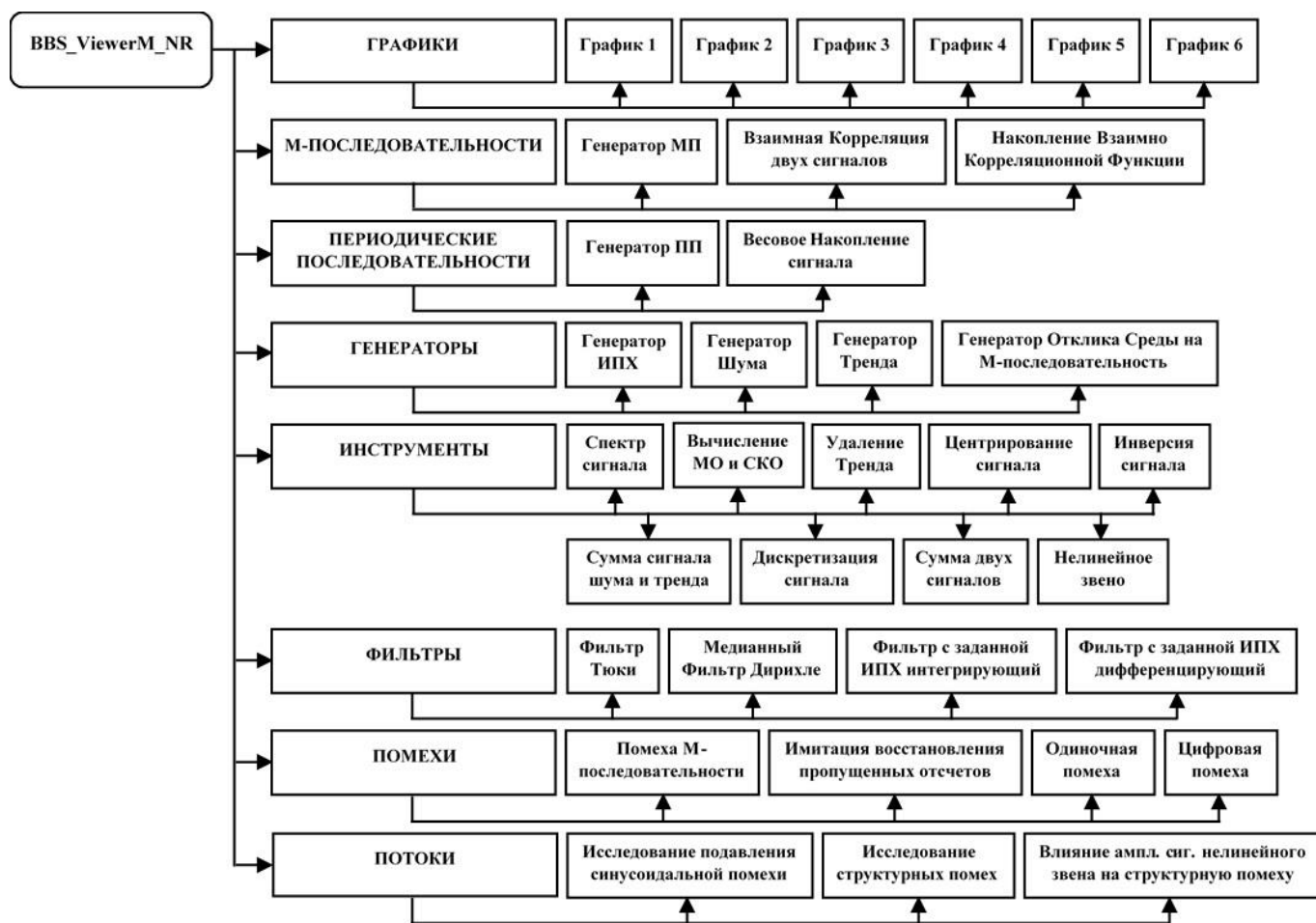


Рис. 3.3 Иерархическая структура программы **BBS_ViewerM_NR**

Структура элементов интерфейса пользователя программы **BBS_ViewerM_NR** полностью аналогична структуре, приведенной на рис. 3.3. Поэтому каждому блоку структуры можно поставить в соответствие элемент интерфейса, отвечающий за его связь с конечным пользователем программы. На рисунке 3.4. приведен вид главного окна программы **BBS_ViewerM_NR**. Главное окно программы функционально разделено на три части. В верхней части окна программы находится **панель инструментов**. На данной панели сосредоточены все основные органы управления программой. В правой части программы находится **окно информации**, в котором в

текстовом виде отображается вся необходимая информация, возникающая в процессе работы программы (результаты вычислений, сведения об ошибках и т.д.). Оставшуюся часть окна программы занимает **панель графиков**, предназначенная для отображения сигналов в виде графиков.

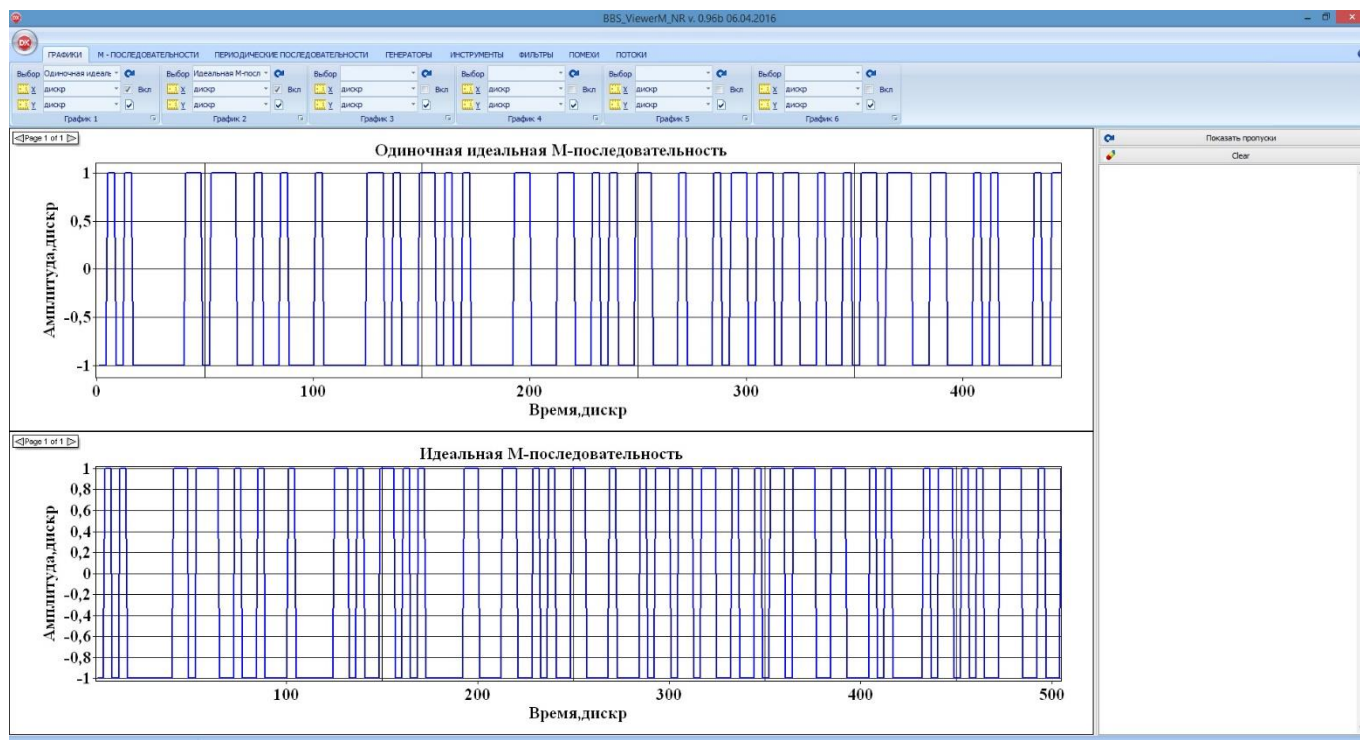


Рис. 3.4 Главное окно программы **BBS_ViewerM_NR**

Далее приводится описание основных инструментов обработки сигналов и элементов их интерфейса с пользователем, содержащихся в каждом модуле программы.

Описание инструментов модуля ГРАФИКИ

На рисунке 3.5 показана панель инструментов модуля управления отображением графиков сигналов. Программа позволяет одновременно отображать до 6 графиков для каждого из которых доступны индивидуальные настройки параметров отображения (настройки шкал, выбор параметров отображения линий и текста и др.). При включении или выключении графика выполняется автоматическое масштабирование включенных графиков сверху вниз в порядке увеличения номера.

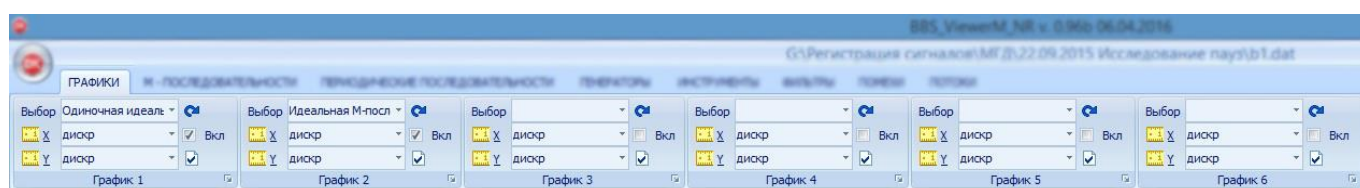


Рис. 3.5 Панель инструментов **ГРАФИКИ**

На основной панели инструментов осуществляется выбор сигнала для отображения на графике (смотри рис. 3.6). При открытии вкладки “Выбор” пользователю предлагается список всех доступных для вывода сигналов. Так же на панели инструментов осуществляется выбор масштабного коэффициента для осей X и Y заданного графика.

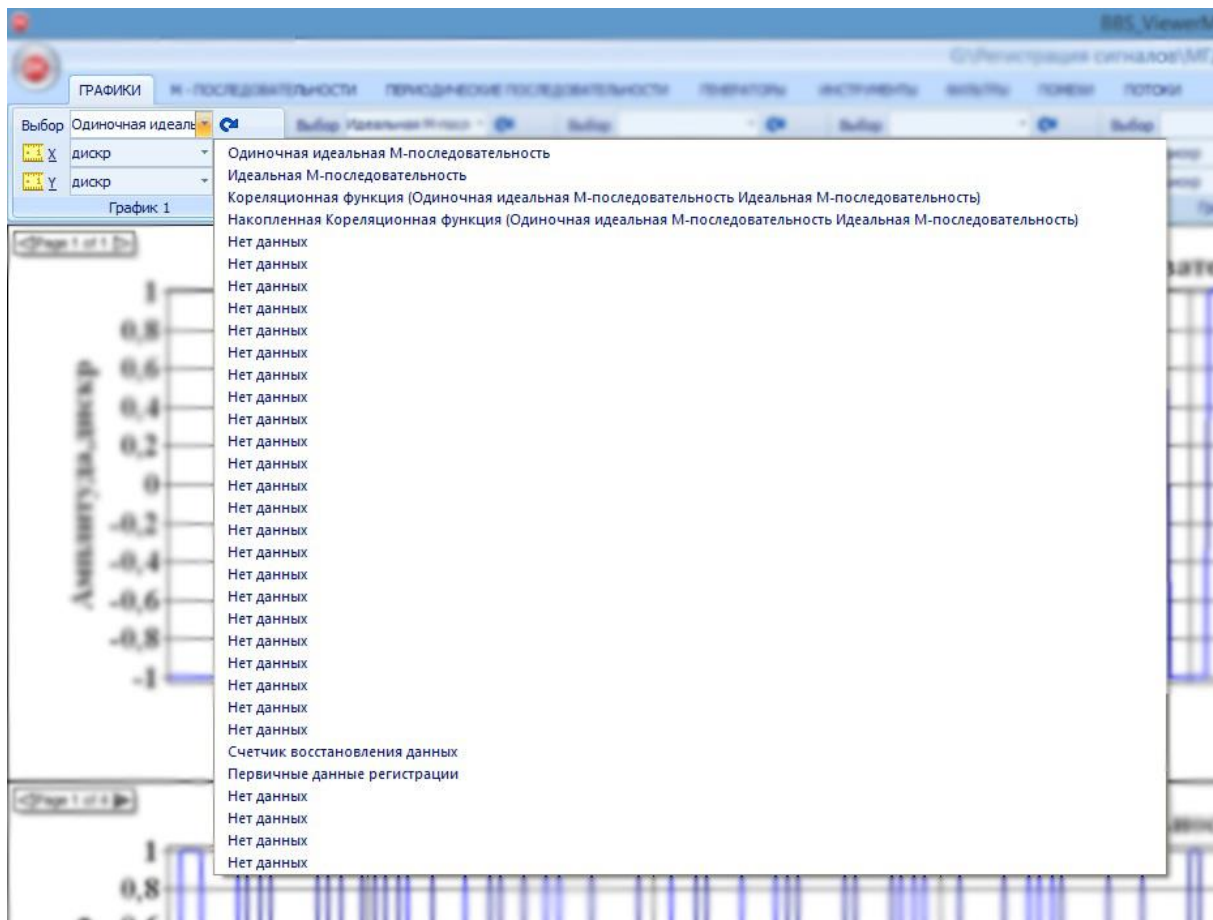



Рис. 3.6 Выбор сигнала для отображения на графике

Каждый из графиков имеет дополнительную панель настроек, при помощи которой осуществляется тонкая настройка отображения всех элементов графика. В данной вкладке осуществляется экспорт графика в один из стандартных графических (bmp, emf, wmf) или текстовых (ASCII, Excel, XML и др.) форматов. При наличии у выбранного инструмента дополнительных настроек их активация осуществляется нажатием значка  расположенного в правом нижнем углу окна инструмента.

Описание инструментов модуля М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

На рисунке 3.7 показана панель инструментов модуля работы с шумоподобными М-последовательностями, где сосредоточены все основные инструменты для работы с ними.

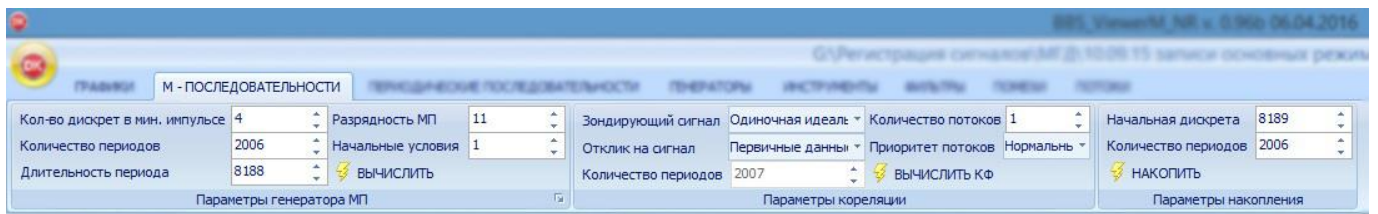


Рис. 3.7 Панель инструментов **М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ**

Инструмент “**Генератор МП**” предназначен для формирования одиночной зондирующей М-последовательности и серии повторяющихся М-последовательностей. Алгоритм генерации основан на программной реализации известной схемы генератора М-последовательностей приведенной на рисунке 3.8 [6]. Пользователю доступно изменение следующих параметров инструмента:

- **количество дискрет в минимальном импульсе** – определяет длительность минимального импульса М-последовательности;
- **разрядность М-последовательности** – определяет разрядность генератора М-последовательности равная числу триггеров сдвигового регистра в схеме;
- **начальные условия** – начальное состояние триггеров сдвигового регистра, выраженное в двоично десятичном формате;
- **количество периодов** – определяет число М-последовательностей в серии;
- **амплитуда М-последовательности** – значение амплитудного коэффициента генерируемой последовательности (по умолчанию амплитуда всех генерируемых сигналов устанавливается равной единице);
- **номера отводов обратной связи** - позволяет пользователю выбрать номера разрядов, используемых в схеме обратной связи генератора М-последовательностей. Так как не все комбинации обратных связей позволяют получить максимально длинную последовательность неповторяющихся двоичных символов, при выборе разрядности генератора и обратных связей следует руководствоваться таблицами, приведенными в [7];
- **длительность периода** – параметр, определяющий длительность одиночной М-последовательности, вычисляется автоматически при выполнении процедуры генерации инициируемой кнопкой “**ВЫЧИСЛИТЬ**” на панели инструмента.

Настройка некоторых из перечисленных параметров доступна на дополнительной панели настроек генератора М-последовательностей, приведенной на рисунке 3.9

Инструмент “**Взаимная корреляция двух сигналов**” предназначен для выполнения процедуры взаимной корреляции двух сигналов. Хотя программа не ограничивает пользователя в выборе коррелируемых сигналов, основной задачей данного алгоритма является получения взаимно-корреляционной функции (ВКФ) между сигналом отклика среды на зондирующее воздействие и сигналом одиночной зондирующей М-последовательности. При корреляционной

обработке сигналов, регистрируемых на приемной стороне измерительного канала ЭРКШПС, в качестве опорного сигнала может выбираться идеальная биполярная M-последовательность прямоугольных импульсов, формируемая генератором M-последовательности.

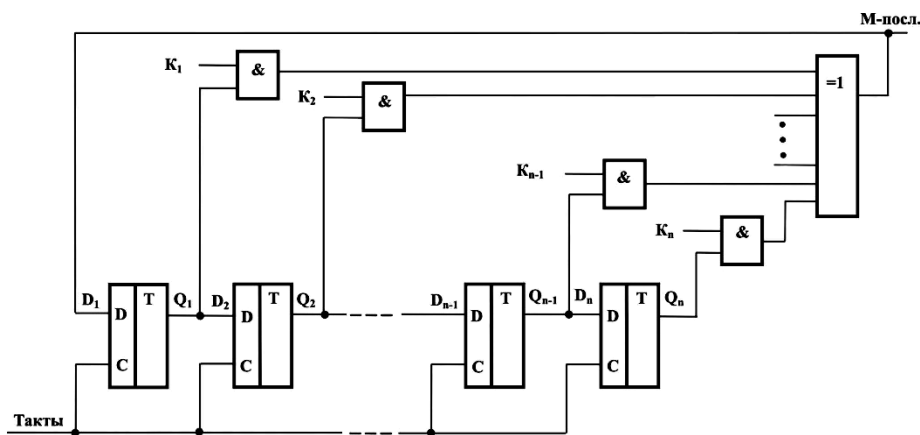


Рис. 3.8 Схема генератора M-последовательности.

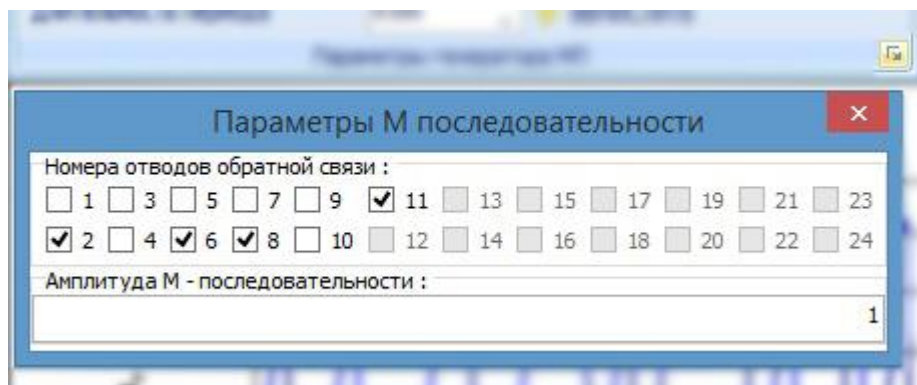


Рис. 3.9 Дополнительная панель настроек генератора M-Последовательностей

Помимо выбора коррелируемых сигналов, пользователю доступен ряд настроек, влияющих на выбор одного из двух алгоритмов вычисления ВКФ, описанных в п. п. 3.3.1 настоящего отчета.

Параметр **количество потоков** определяет количество параллельных процессов, на которые будет разбит стандартный алгоритм вычисления ВКФ. В случае, если количество потоков будет равно единице, вычисление ВКФ будет проводиться по алгоритму, основанному на применении свойств преобразования Фурье для числовой последовательности. Параметр **приоритет потоков** позволяет пользователю управлять распределением времени между задачей вычисления ВКФ и другими задачами программы и операционной системы. Операционная система планирует время процессора в соответствии с заданным приоритетом потоков. На рисунке 3.10 приведены возможные значения данного параметра. Необходимо отметить что установка приоритета реального времени не рекомендуется и может вызвать сбой программы или операционной системы.

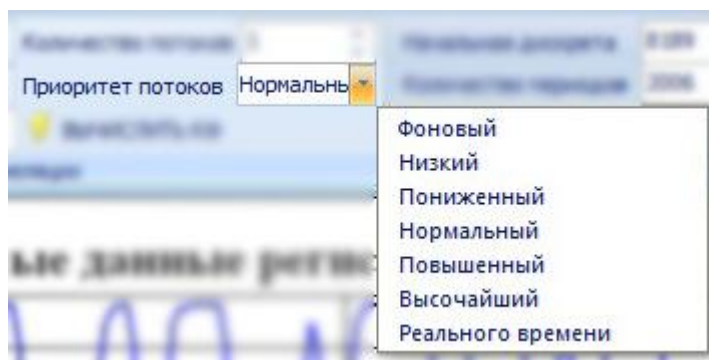


Рис. 3.10 Выбор приоритета выполнения потоков алгоритма вычисления ВКФ

Инструмент “**Накопление взаимно корреляционной функции**” предназначен для фильтрации сигнала ВКФ путем многократного синхронного накопления. Результатом работы инструмента является график накопления периодических сигналов ВКФ за исключением первого и последнего сигналов. Накопленный график ВКФ представляет собой кривую становления поля земной коры (смотри п.п. 3.3.1 настоящего отчета). После выполнения процедуры вычисления взаимной корреляции значения параметров **начальная дискрета** (номер дискреты с которой начинается накопление) и **количество периодов** накопления устанавливаются автоматически для обеспечения максимально возможного числа накоплений. Однако пользователь может менять данные параметры по своему усмотрению.

Описание инструментов модуля ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

На рисунке 3.11 показана панель инструментов модуля работы с периодическими последовательностями. На панели сосредоточены все основные инструменты для работы с периодическими последовательностями.

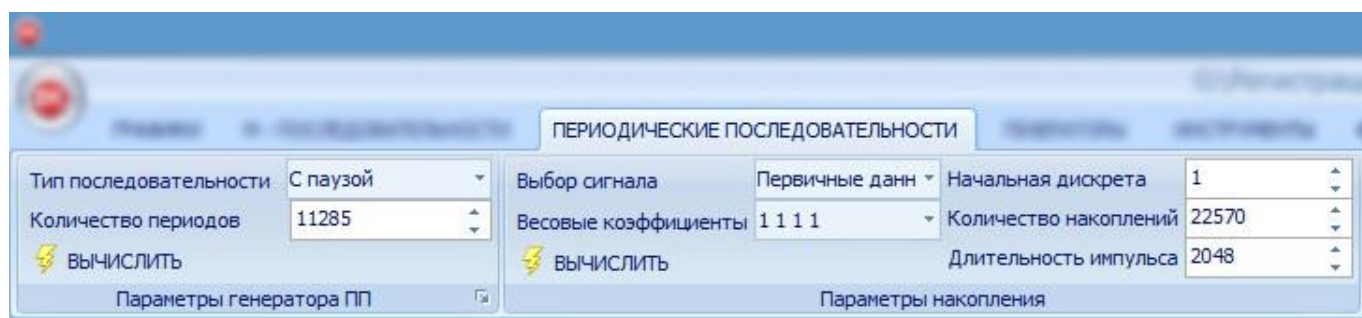


Рис. 3.11 Панель инструментов **ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ**

Инструмент “**Генератор ПП**” предназначен для формирования детерминированных биполярных последовательностей. Результатом работы данного инструмента является сигнал, представляющий собой серию прямоугольных двуполярных периодических импульсов.

Пользователю доступен выбор **типа периодических последовательностей**: с паузой и без паузы. Причем длительность паузы всегда равна длительности импульса. **Количество периодов** периодической последовательности также задается пользователем. Амплитуда импульсов задается в дополнительной панели настроек генератора периодической последовательности, приведенной на рисунке 3.12. Основное назначение данного инструмента заключается в сравнении, на математических моделях, методов зондирования среды детерминированными биполярными последовательностями и шумоподобными М-последовательностями. Для корректного сравнения двух методов зондирования длительность импульса периодического сигнала автоматически приравнивается к длительности одиночной М-последовательности.

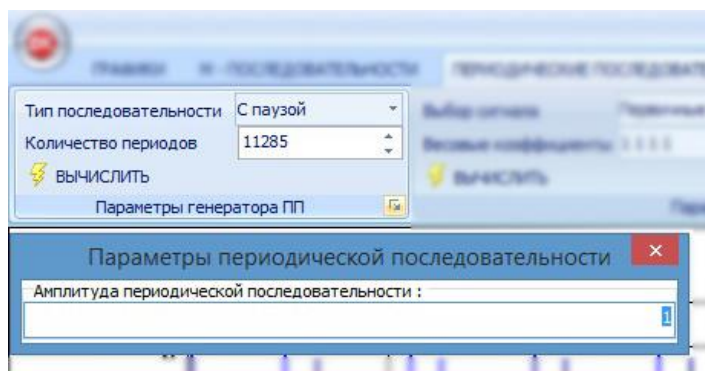


Рис. 3.12 Дополнительная панель настроек генератора периодической последовательности

Результатом работы инструмента “**Весовое накопление сигнала**” является график накопленного отклика среды на периодическую последовательность. Накопление происходит с применением алгоритма синхронного весового накопления. Пользователю доступен выбор одного из трех вариантов весовых коэффициентов (см. рисунок 3.13).



Рис. 3.13 Выбор весовых коэффициентов алгоритма синхронного накопления

Инструмент допускает использование алгоритма синхронного весового накопления с любым сигналом. **Выбор сигнала** осуществляется пользователем. Пользователю доступно изменение следующих параметров инструмента:

- **начальная дискрета** - номер дискреты, с которой начинается накопление;
- **количество накоплений** - число накоплений равное количеству импульсов в выбранном

сигнале;

- **длительность импульса** - в случае работы с зарегистрированными сигналами длительность импульса берется из паспорта регистрации, а при работе с математическими моделями длительность импульса автоматически вставляется после использования инструмента “Генератор ИП”.

Следует отметить, что пользователь может изменять все вышеперечисленные параметры по своему усмотрению.

Описание инструментов модуля ГЕНЕРАТОРЫ

На рисунке 3.14 показана панель инструментов модуля формирования сигналов, необходимых для применения в экспериментах на математической модели ЭРКШПС.

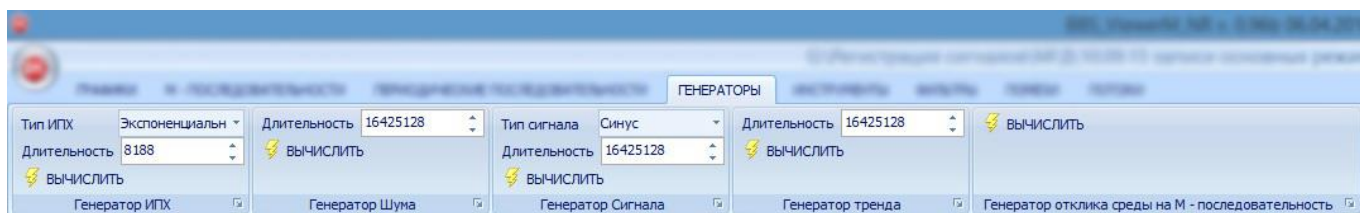


Рис. 3.14 Панель инструментов ГЕНЕРАТОРЫ

Инструмент “Генератор ИПХ” предназначен для формирования сигнала импульсной переходной характеристики среды (ИПХ). Моделируются следующие типы переходных характеристик среды $IIPX_C(t)$:

- экспоненциальная интегрирующая - аналог инерционного интегрирующего звена (3.4);
- степенная $5/2$ – модель сигнала становления поля для однородного проводящего полупространства (3.5).

$$IIPX_C(t) = K_{IIPX} \cdot \frac{e^{-\frac{t}{T_{cp}}}}{T_{cp}}, \quad (3.4)$$

где: K_{IIPX} – амплитудный коэффициент ИПХ среды, T_{cp} – постоянная времени среды.

$$IIPX_C(t) = K_{IIPX} \cdot (t+1)^{-\frac{5}{2}}, \quad (3.5)$$

где: K_{IIPX} – амплитудный коэффициент ИПХ среды.

Выбор типа импульсной переходной характеристики среды доступен во вкладке “Тип ИПХ” (см. рисунок 3.15). Выбор амплитудного коэффициента и постоянной времени ИПХ среды осуществляется на дополнительной панели настроек генератора ИПХ, приведенной на рисунке 3.16.

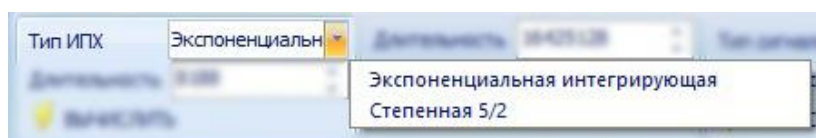


Рис. 3.15 Выбор типа ИПХ среды

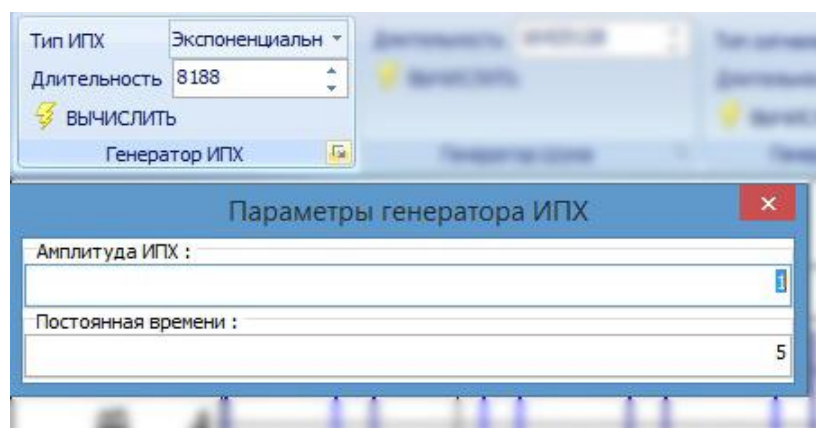


Рис. 3.16 Дополнительная панель настроек генератора ИПХ

На рисунке 3.17 приведен пример графика сигнала ИПХ среды, сгенерированного программой.



Рис. 3.17 Пример графика сгенерированного сигнала ИПХ среды

Инструмент “**Генератор шума**” предназначен для формирования шумового сигнала с нормальным законом распределения амплитуд с последующей его фильтрацией с помощью фильтра Дирихле. Для реализации шумового сигнала используется алгоритм генерации нормального шума с нулевым математическим ожиданием и единичным стандартным отклонением по методу преобразования Бокса-Мюллера. Генерация шума в этом методе осуществляется согласно специальному алгоритму. В начале генерируется пара независимых равномерно распределенных чисел U, V из диапазона $(-1 \div +1)$. Затем, если соблюдается условие $S = U^2 + V^2 < 1$, то числа, вычисляемые по формулам (3.6) и (3.7)

$$U \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln S}{S}} \quad (3.6)$$

$$V \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln S}{S}} \quad (3.7)$$

являются независимыми нормально распределёнными псевдослучайными числами и помещаются в массив r , представляющий собой массив для хранения сигнала шума. Далее сигнал шума подвергается фильтрации при помощи фильтра Дирихле. При установке порядка фильтра Дирихле равного нулю фильтрация не производится. Амплитуда шума и порядок фильтра Дирихле задаются в дополнительной панели генератора шума, приведенной на рисунке 3.18.

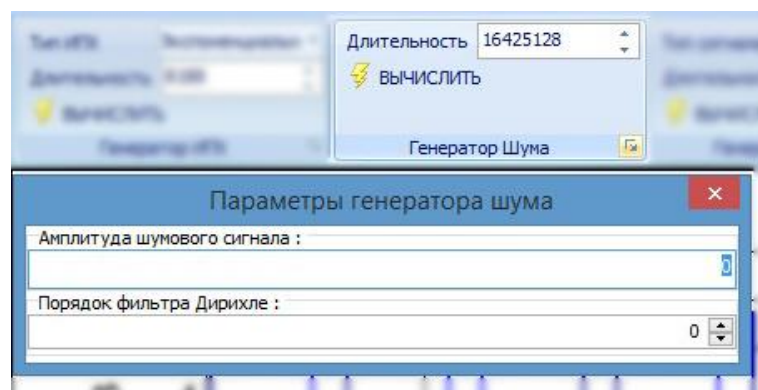


Рис. 3.18 Дополнительная панель настроек генератора шума

На рисунке 3.19 приведен пример графика шума, сгенерированного программой.

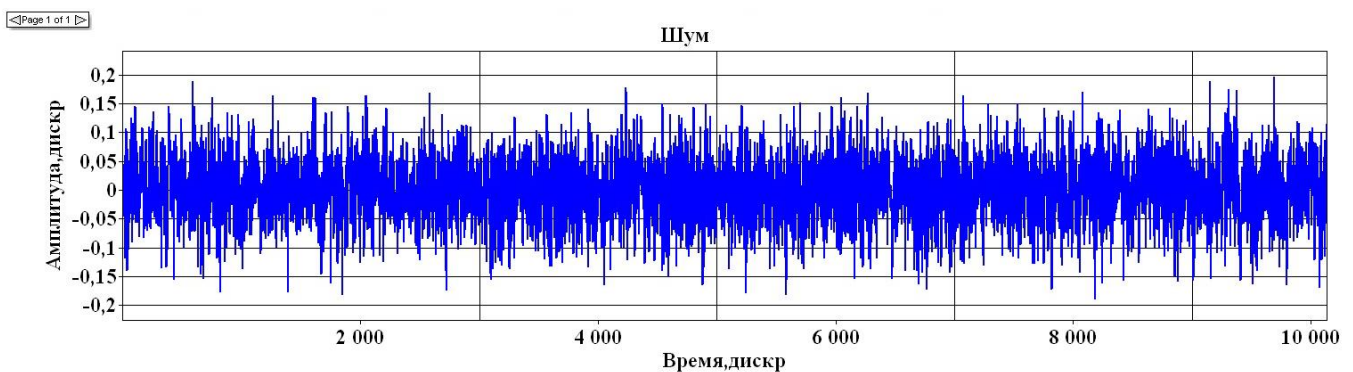


Рис. 3.19 Пример графика сгенерированного шума

Инструмент **“Генератор стандартных периодических сигналов”** предназначен для формирования стандартных периодических сигналов. Например, данный инструмент используется при проведении исследования частотных характеристик подавления непрерывных промышленных помех частотой 50 Гц и их гармонических составляющих при цифровой обработке сигналов на математической модели ЭРКШПС (см. Отчет НИР НСРАН 2014, инв. № 4/14). В инструменте реализованы три стандартные периодические последовательности **“синус”**, **“пила”** и **“треугольник”**.

Их выбор осуществляется во вкладке “Тип сигнала” приведенной на рисунке 3.20.

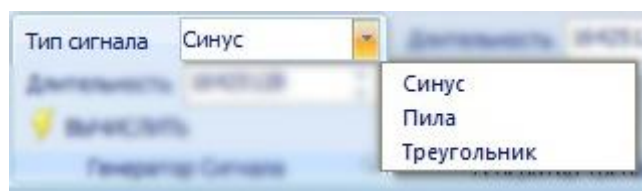


Рис. 3.20 Выбор типа формируемого сигнала

Пользователь может настраивать длительность, амплитуду и длительность периода формируемого сигнала. Часть параметров доступна в дополнительной панели настроек генератора периодических сигналов, приведенной на рисунке 3.21.

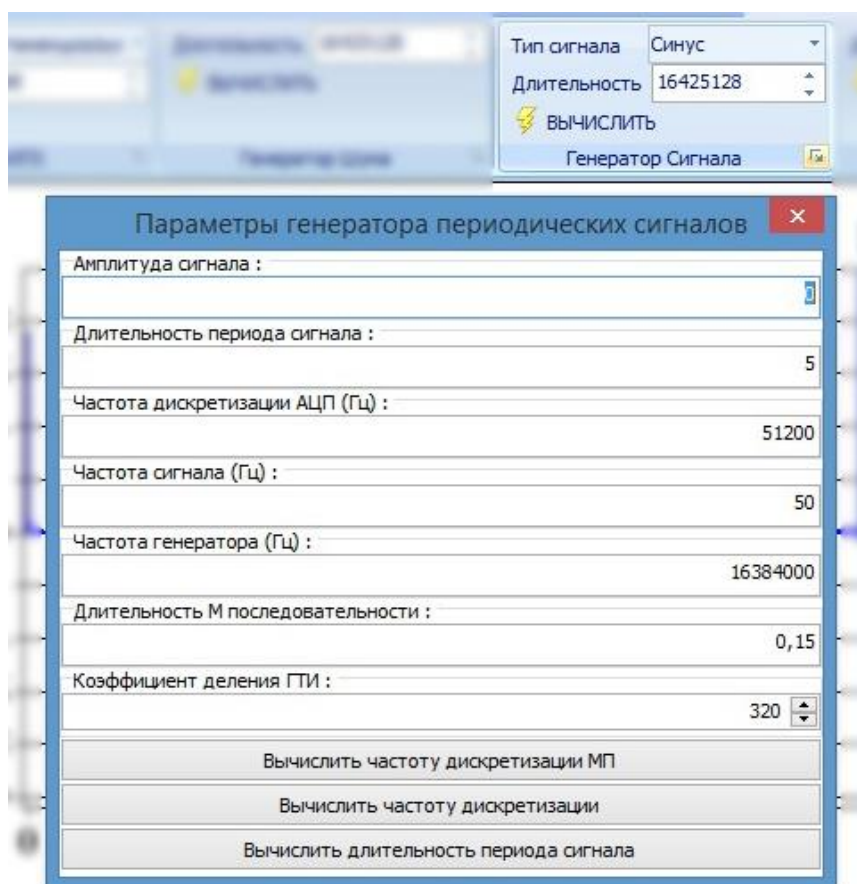


Рис. 3.21 Дополнительная панель настроек генератора периодических сигналов.

Для сравнения результатов полевых и лабораторных испытаний с результатами, полученными на математической модели ЭРКШПС инструмент снабжен алгоритмами вычисления длительности периода формируемого сигнала по данным полевого и лабораторного экспериментов. На рисунке 3.22 приведен пример графика, сгенерированного при помощи данного инструмента сигнала синусоидальной формы.

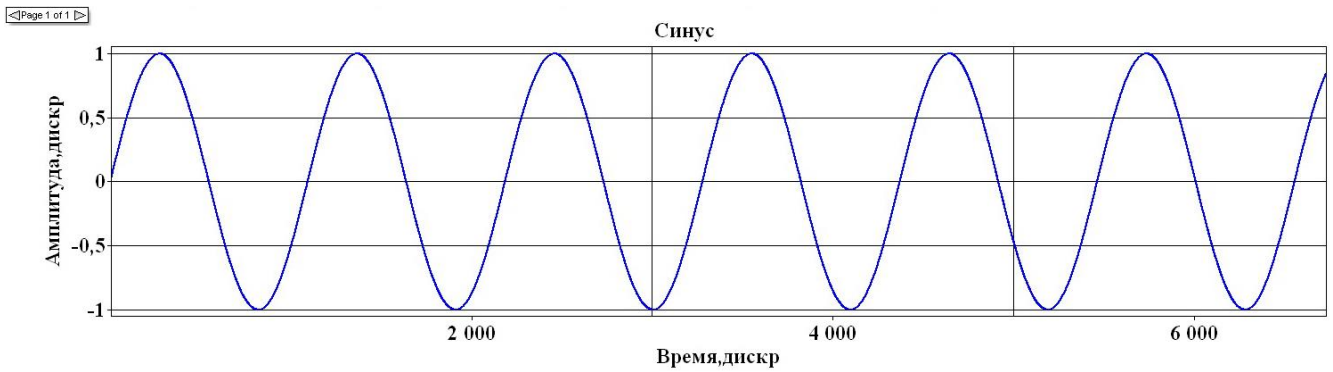


Рис. 3.22 Пример графика сгенерированного сигнала синусоидальной формы

Инструмент “Генератор тренда” предназначен для формирования сигнала линейного тренда с параметрами:

- K_{Tp} - амплитудный коэффициент тренда;
- t_{Tp} - длительность формируемого тренда;
- A_{0Tp} – начальная амплитуда тренда;
- A_{maxTp} – максимальная амплитуда тренда;
- t_{maxTp} – время максимального нарастания тренда.

Настройка всех параметров формируемого тренда кроме длительности осуществляется в дополнительной панели генератора тренда, приведенной на рисунке 3.23.

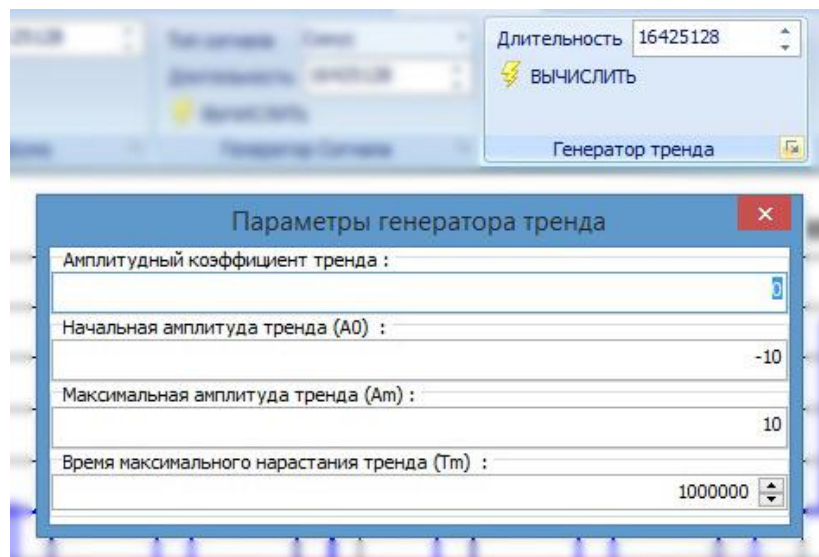


Рис. 3.23 Дополнительная панель настроек генератора тренда

Сигнал тренда вычисляется согласно формуле:

$$Tp(t) = K_{Tp} \left(A_{0Tp} + \frac{2(A_{maxTp} - A_{0Tp})}{t_{maxTp}} \cdot t \right). \quad (3.8)$$

На рисунке 3.24 приведен пример графика тренда, сгенерированного программой.

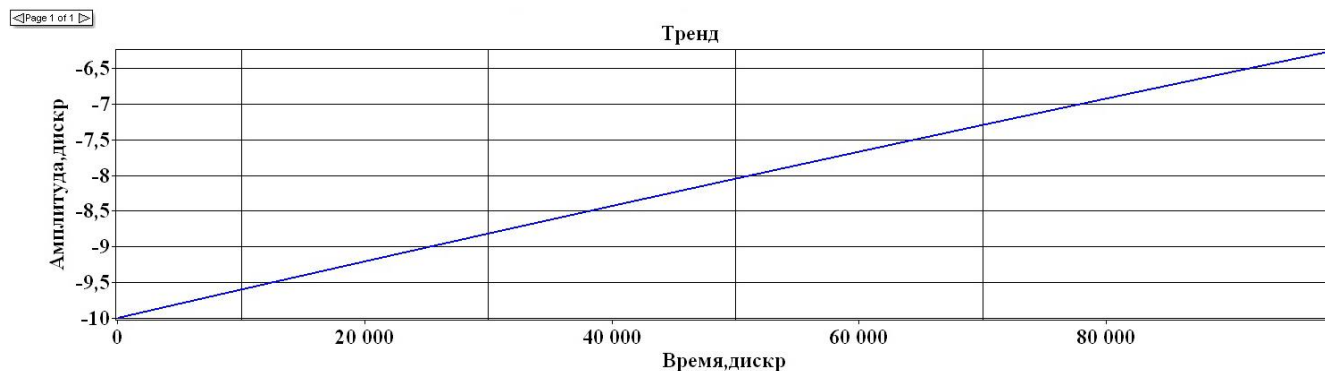


Рис. 3.24 Пример графика сгенерированного тренда

Инструмент “Генератор отклика среды на М-последовательность” предназначен для формирования сигнала отклика среды на зондирующую шумоподобную М-последовательность. В ходе исследований на математических моделях ЭРКШПС, проводимых в 2015 году (см. Отчет НИР НСРАН 2015, инв. № 4/15) была разработана новая усовершенствованная математическая модель формирования сигналов отклика исследуемой среды. Рассмотрим кратко алгоритм формирования отклика среды на зондирующую М-последовательность. Зондирующий сигнал представляет собой периодически повторяемую шумоподобную М-последовательность. Так как импульсы М-последовательности имеют различную длительность, то сигнал отклика среды можно представить в виде последовательности откликов интегрирующего инерционного звена на подачу каждого последующего импульса М-последовательности при начальных условиях, определяемых значениями сигнала, вычисленного к концу предыдущего импульса. Так как время начала каждого импульса М-последовательности известно (t_i), также известна его полярность, то реакцию инерционного интегрирующего звена на i -ый импульс последовательности зондирующих импульсов (отклик среды) можно записать следующим образом:

$$U_{OCi}(t) = U_{Ci} + [(-1)^i \cdot A_{шпс} - U_{Ci}] \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau_{cp}}}), \quad (3.9)$$

где $A_{шпс}$ – амплитуда импульсов в зондирующей М-последовательности; i – порядковый номер импульса в зондирующей последовательности; U_{Ci} – уровень сигнала на выходе интегрирующего инерционного звена в момент начала импульса с номером i ; $0 < t \leq (t_{i+1} - t_i)$ – текущее время, отсчитываемое внутри интервала от t_i до t_{i+1} ; t_i – время начала импульса с номером i в последовательности зондирующих импульсов; t_{i+1} – время начала импульса с номером $i+1$ (конец импульса с номером i); τ_{cp} – постоянная времени модели среды (интегрирующего инерционного звена). В последней реализации программы дополнительно была введена возможность

устанавливать различную реакцию среды на нарастание и спад зондирующих импульсов. В математической модели отклика среды данная возможность реализуется путем раздельного задания постоянных времени интегрирующего инерционного звена для фронта и спада входного сигнала.

Для исследования динамической погрешности АЦП в качестве причины появления “структурных” помех в программе была реализована разработанная в 2015 году (смотри Отчет НИР ЛПАР 2015 г.) математическая модель устройства выборки и хранения (УВХ), входящего в состав АЦП. Настройки параметров формируемого отклика среды и УВХ доступны в дополнительной панели настроек генератора отклика среды, приведенной на рисунке 3.25.

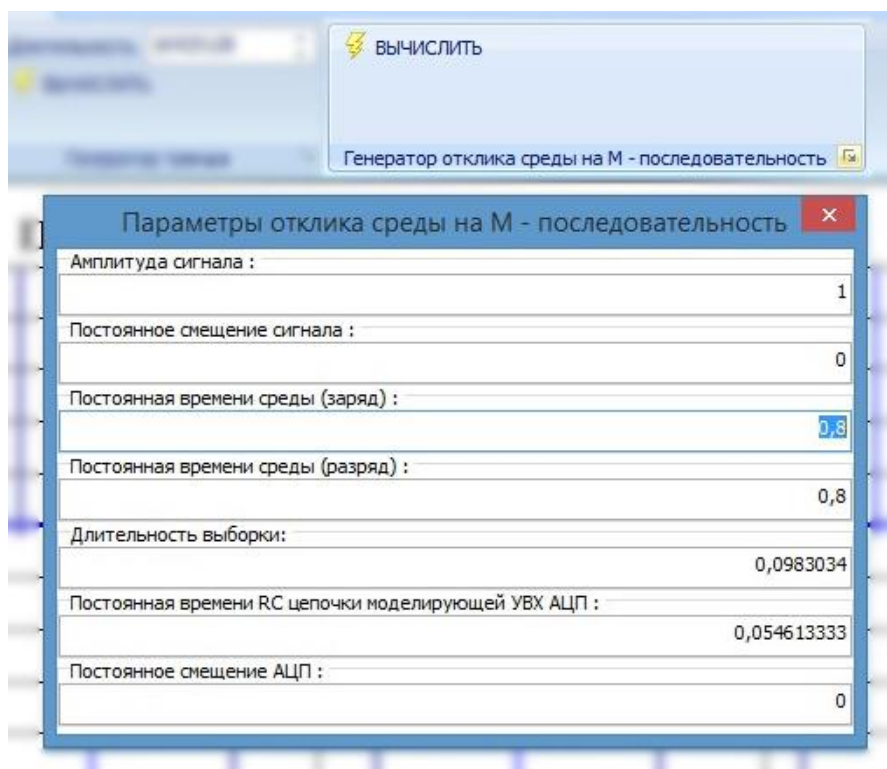


Рис. 3.25 Дополнительная панель настроек генератора отклика среды

Описание инструментов модуля ИНСТРУМЕНТЫ

На рисунке 3.26 показана панель инструментов первичной обработки сигналов. Все инструменты данного модуля являются универсальными и применяются как для обработки сигналов, зарегистрированных измерительным комплексом ЭРКШПС, так и для обработки сигналов, полученных в процессе математического моделирования. Так как для каждого инструмента можно выбрать любой из сигналов или его часть, то процесс **выбора сигнала** является общим для всех инструментов данного модуля и доступен в панели “**Общие параметры**”. В данной вкладке также можно задать **первую дискрету** и **последнюю дискрету** сигнала, выбрав тем самым для обработки любую его часть. Причем при выборе сигнала в данные поля автоматически записывается первая и последняя дискрета выбранного сигнала.

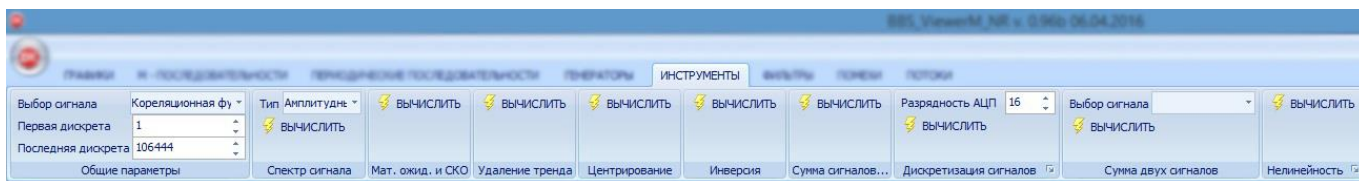


Рисунок 3.26 Панель инструментов **ИНСТРУМЕНТЫ**

Инструмент “**Спектр сигнала**” реализует алгоритмы вычисления амплитудного и фазового спектра сигнала, выбранного пользователем. Выбор типа вычисляемого спектра осуществляется во вкладке “Тип” данного инструмента приведенной на рисунке 3.27.

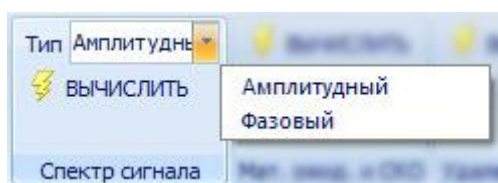


Рисунок 3.27 Выбор типа вычисляемого спектра сигнала

Спектром временной зависимости (функции) $y(t)$ называется совокупность ее гармонических составляющих (гармоник), образующих ряд Фурье. Для ускорения работы с большими по длительности сигналами при вычислении спектра применяется алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Процедура вычисления БПФ принимает на входе массив комплексных чисел, заполненный реальными значениями амплитуд сигнала во временной области, а после своего выполнения возвращает массив комплексных чисел, содержащий информацию об амплитудном и фазовом спектрах. Стоит помнить, что реальная (Re) и мнимая (Im) части комплексного числа — это далеко не то же самое, что его амплитуда и фаза! Результирующий массив комплексных чисел заполнен полезной информацией ровно на половину, другая половина является лишь зеркальным отражением первой и может быть исключена из рассмотрения. Если представить результат выполнения процедуры БПФ в виде двух последовательностей, содержащих действительные $\{Re_n\}$ и мнимые $\{Im_n\}$ части массива комплексных чисел тогда амплитудный и фазовый спектры можно записать следующим образом:

$$M_n = \sqrt{Re_n^2 + Im_n^2} \quad (3.10)$$

$$\varphi_n = -arctg\left(\frac{Im_n}{Re_n}\right) \quad (3.11)$$

На рисунке 3.28 приведен пример графика амплитудного спектра, вычисленного при помощи

программы. Необходимо отметить, что так как для вычисления БПФ число отсчетов сигнала должно быть кратно степени двойки, то выбранный для обработки сигнал (или его часть) автоматически обрезается до величины максимальной степени двойки не превышающей числа отсчетов выбранной части сигнала.

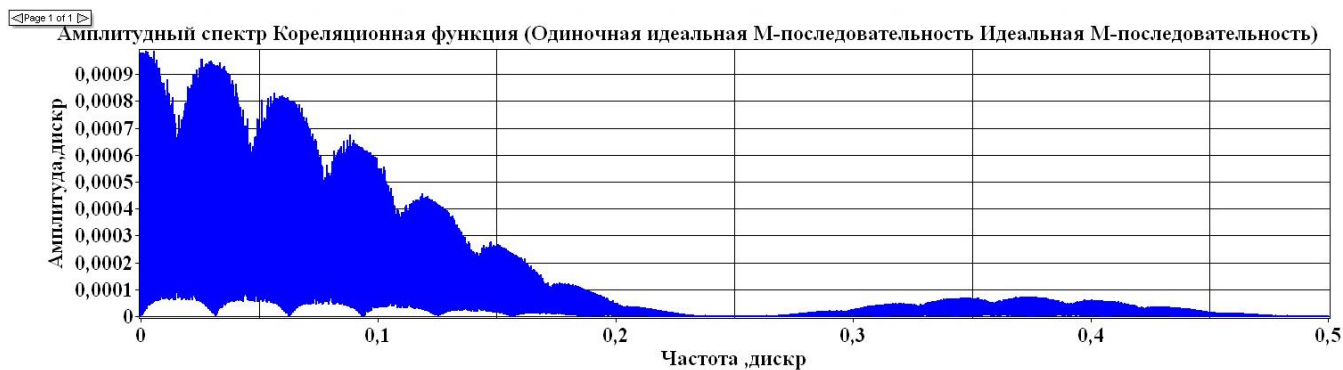


Рис. 3.28 Пример графика амплитудного спектра

Инструмент **“Вычисление МО и СКО”** - предназначен для вычисления значений математического ожидания и среднеквадратичного отклонения выбранного сигнала (или его части). Выбор сигнала осуществляется в панели **“Общие параметры”**. Вычисленные значения отображаются в окне информации в правой части главного окна программы.

Инструмент **“Удаление тренда”** предназначен для удаления из сигнала низкочастотных нестационарных процессов (трендов), описываемых полиномами заданного порядка. После выбора сигнала и нажатия кнопки **“ВЫЧИСЛИТЬ”** открывается новое окно (см. рисунок 3.29), в котором расположены все органы управления инструментом. На панели графика данного окна отображается выбранная для обработки часть сигнала. Пользователь может выбирать один из двух методов вычисления линии тренда. Первый метод основан на вычислении линии тренда при помощи степенного полинома, степень которого задается в поле **“Число базисных функций полинома”**. При нажатии кнопки **“Вычислить тренд”** происходит вычисление и построение на графике линии тренда. При нажатии кнопки **“Удалить тренд”** происходит операция удаления тренда из сигнала и вывода на экран результирующего сигнала. Второй метод основан на вычислении линии тренда методом сплайнов. Пользователь может задавать порядок сплайна в поле **“Число базисных функций сплайна”**.

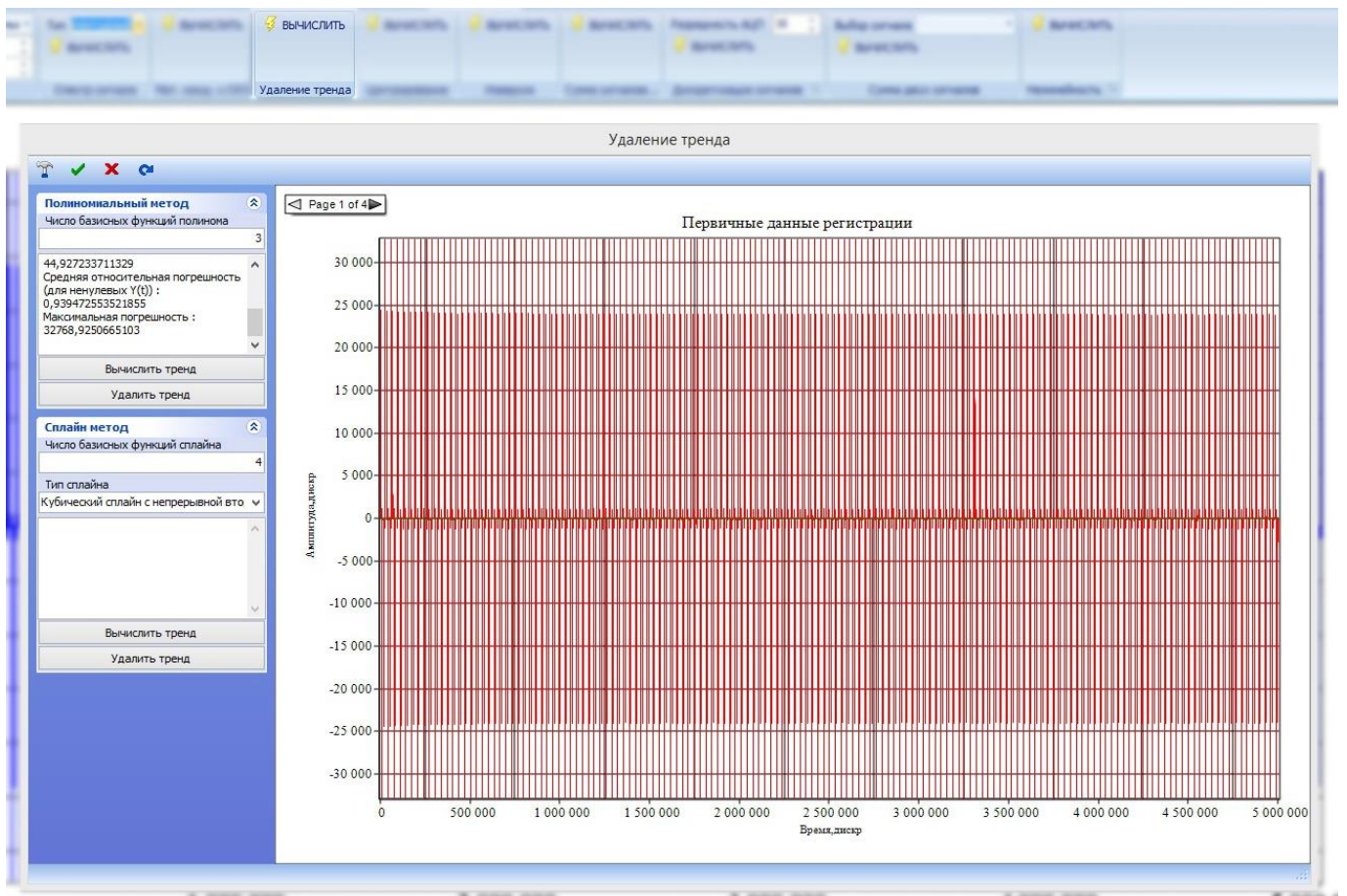


Рис. 3.29 Окно инструмента “Удаления тренда”

Пользователь может выбрать один из двух типов сплайна функции во вкладке “Тип сплайна” приведенной на рисунке 3.30. Остальные операции выполняются также, как и при вычислении тренда методом полиномов.

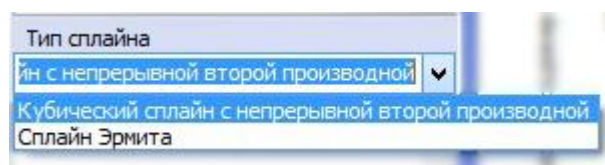


Рис. 3.30 Выбор типа сплайна для вычисления тренда

Инструмент “**Центрирование сигнала**” предназначен для удаления из сигнала постоянной составляющей. Алгоритм основан на вычислении значения математического ожидания выбранного сигнала с последующим его вычитанием из сигнала.

Инструмент “**Инверсия сигнала**” выполняет изменение знака каждого отсчета выбранного сигнала на противоположный.

Инструмент “**Сумма сигнала шума и тренда**” выполняет операцию суммирования сигнала отклика среды на М-последовательность с сигналами тренда и шума. Данные сигналы генерируются

соответствующими инструментами панели инструментов **ГЕНЕРАТОРЫ**. Результатом работы данного инструмента является сигнал отклика среды на зондирующую М-последовательность, осложненный шумом и трендом.

Инструмент **“Дискретизация сигнала”** выполняет операцию квантования по уровню дискретных значений выбранного сигнала. Квантованием называется процесс преобразования истинных значений отсчетов сигнала в двоичные числа, имеющие конечное число разрядов q . В процессе квантования происходит округление истинных значений сигнала. Пользователь может задать разрядность квантования в поле **“Разрядность АЦП”** и максимально возможное значение амплитуды сигнала в поле **“Напряжение опоры АЦП”**. Панель настройки инструмента приведена на рисунке 3.31. Для квантования сигнала используется стандартный алгоритм последовательных приближений, позволяющий выполнить операцию одиночного преобразования за число шагов равное числу разрядов квантования. Результатом работы данного инструмента является массив цифровых данных, полученных в результате квантования по уровню дискретных значений сигнала.

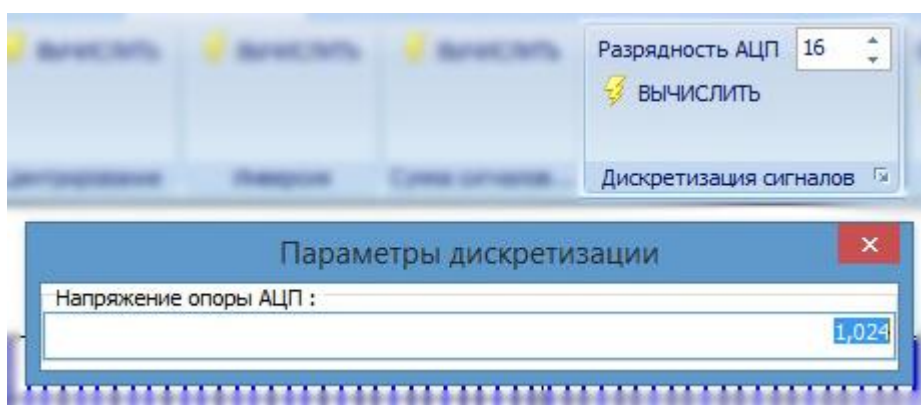


Рис. 3.31 Настройки инструмента **“Дискретизация сигналов”**

Инструмент **“Сумма двух сигналов”** выполняет операцию суммирования двух сигналов. Первый сигнал выбирается в панели **“Общие параметры”** а второй во вкладке **“Выбор сигнала”** в панели инструмента.

Инструмент **“Нелинейное звено”** реализует некоторые математические модели нелинейностей измерительного тракта, являющихся причиной появления **“структурных помех”**. Для моделирования нелинейности измерительного тракта в математическую модель измерительного комплекса ЭРКШПС было введено нелинейное звено, представляющее собой устройство (блок), для которого зависимость выходного сигнала от входного представляет собой функцию отличную от линейной (степенная, логарифмическая, синусоидальная и т.д.) Такую зависимость называют передаточной характеристикой или функцией преобразования нелинейного звена.

$$U_{\text{ВЫХ}}(U_{\text{ВХ}}) = U_{\text{ВХ}} + \sum_{i=2}^N a_i U_{\text{ВХ}}^i, \quad (3.11)$$

где: $U_{\text{ВХ}}$ – значение сигнала на входе нелинейного звена; $U_{\text{ВЫХ}}$ – значение сигнала на выходе нелинейного звена; a_1, a_2, \dots, a_N – коэффициенты аппроксимирующего полинома; N – порядок полинома.

В зависимости от формы передаточных характеристик различают нелинейные элементы с симметричными и несимметричными характеристиками. Симметричной называется характеристика, не зависящая от направления изменения входной величины, обладающая симметрией относительно начала системы координат, т.е. $F(x) = -F(-x)$. Для несимметричной характеристики это условие не выполняется $F(x) \neq -F(-x)$. В общем случае передаточная характеристика нелинейного звена может обладать сколь угодно сложной формой. Большинство нелинейностей, встречающихся в электронных устройствах в первом приближении можно описать функцией вида:

$$U_{\text{ВЫХ}}(U_{\text{ВХ}}) = a_1 \cdot U_{\text{ВХ}} + a_n \cdot U_{\text{ВХ}}^n, \quad (3.12)$$

где a_1 и a_n – постоянные коэффициенты; n – показатель степени, принимающий только положительные целочисленные значения начиная с 2.

В данном инструменте реализованы три типа нелинейных звеньев:

- нелинейное звено с симметричной передаточной характеристикой;
- нелинейное звено с асимметричной передаточной характеристикой;
- нелинейное звено “зона нечувствительности”.

Нелинейное звено с симметричной передаточной характеристикой использует в качестве передаточной функции симметричные степенные функции. Такие функции в большей степени отражают передаточные характеристики аналоговых каскадов, особенно выходных каскадов усиления сигналов. Передаточная характеристика таких устройств как правило имеет зону с пониженной (малой) чувствительностью при малых амплитудах выходных сигналов. Вычисление передаточной характеристики нелинейного звена, моделируемого симметричной степенной функцией, производится по формуле:

$$U_{\text{ВЫХ}}(U_{\text{ВХ}}) = a_1 \cdot U_{\text{ВХ}} + [\text{sign}(U_{\text{ВХ}})]^{q-1} \cdot a_q \cdot U_{\text{ВХ}}^q, \quad (3.13)$$

где $U_{\text{ВХ}}$ – значение сигнала на входе нелинейного звена; $U_{\text{ВЫХ}}$ – значение сигнала на выходе нелинейного звена; q – показатель степени; a_1 и a_q – постоянные коэффициенты; $\text{sign}(U_{\text{ВХ}} > 0) = +1$, $\text{sign}(U_{\text{ВХ}} < 0) = -1$, $\text{sign}(U_{\text{ВХ}} = 0) = 0$ – функция, определяющая знак второго слагаемого в выражении (3.13).

Нелинейное звено с асимметричной передаточной характеристикой использует в качестве передаточной функции асимметричные степенные функции. Асимметричные степенные функции

лучше подходят для моделирования интегральной нелинейности АЦП. Вычисление передаточной характеристики нелинейного звена, моделируемого асимметричной степенной функцией, производится по формуле:

$$U_{ВЫХ}(U_{ВХ}) = -1 + b_1 \cdot (U_{ВХ} + 1) + b_q \cdot (U_{ВХ} + 1)^q, \quad (3.14)$$

где $U_{ВХ}$ – значение сигнала на входе нелинейного звена; $U_{ВЫХ}$ – значение сигнала на выходе нелинейного звена; q – показатель степени; b_1 и b_q – постоянные коэффициенты.

Для оценки влияния нелинейностей вида “зона нечувствительности”, характерных для аналоговых схем, на “структурную” помеху была реализована соответствующая математическая модель нелинейного звена. График передаточной функции такого звена представлен на рисунке 3.32.

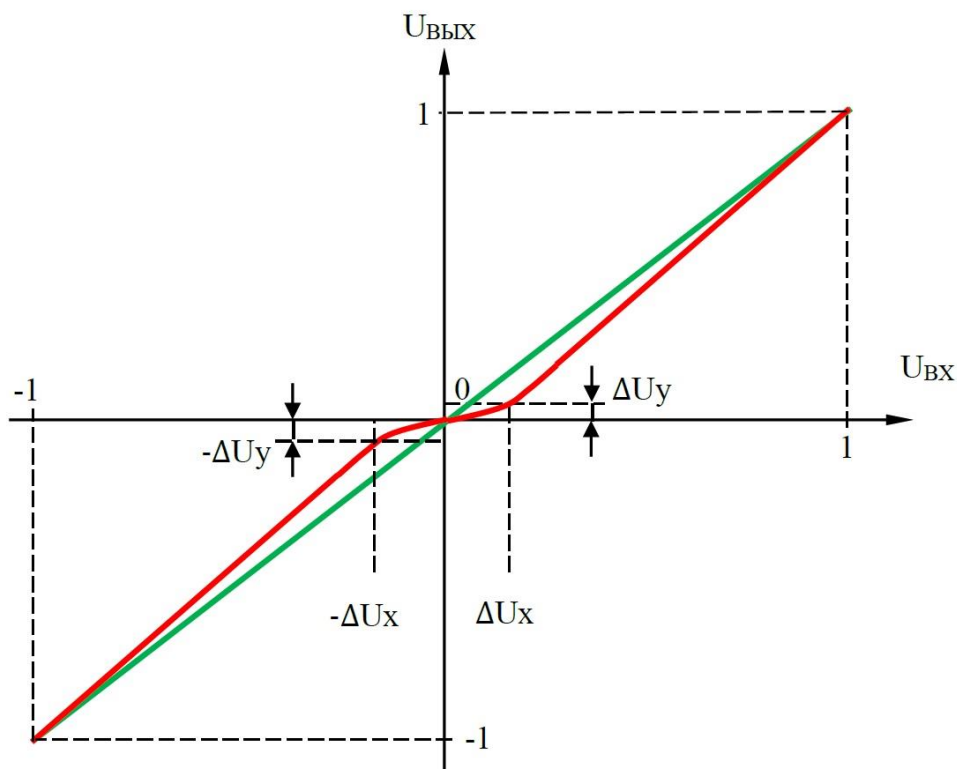


Рис. 3.32 График передаточной функции для нелинейности типа “зона нечувствительности” (красная линия) где: $[-\Delta U_x, \Delta U_x]$ - зона нечувствительности; $-\Delta U_y, \Delta U_y$ – значения передаточной функции на границах зоны нечувствительности

Аппроксимация передаточной характеристики выполнялась тремя функциями. Зона нечувствительности $[-\Delta U_x, \Delta U_x]$ аппроксимировалась степенной функцией. На линейных участках передаточная характеристика аппроксимировалась прямыми, проходящими через точки с координатами $(-1, -1)$ и $(-\Delta U_x, -\Delta U_y)$ в отрицательной области и точками с координатами $(1, 1)$ и

$(\Delta U_x, \Delta U_y)$ в положительной области. Всю передаточную функцию для нелинейности типа “зона нечувствительности” можно записать в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} U_{\text{ВЫХ}}(U_{\text{ВХ}}) = \frac{(U_{\text{ВХ}} + \Delta U_x) \cdot (-1 + \Delta U_y)}{(-1 + \Delta U_x)} - \Delta U_y, & U_{\text{ВХ}} \in [-1, -\Delta U_x] \\ U_{\text{ВЫХ}}(U_{\text{ВХ}}) = \left(a_1 \cdot \frac{U_{\text{ВХ}}}{\Delta U_x} \right) + (\text{sign}(U_{\text{ВХ}}))^{q-1} \cdot \left(a_q \cdot \left(\frac{U_{\text{ВХ}}}{\Delta U_x} \right)^q \right) \cdot \frac{\Delta U_x}{3}, & U_{\text{ВХ}} \in [-\Delta U_x, \Delta U_x] \\ U_{\text{ВЫХ}}(U_{\text{ВХ}}) = \frac{(U_{\text{ВХ}} - \Delta U_x) \cdot (1 - \Delta U_y)}{(1 - \Delta U_x)} + \Delta U_y, & U_{\text{ВХ}} \in [\Delta U_x, 1] \end{cases} \quad (3.15)$$

Все настройки инструмента “**Нелинейное звено**” сосредоточены в дополнительной панели настроек инструмента, приведенной на рисунке 3.33.

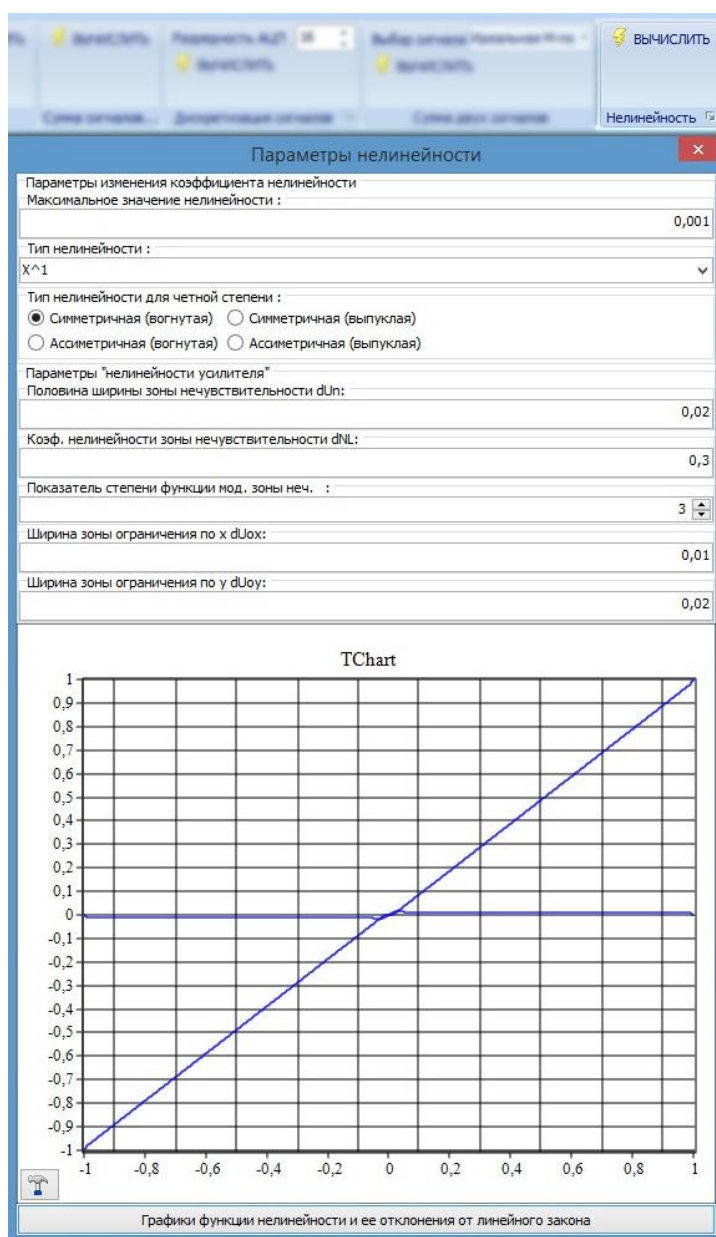


Рис. 3.33 Панель настроек инструмента “Нелинейное звено”

Описание инструментов модуля ФИЛЬТРЫ

На рисунке 3.34 показана панель инструментов фильтрации сигналов. Все инструменты данного модуля являются универсальными и применяются как для обработки сигналов, зарегистрированных измерительным комплексом ЭРКШПС, так и для обработки сигналов, полученных в процессе математического моделирования. Так как для каждого инструмента можно выбрать любой из сигналов или его часть, то процесс **выбора сигнала** является общим для всех инструментов данного модуля и доступен в панели “**Общие параметры**”. В данной вкладке также можно задать **первую дискрету** и **последнюю дискрету** сигнала, выбрав тем самым для обработки любую его часть. Причем при выборе сигнала в данные поля автоматически записывается первая и последняя дискрета выбранного сигнала.

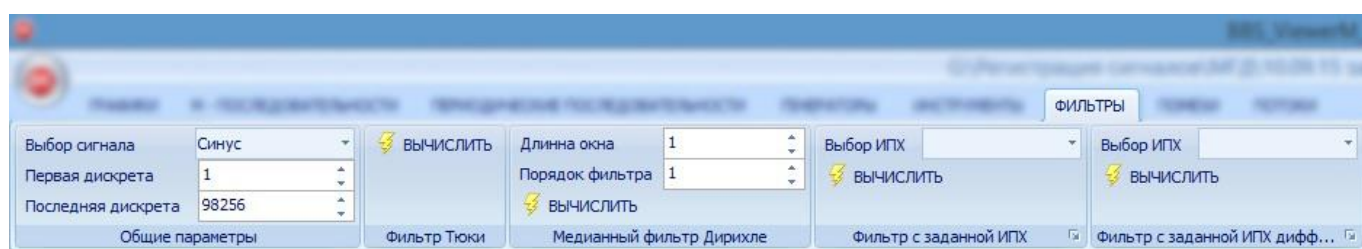


Рис. 3.34 Панель инструментов **ФИЛЬТРЫ**

Инструмент “**Фильтр Тьюки**” реализует алгоритм фильтрации Тьюки по трем точкам. Данный фильтр очень эффективен при фильтрации импульсных помех. Алгоритм вычисления данного фильтра можно представить в следующем виде:

$$y_n = (x_{n-1} + x_n + x_{n+1}) - \max(x_{n-1}, x_n, x_{n+1}) - \min(x_{n-1}, x_n, x_{n+1}), \quad (3.16)$$

где: x_n - массив значений фильтруемого сигнала, y_n - массив значений результата фильтрации, \max – функция поиска наибольшего из трех чисел, \min – функция поиска наименьшего из трех чисел.

Инструмент “**Медианный фильтр Дирихле**” реализует стандартный алгоритм медианной фильтрации скользящим окном с задаваемой пользователем **длиной окна** и **порядком фильтра**. Сущность работы данного фильтра заключается в том, что в качестве значения отсчета отфильтрованного сигнала подставляется усредненное значение фильтруемого сигнала в заданном окне. Порядок фильтра отражает число проходов фильтра, где на каждом новом проходе в качестве фильтруемого сигнала выступает результат предыдущей фильтрации.

Инструмент “**Фильтр с заданной ИПХ**” основан на применении алгоритма свертки фильтруемого сигнала с импульсной переходной характеристикой фильтра. В предыдущих вариантах программы моделирования отклик среды вычислялся при помощи свертки импульсной переходной характеристики среды с зондирующей М-последовательностью. Упрощенная модель среды была представлена в виде инерционного интегрирующего звена первого порядка с

импульсной переходной характеристикой (ИПХ), описываемой выражением:

$$ИПХ_C(t) = \frac{t}{\tau_{cp}} e^{-\frac{t}{\tau_{cp}}}, \quad (3.17)$$

где τ_{cp} - постоянная времени инерционного интегрирующего звена первого порядка.

В новой программе данная модель реализуется при помощи последовательного применения инструментов “Генератор ИПХ” и “Фильтр с заданной ИПХ. В качестве импульсной переходной характеристики, помимо специально сгенерированной, может использоваться любой сигнал, что превращает данный инструмент в инструмент свертки двух сигналов. Пользователю доступны две разновидности данного фильтра: фильтр с заданной ИПХ интегрирующего типа и фильтр с заданной ИПХ дифференцирующего типа. Фильтр дифференцирующего типа отличается от фильтра интегрирующего типа выполнением процедуры численного дифференцирования результата фильтрации (свертки). В дополнительной панели настроек каждого фильтра приведенных на рисунках 3.35, 3.36 пользователь может задать амплитудный коэффициент на который будет умножен каждый отсчет результата фильтрации.

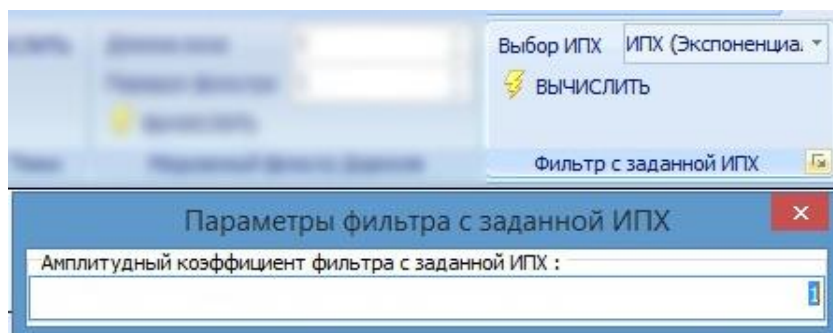


Рис. 3.35 Дополнительная панель настроек фильтра с заданной ИПХ интегрирующего типа

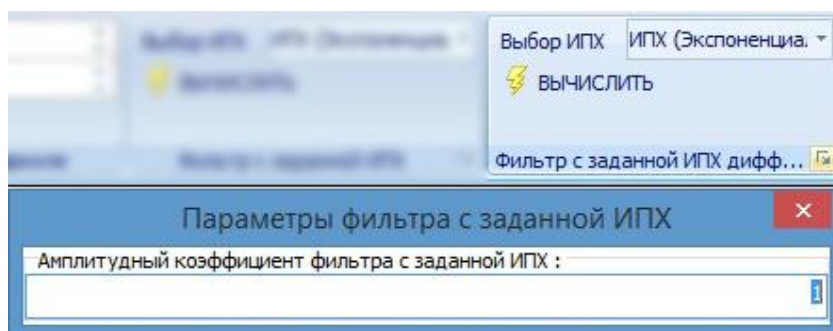


Рис. 3.36 Дополнительная панель настроек фильтра с заданной ИПХ дифференцирующего типа

Описание инструментов модуля ПОМЕХИ

На рисунке 3.37 показана панель инструментов, предназначенных для моделирования различного рода помех, использовавшихся при исследовании на математических моделях различных источников структурных помех.

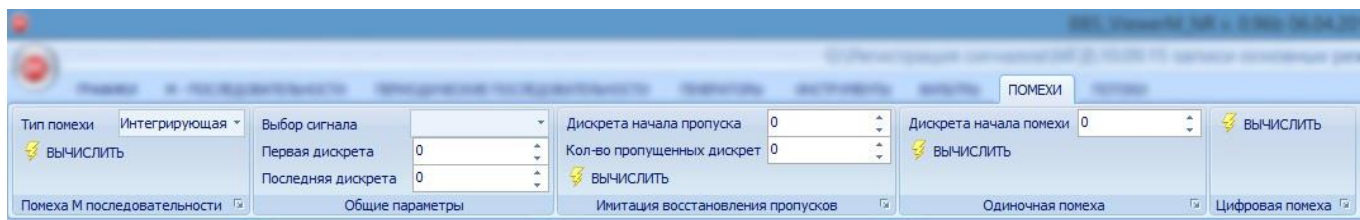


Рис. 3.37 Панель инструментов ПОМЕХИ

Инструмент “Помеха М-последовательности” реализует модель помехи, возникающей при прямом прохождении (пролезании) в измерительный канал ЭРК ШПС через паразитные электрические цепи цифровых сигналов, управляющих работой генератора зондирующих сигналов (в полевом эксперименте) или имитатора сигналов (в лабораторном эксперименте). В качестве цепей пролезания цифровых помех в измерительную схему модели простейших пассивных RC и RL цепей, которые в теории цепей называют инерционными звеньями первого порядка интегрирующего и дифференцирующего типа. Результирующий помеховый сигнал вычисляется как реакция данных цепей на проходящую через них идеальную биполярную М-последовательность. Подробно данный эксперимент описан в п. п. 4.4 отчета НИР НСРАН 2014, инв. № 4/14. Во вкладке “Тип помехи” приведенной на рисунке 3.38 пользователь может выбирать тип инерционного звена используемого при моделировании помехи. Необходимо отметить, что в данной модели реализована возможность использования различных типов инерционных звеньев для управляющих сигналов положительной и отрицательной полярности.

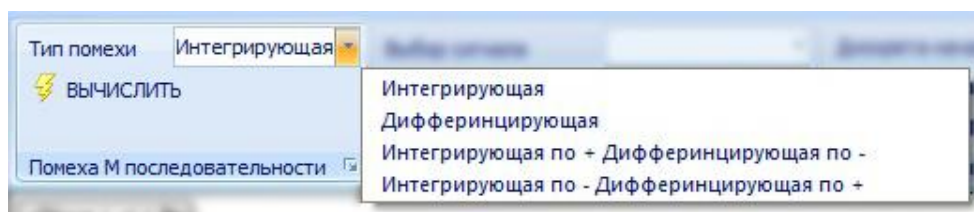


Рис. 3.38 Выбор типа помехи М-последовательности

Остальные настройки данного инструмента сосредоточены на дополнительной панели настроек, изображенной на рисунке 3.39.

Остальные инструменты данного модуля можно использовать для любого из сигналов или его части, поэтому процесс **выбора сигнала** является общим для всех инструментов данного модуля и доступен в панели “**Общие параметры**”. В данной вкладке также можно задать **первую дискрету**

и **последнюю дискрету** сигнала выбрав тем самым для обработки любую его часть. Причем при выборе сигнала в данные поля автоматически записывается первая и последняя дискрета выбранного сигнала.

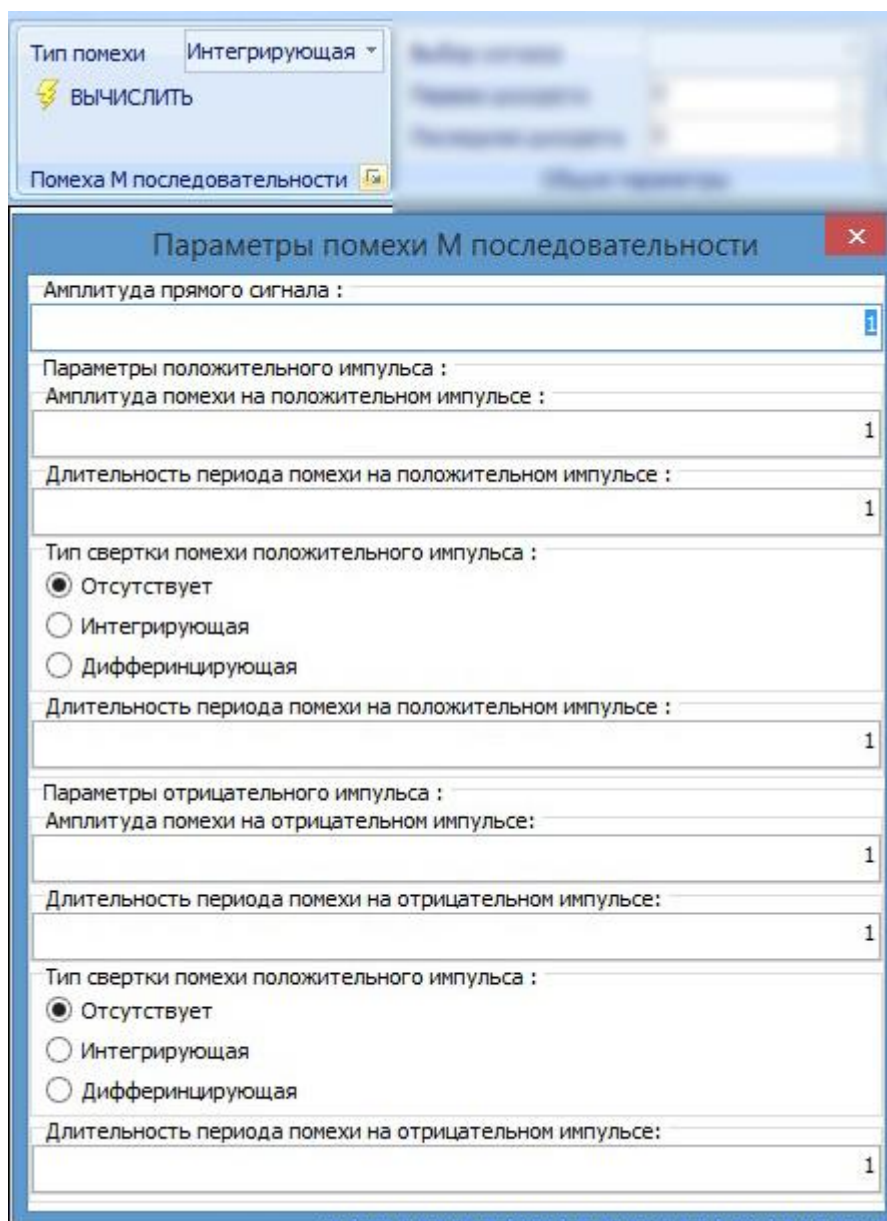


Рис. 3.39 Дополнительная панель настроек инструмента “помеха М-последовательности”

Инструмент “**Имитация восстановления пропусков**” был введен с целью оценки реакции алгоритмов обработки первичных данных регистрации на пропуск данных и различные алгоритмы их восстановления. Результатом работы данного инструмента является входной сигнал с вырезанным участком. Начальная дискрета и длина участка задаются во вкладках “**Дискрета начала пропуска**” и “**Количество пропущенных дискрет**” панели настроек данного инструмента

Инструмент “**Одиночная помеха**” служит для формирования импульсной помехи в виде одиночного импульса длительностью в одну дискрету по времени с заданной амплитудой (δ -

Описание инструментов модуля ПОТОКИ

На рисунке 3.42 показана панель инструментов, предназначенных для автоматизации основных модельных экспериментов, требующих значительных вычислительных ресурсов и вместе с тем не требующих реакции оператора в процессе вычисления.

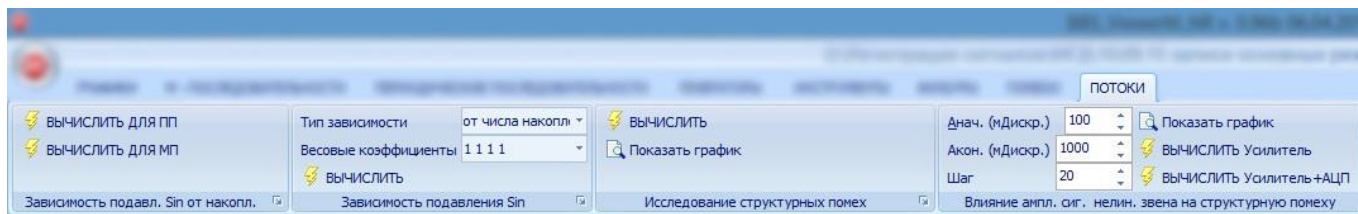


Рис. 3.42 Панель инструментов ПОТОКИ

Инструмент “Исследование подавления синусоидальной помехи” был разработан с целью исследования частотных свойств алгоритмов синхронного весового накопления и исследования характеристик подавления непрерывных промышленных помех и их гармонических составляющих алгоритмами цифровой обработки сигналов в измерительном комплексе ЭРК ШПС. Данные эксперименты подробно описаны в п. п. 4.1, 4.2 отчета НИР НСРАН 2014, инв. № 4/14. Основной задачей инструментов данной группы является автоматизированное вычисление амплитудно-частотных характеристик алгоритмов синхронного весового накопления и построение частотных характеристик подавления непрерывных промышленных помех частотой 50 Гц и их гармонических составляющих. Органы управления и настроек инструмента приведены на рисунках 3.43 – 3-46.

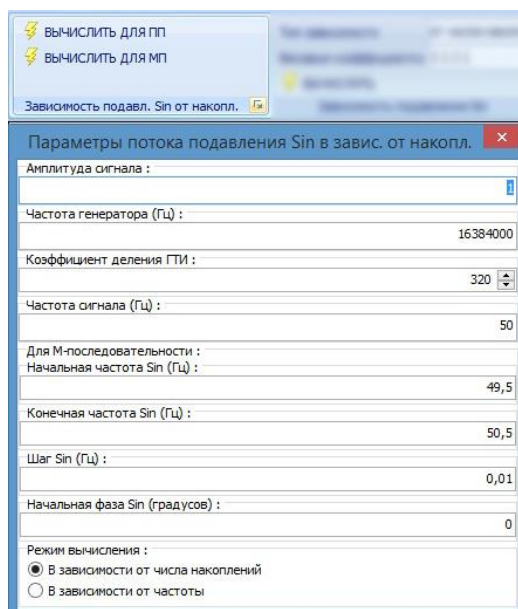


Рис. 3.43 Дополнительная панель настроек инструмента исследования зависимости коэффициента подавления синусоидальной помехи от количества накоплений

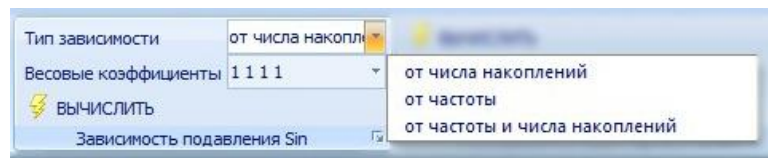


Рис. 3.44 Выбор типа исследуемой зависимости



Рис. 3.45 Выбор весовых коэффициентов для алгоритма синхронного весового накопления

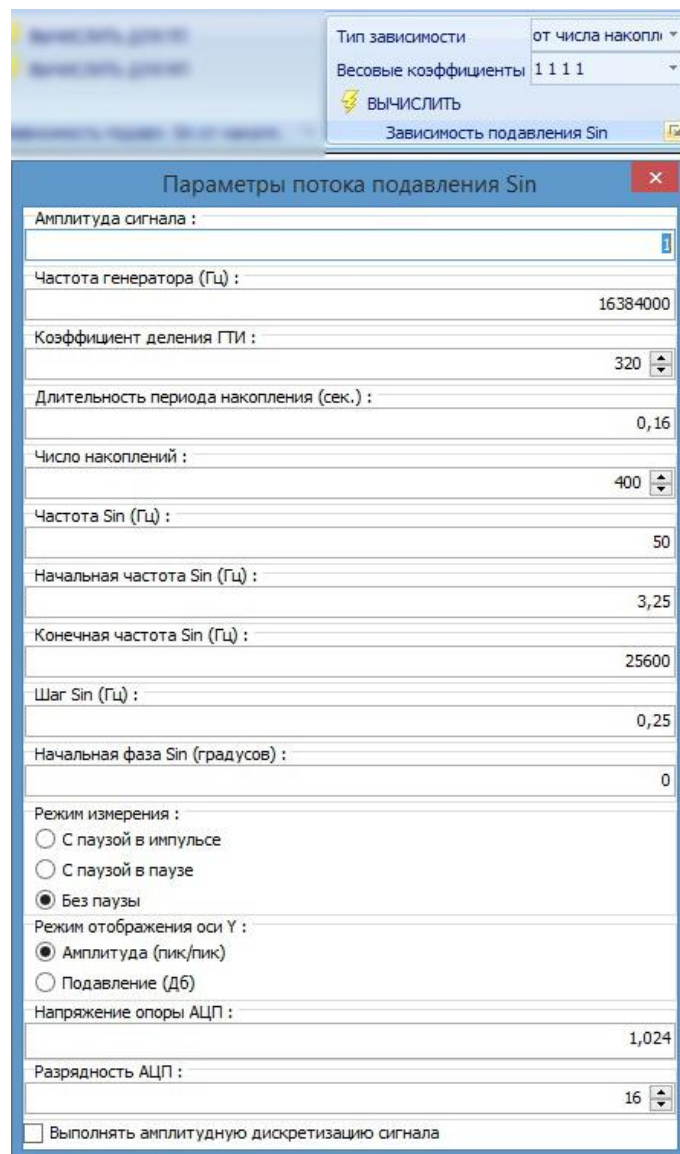


Рис. 3.46 Дополнительная панель настроек инструмента исследования частотных характеристик алгоритмов синхронного весового накопления

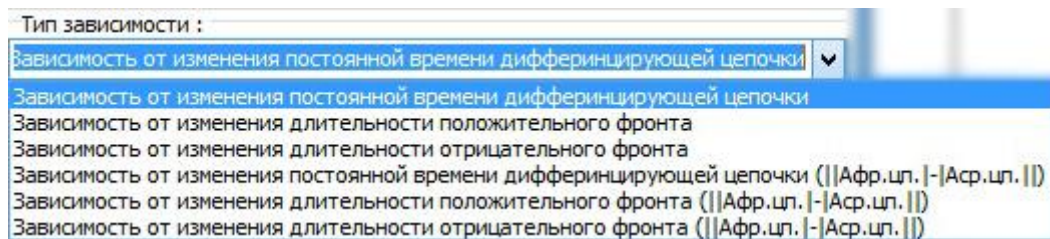


Рис. 3.48 Выбор типа исследуемой зависимости

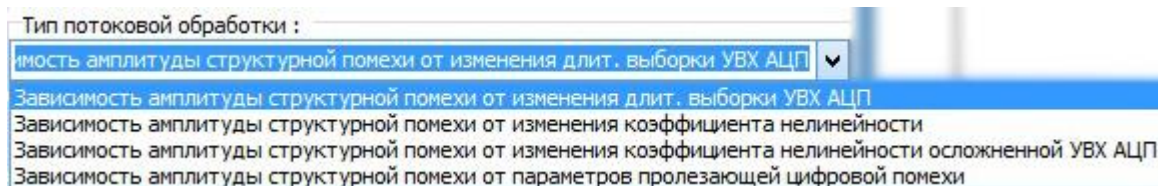


Рис. 3.49 Выбор типа потоковой обработки

Инструмент “**Влияние амплитуды сигнала нелинейного звена на структурную помеху**” был разработан с целью изучения зависимости амплитуды структурной помехи, возникающей после корреляционной обработки шумоподобных М-последовательностей от амплитуды первичного сигнала на входе нелинейного звена. Основной задачей данного инструмента является вычисление зависимости амплитуды структурной помехи от амплитуды первичного сигнала. Для построения графика пользователю необходимо задать начальную и конечную амплитуду входного сигнала и шаг изменения амплитуды в панели настроек инструмента. Следует отметить, что в качестве входного сигнала берется сигнал отклика среды на зондирующую М-последовательность с параметрами, заданными в панели настроек инструмента “Генератор отклика среды на М-последовательность”.

Заключение

Основной целью НИР, выполняемой в НСРАН (ЛПАР) в 2016 году по теме “Разработка аппаратно-программных средств и основ технологий электромагнитного мониторинга геодинамических процессов в сейсмоактивных зонах и оценки их опасностей”, была разработка комплекта эскизной технической и программной документации на новый, усовершенствованный геоэлектроразведочный измерительный комплекс с шумоподобными зондирующими сигналами ЭРКШПС. При разработке документации были учтены и устранены все выявленные при проведении в 2014 и 2015 годах лабораторных и полевых экспериментов недостатки ранее изготовленного макетного образца ЭРКШПС. В результате, в 2016 году в рамках выполнения НИР был разработан комплект эскизной технической и программной документации на новый усовершенствованный макетный образец измерительного комплекса ЭРКШПС, включающий:

1. техническую документацию на новый блок управления и регистрации сигналов (БУРС) и на блок питания для него (БПБУРС);
2. техническую документацию на новый индукционный датчик сигналов (ИДС);
3. техническую документацию на новый блок усиления и фильтрации сигналов (БУФС);
4. техническую документацию на новый имитатор сигналов (ИС);
5. документацию на пакет программных средств для нового макетного образца ЭРКШПС.

По разработанной документации были изготовлены новый блок управления и регистрации сигналов (БУРС) и блок питания для него (БПБУРС).

Из-за большого объема и высокой трудоемкости выполняемых работ не удалось в полной мере выполнить разработку технической документации на новый усовершенствованный генератор зондирующих сигналов (ГЗС). До конца 2016 года разработку ГЗС планируется завершить.

На основании выше изложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель запланированных на 2016 год работ в целом была достигнута.

В 2017 году планируется завершить работы по изготовлению макетного образца усовершенствованного измерительного комплекса ЭРКШПС и провести лабораторные и полевые проверки его на соответствие новым требованиям к техническим характеристикам.

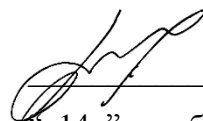
Список использованных источников

1. Богданов А.Ф., Васин В.В., Ильин В.А. и др. Справочник по теоретическим основам радиоэлектроники, под ред. Б.Х. Кривицкого в 2-х томах, Т2, М., “Энергия”, 1977. с. 334-339.
2. Гутников В.С. Фильтрация измерительных сигналов. / Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1990. – 131 с.
3. Джонсон Д. и др. Справочник по активным фильтрам: Пер. с англ. / Д. Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – с. 17, 18.
4. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. / Смоленцев Н. К. М.: ДМК Пресс, 2005. с. 33-43.
5. Проявление геодинамических процессов в геофизических полях. / Волыхин А. М., Брагин В.Д., Зубович А. В. и др. М.: Наука. 1993. с. 67 - 71.
6. Ильичев П. В. Технологические аспекты применения шумоподобных сигналов в системах активной геоэлектроразведки, математическое моделирование. // Материалы докладов Пятого международного симпозиума “Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов”. Москва - Бишкек, 2012. Том 2. с. 165 - 178.
7. Диксон Р. К. Широкополосные системы: Пер. с англ./ Под ред. В. И. Журавлева.-М.: Связь, 1979.- 304 с.

Приложение А

Утверждаю:

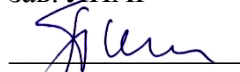
кандидат ф.м.н., зав. ЛКИ


В.Д. Брагин
14 ” декабря 2016 г.

Блок управления и регистрации сигналов
альбом схем и чертежей
НСРАН 010.01.000 АС

Проверил:

зав. ЛПАР


П.В. Ильичев
9 ” ноября 2016 г.

Разработали:

м.н.с. ЛПАР


О.А. Лашин

м.н.с. ЛПАР


М.О. Лисимов
8 ” ноября 2016 г.

Бишкек, 2016

Инв. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Инв. №	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Поз.	Перв. примен.	
																	Лит.
						<u>Документация</u>											
					НСРАН 10.01.000 СБ	Блок управления и регистрации сигналов, чертеж сборочный											
					НСРАН 10.01.000 ПЗЗ	Блок управления и регистрации сигналов, перечень элементов											
					НСРАН 10.01.000 ЭЗ	Блок управления и регистрации сигналов, схема электрическая принципиальная											
						<u>Сборочные единицы</u>											
					1 НСРАН 10.01.001	Генератор тактовых импульсов	1	A1									
					2 НСРАН 10.01.002	Преобразователь аналогово-цифровой	1	A7									
					3 НСРАН 10.01.003	Формирователь M-последовательности	1	A4									
					НСРАН 10.01.000												
	Разраб. Проб.	Савченко Лашин				Блок управления и регистрации сигналов (БУРС)	Лит.	Лист	Листов								
	И.контр. Утв.	Ильичёв					Э	1	4								

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		6	НСРАН 10.01.004	Формирователь сигналов выборки М-последо- вательности	1	A3
		8	НСРАН 10.01.005	Формирователь периоди- ческих последователь- ностей	1	A2
		10	НСРАН 10.01.006	Коммутатор сигналов	1	A8
		11	SK-AT91SAM9G45	Микроконтроллер	1	A6
		12	НСРАН 10.01.026	Плата переходная	1	A5
				<u>Детали</u>		
		16	НСРАН 10.01.011	Основание	1	
		18	НСРАН 10.01.012	Крышка верхняя	1	
		19	НСРАН 10.01.013	Панель боковая	2	
		21	НСРАН 10.01.014	Планка №1	2	
		23	НСРАН 10.01.015	Планка №2	2	
		24	НСРАН 10.01.016	Панель задняя	1	
		25	НСРАН 10.01.017	Панель лицевая	1	

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НСРАН 10.01.000	Лист
						2

Копировал

Формат А4

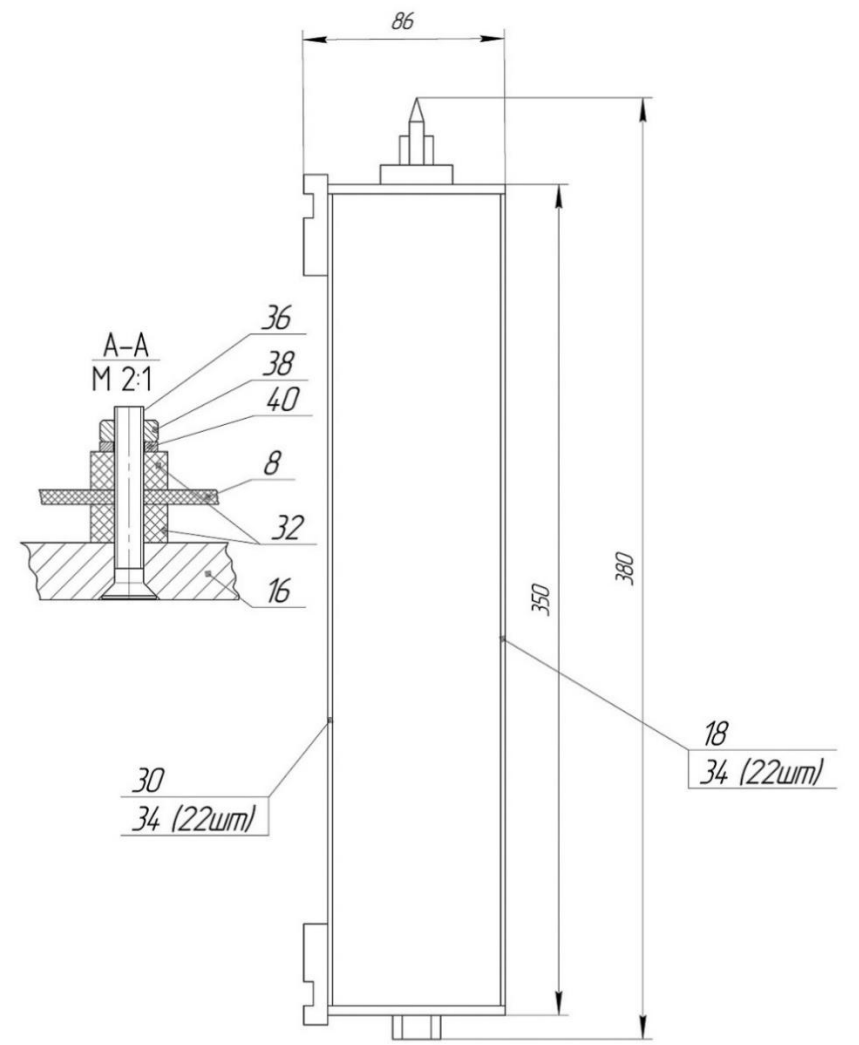
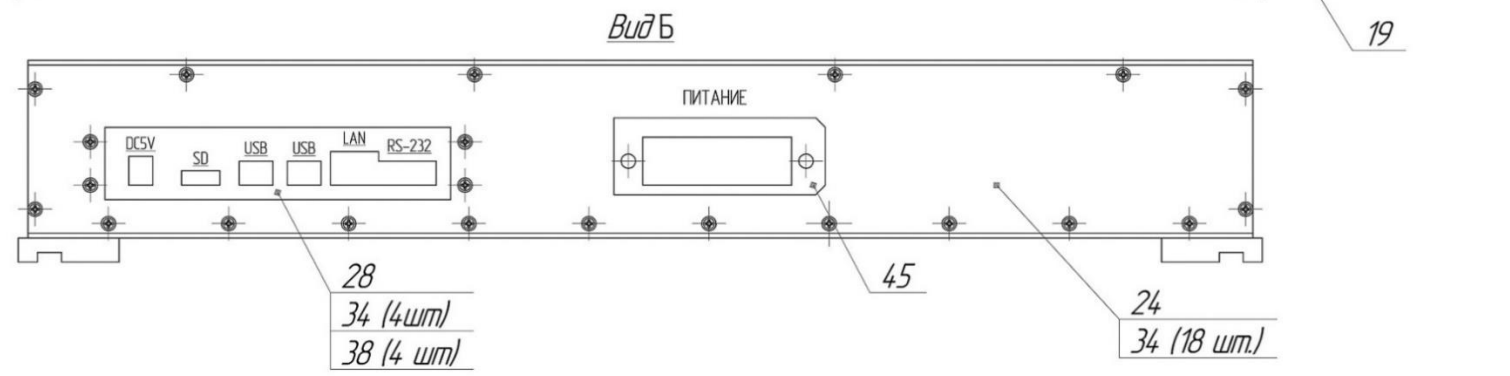
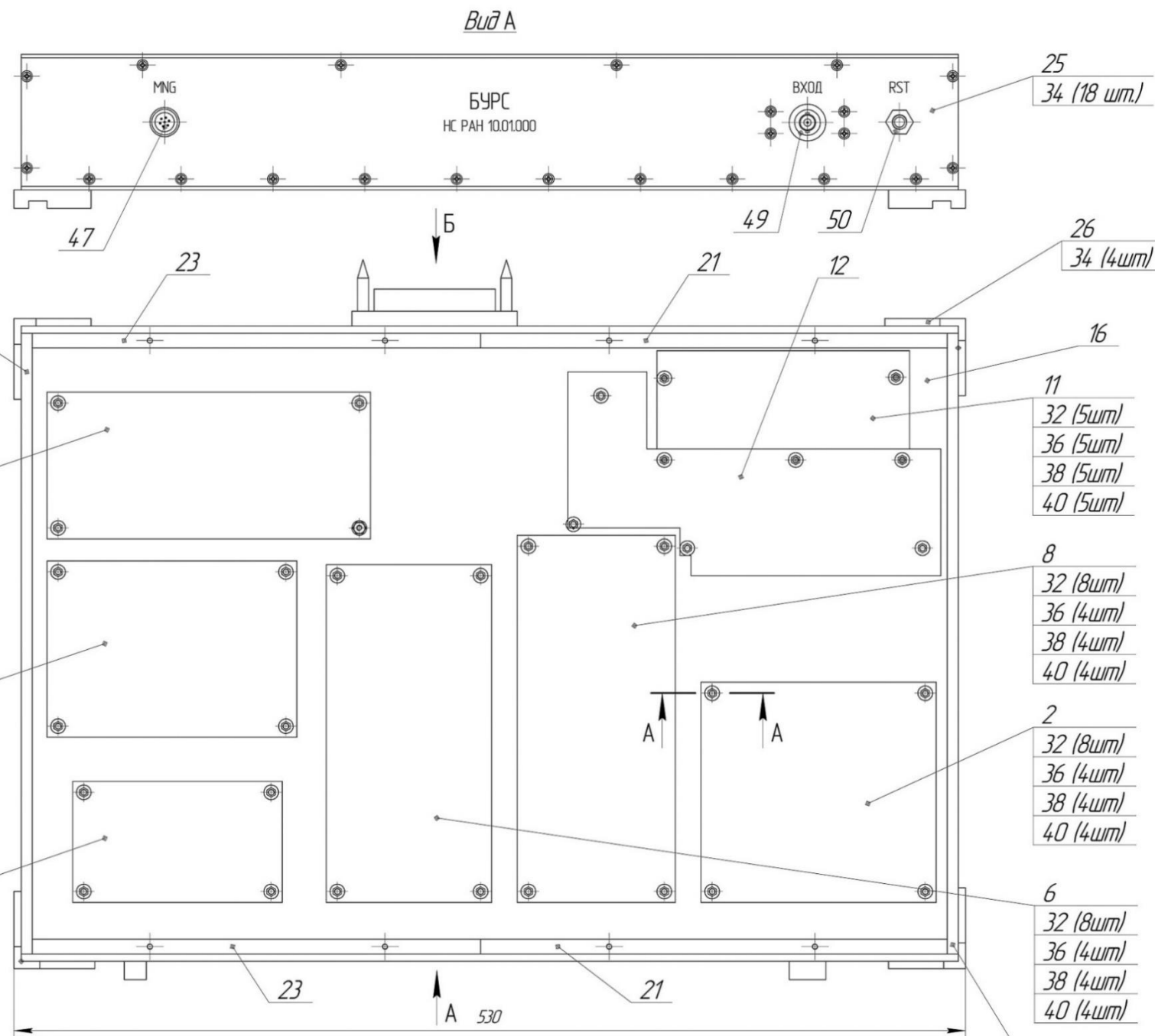
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		26	НСРАН 10.01.018	Ножка	4	
		28	НСРАН 10.01.019	Пластина	1	
		30	НСРАН 10.01.020	Крышка нижняя	1	
		32	НСРАН 10.01.021	Втулка	58	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		34		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М3 x 10-Н	82	
		36		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М3 x 20-Н	29	
		38		Гайка М3-6Н ГОСТ 5916-70	33	
		40		Пружинная шайба 3Л ГОСТ 6402-70	33	
		41		Винт с цилиндрической головкой ГОСТ Р ИСО 1207 - М3 x 20	13	

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НСРАН 10.01.000	Лист
						3

Копировал

Формат А4



1. Размеры для справок.
2. На главном виде крышка поз. 18 не показана.
3. Шрифт ПО-6.

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

НС РАН 10.01.000 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	3		1:2
Разраб.	Савченко			Лист	Листов	1
Проб.	Лашин					
Т.контр.	Бабровский					
Н.контр.						
Утв.	Ильичев					

Копировал Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

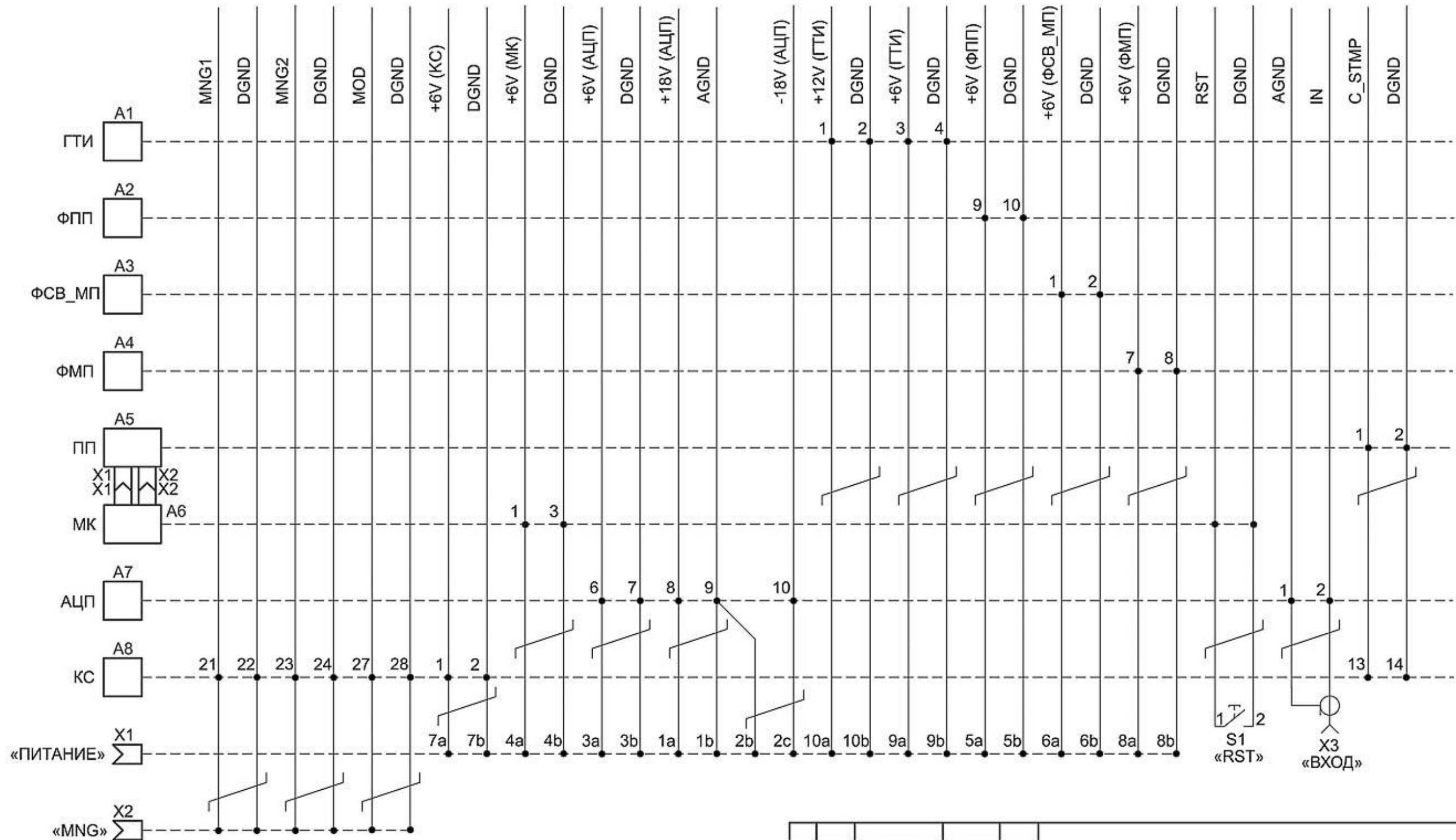
Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



				НСРАН 10.01.000 Э3		
				Блок управления и регистрации сигналов, схема электрическая принципиальная		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лашин			Э		
Провер.	Бобровский					
Т.контр.				Лист 1	Листов 3	
Н.контр.	Ильичев					
Утв.	Ильичев					

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

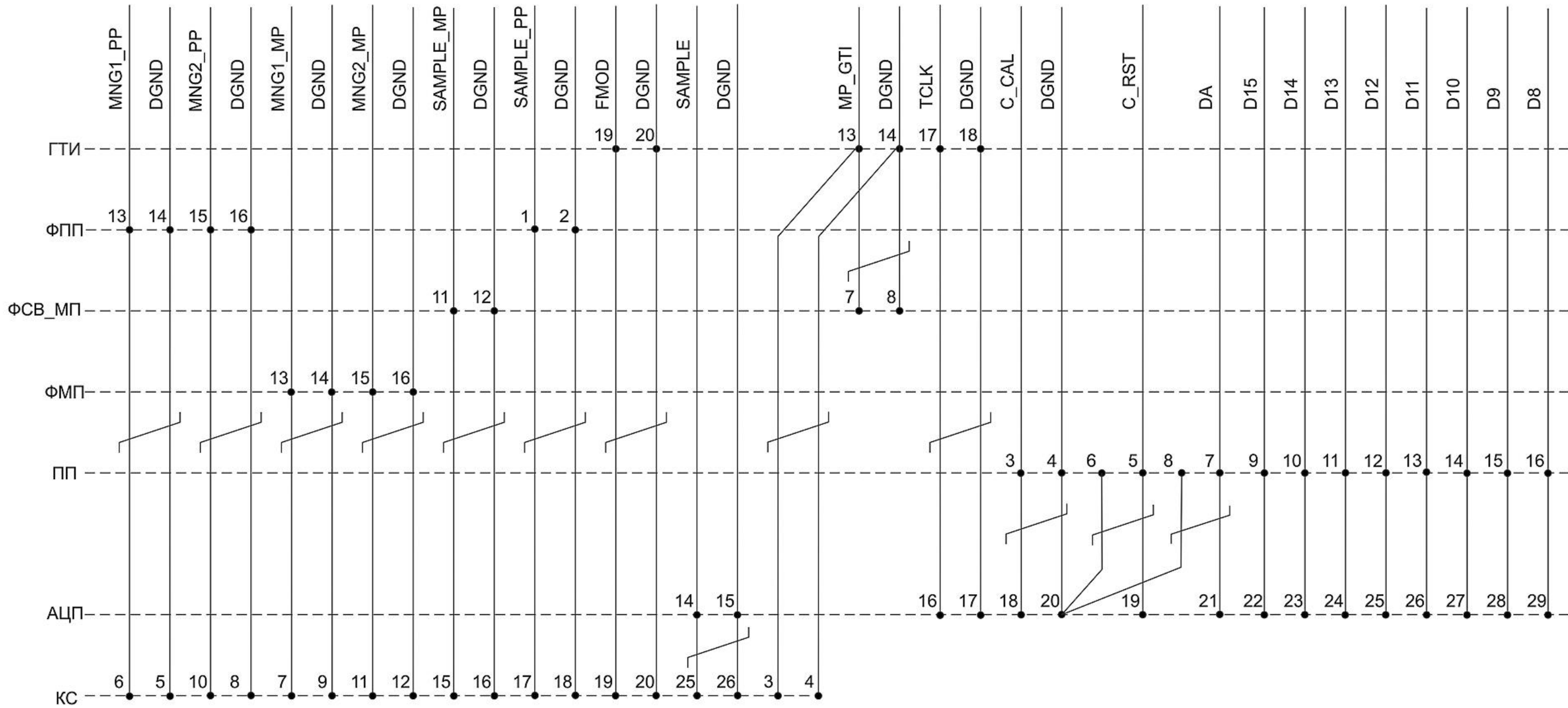
Изн. № подл.

Взам. инв. №

Изн. № дубл.

Подп. и дата

Изн. № подл.



Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата

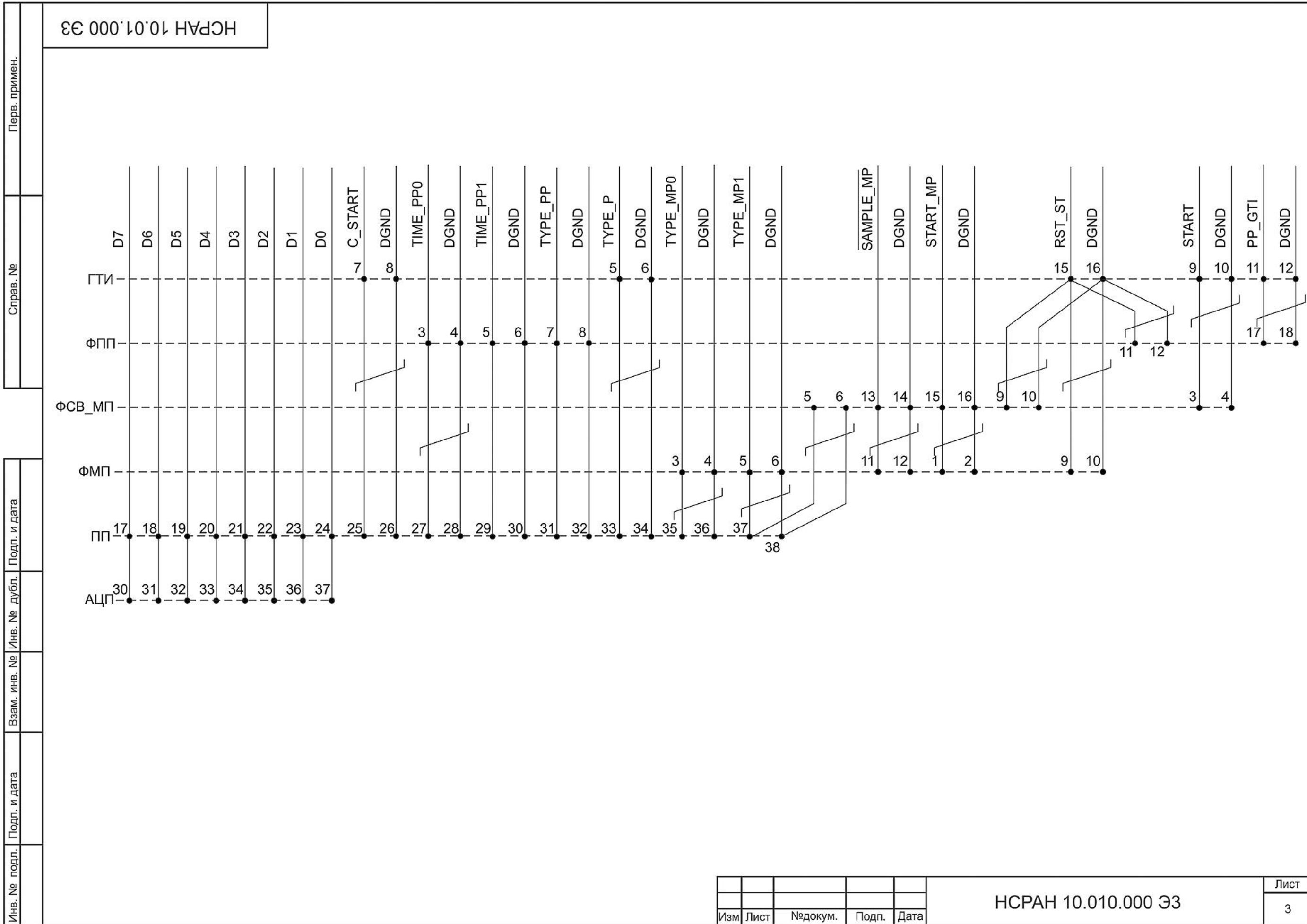
НСРАН 10.01.000 Э3

Лист

2

Копировал

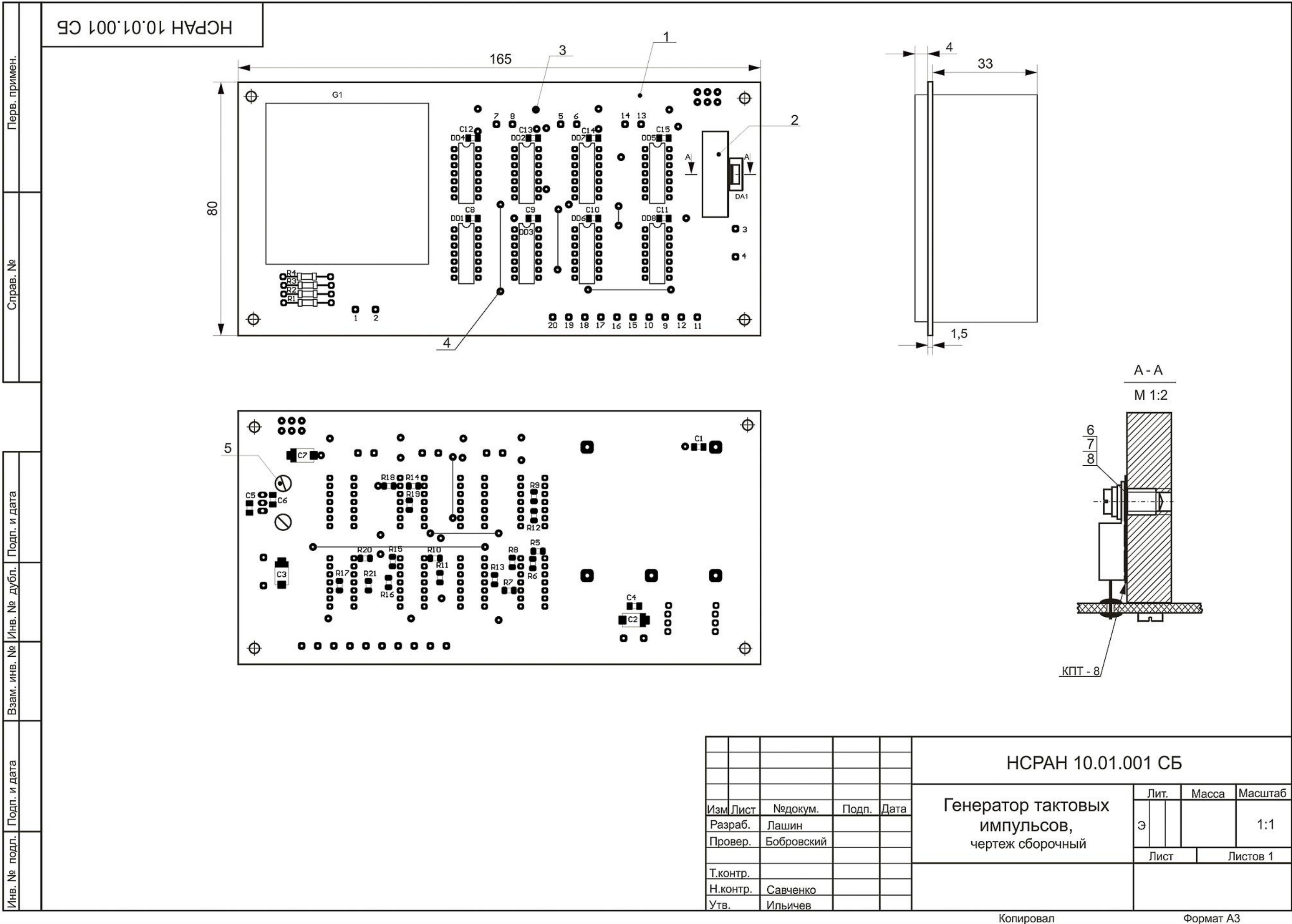
Формат А3



Инвар. №	Инв. №	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.
----------	--------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	НСРАН 10.010.000 Э3	Лист
						3

Копировал _____ Формат А3



Перв. примен.
Справ. №

Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
Дата	Дата	Дата	Дата	Дата	Дата
Подп.	Подп.	Подп.	Подп.	Подп.	Подп.
Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №
Дата	Дата	Дата	Дата	Дата	Дата
Подп.	Подп.	Подп.	Подп.	Подп.	Подп.

НСРАН 10.01.001 СБ

Изм. Лист	Недокум.	Подп.	Дата	<p>Генератор тактовых импульсов, чертеж сборочный</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лашин				Э		1:1
Провер.	Бобровский				Лист	Листов 1	
Т.контр.							
Н.контр.	Савченко						
Утв.	Ильичев						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование				Кол.	Примечание	
Справ. №		<u>Конденсаторы</u>						
	C1	SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206				1		
	C2, C3	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D				2		
	C4, C5	SMD - Y5V - 50B - 1,0 мкФ ± 20% - 1206				2		
	C6	SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206				1		
	C7	Тант. SMD - 16 В - 10,0 мкФ ± 20% - C				1		
	C8 - C15	SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206				8		
		<u>Микросхемы</u>						
	DA1	KP1158EH5B				1		
	DD1	SN74ALS74AN				1		
	DD2	SN74ALS32N				1		
	DD3	SN74ALS02AN				1		
	DD4	SN74ALS74AN				1		
	DD5	SN74ALS08N				1		
	DD6	SN74ALS74AN				1		
DD7	SN74HC74N				1			
DD8	SN74ALS08N				1			
	G1	Генератор ГК75 - TC 16 384 000 Гц				1		
		<u>Резисторы</u>						
	R1	C2 - 36 - 0,125 - 1,15 кОм ±0,5%				1		
	R2	C2 - 36 - 0,125 - 2,49 кОм ±0,5%				1		
	R3	C2 - 36 - 0,125 - 3,09 кОм ±0,5%				1		
	R4	C2 - 36 - 0,125 - 5,36 кОм ±0,5%				1		
		НСРАН 10.01.001 ПЭЗ						
		Генератор тактовых импульсов, перечень элементов				Лит.	Масса	Масштаб
	Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Э		
	Разраб.	Лашин						
	Провер.	Бобровский						
	Т.контр.					Лист 1	Листов 2	
	Н.контр.	Ильичев						
	Утв.	Ильичев						

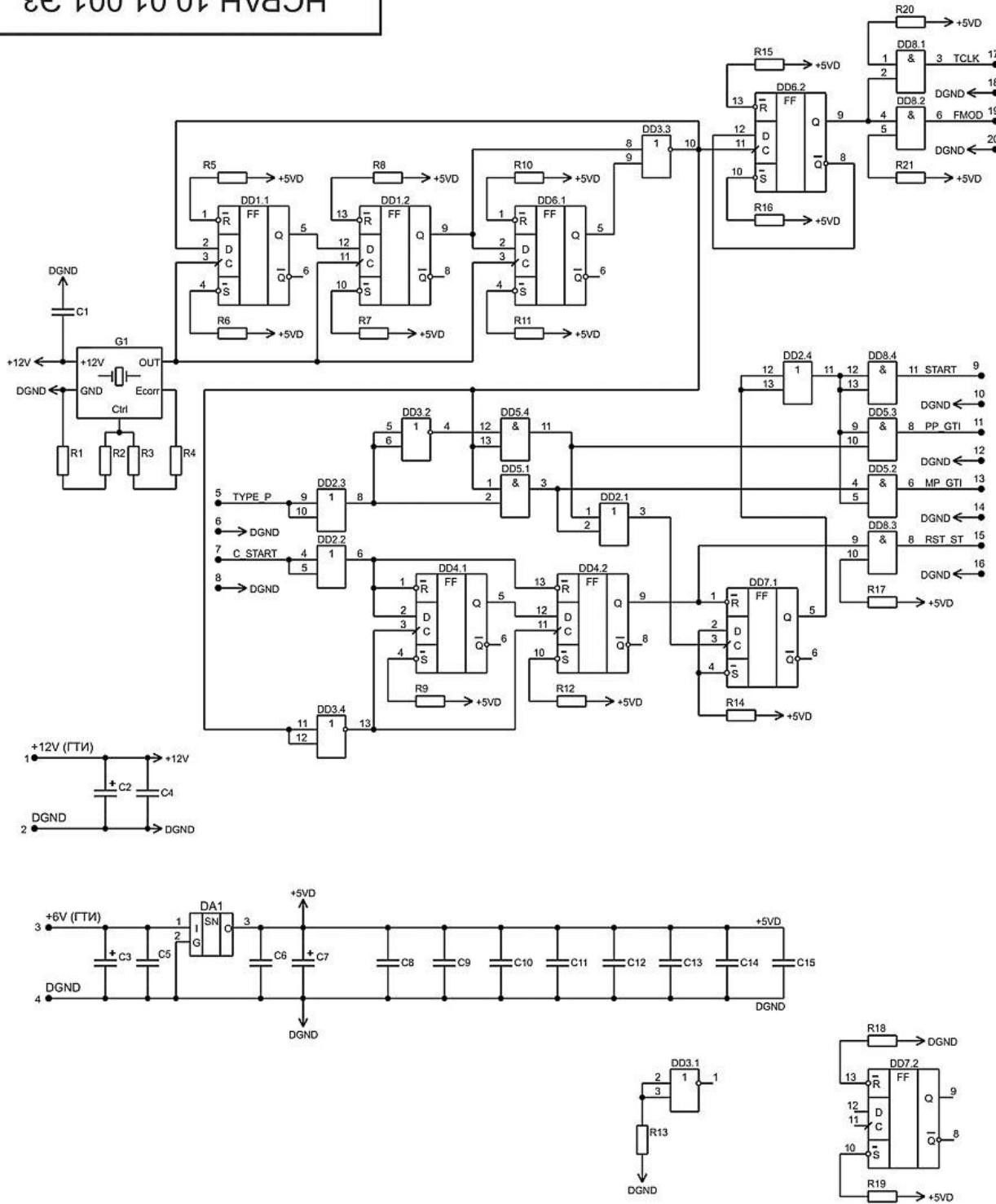
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.001 ЭЗ

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Ильичев		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.01.001 ЭЗ

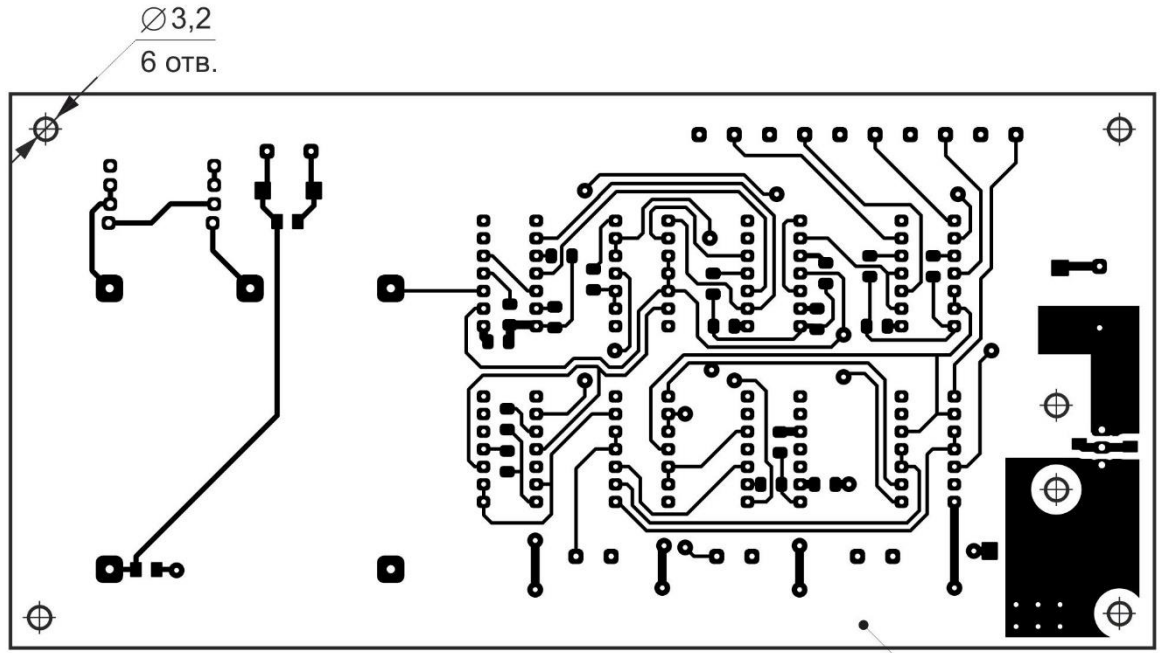
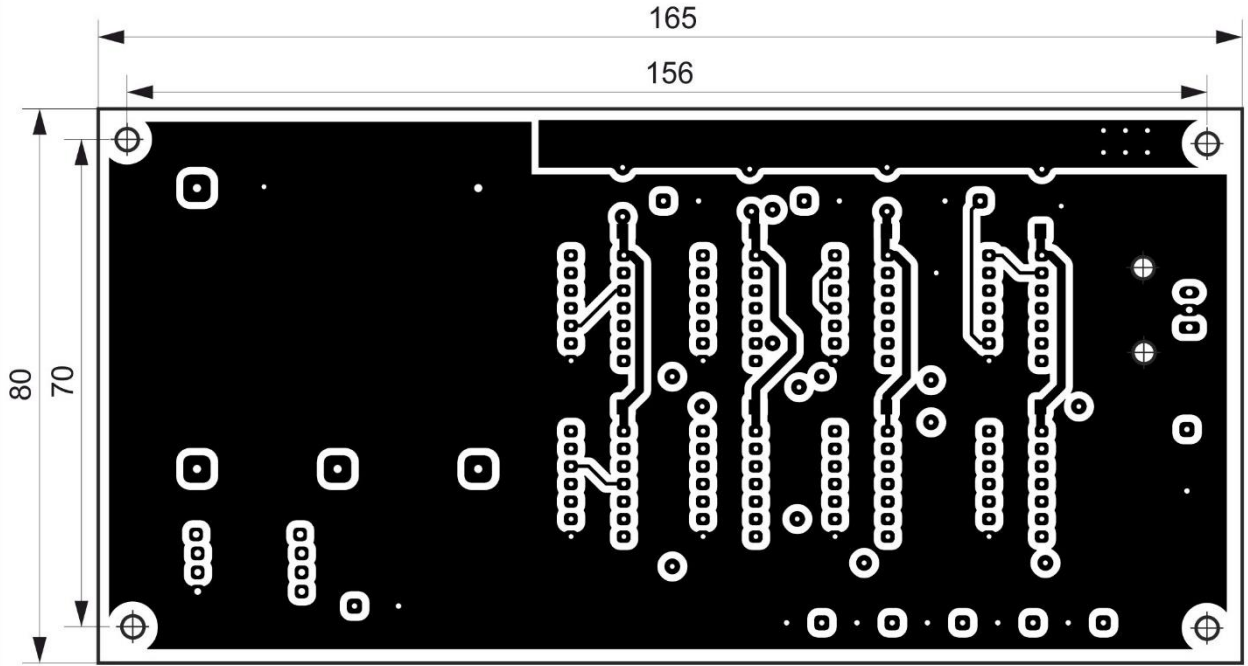
**Генератор тактовых импульсов,
схема электрическая
принципиальная**

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист	Листов 1	

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.008



1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

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

Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.01.008

Плата печатная ГТИ

Стеклотекстолит фольгированный
двусторонний, толщина 1,5 мм
СФ-2-35Г

Лит.	Масса	Масштаб
э		1:1
Лист	Листов 1	

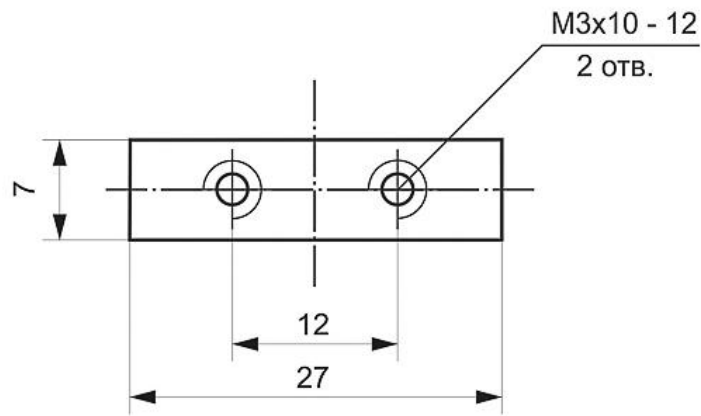
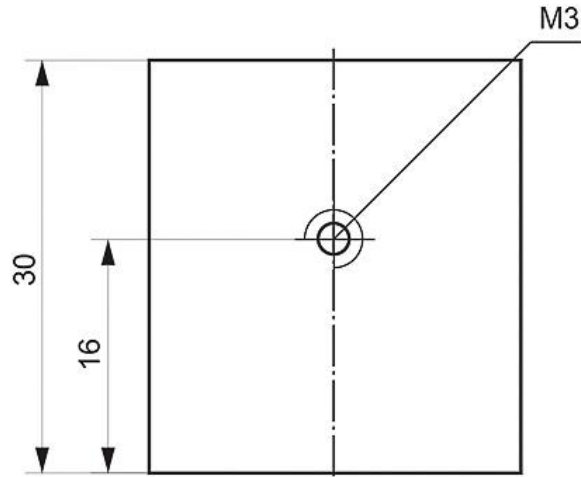
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.023

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.01.023

Радиатор

Лист АМГ 6
толщина 8 мм

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:2
Лист	Листов 1	

Копировал

Формат А4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.								
												Справ. №								
									Прочие изделия											
									Конденсаторы											
									Тант. SMD - 16 В - 100,0 мкФ ± 20% - D	1	C5									
									Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	7	C1, C2, C4,									
											C6, C7, C23,									
											C24									
									Тант. SMD - 16 В - 10,0 мкФ ± 20% - C	8	C3, C16 - C19,									
											C29, C31, C36									
									SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206	1	C35									
									SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	31	C8 - C15,									
											C20 - C22,									
											C25 - C28, C30,									
											C32 - C34,									
											C37 - C48									
									Микросхемы											
									AMS1117 - 3,3	1	DA1									
									KP1158EH5B	1	DA2									
									AD797JN	1	DA3									
									MC7815CT	1	DA4									
									MC7915CT	1	DA5									
									MC78L12ACP	1	DA6									
									MC79L12ACP	1	DA7									
									AD767JN	1	DA8									
									AD586JN	1	DA9									
									SN74ALS08N	1	DD1									
									SN74ALS32N	1	DD2									
									SN74ALS02AN	1	DD3									
									SN74ALS74AN	3	DD4, DD5, DD7									
									SN74LVC04AD	3	DD6, DD10,									
											DD11									
									НСРАИ 10.01.002										Лист	
Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата																

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.002 СБ

Перв. примен.

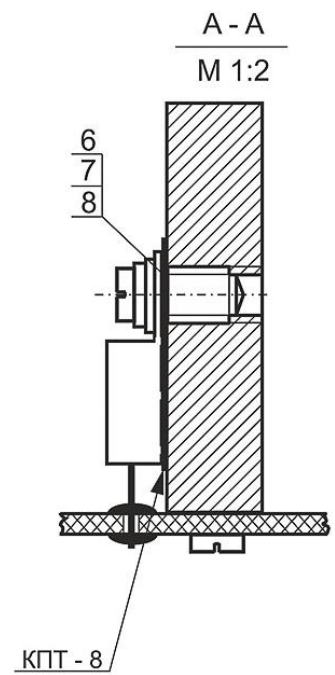
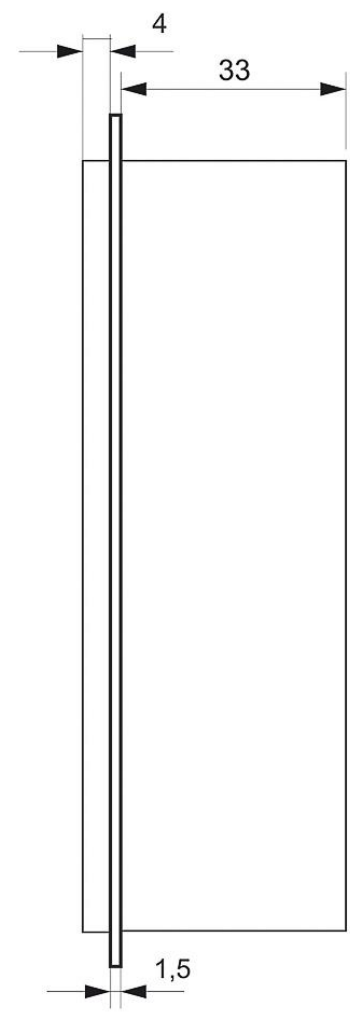
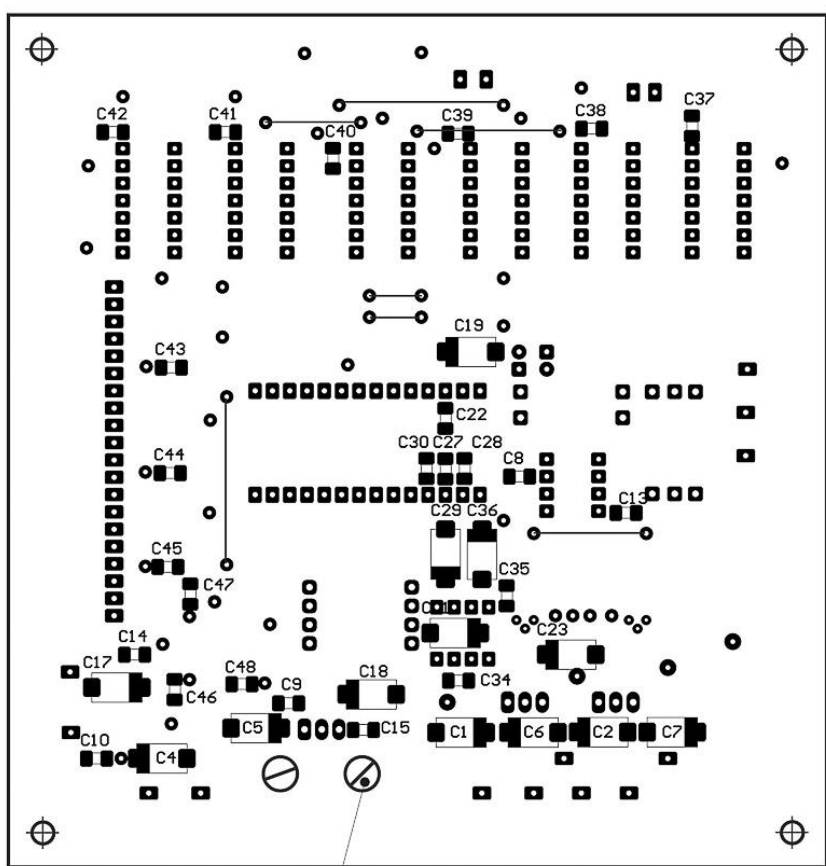
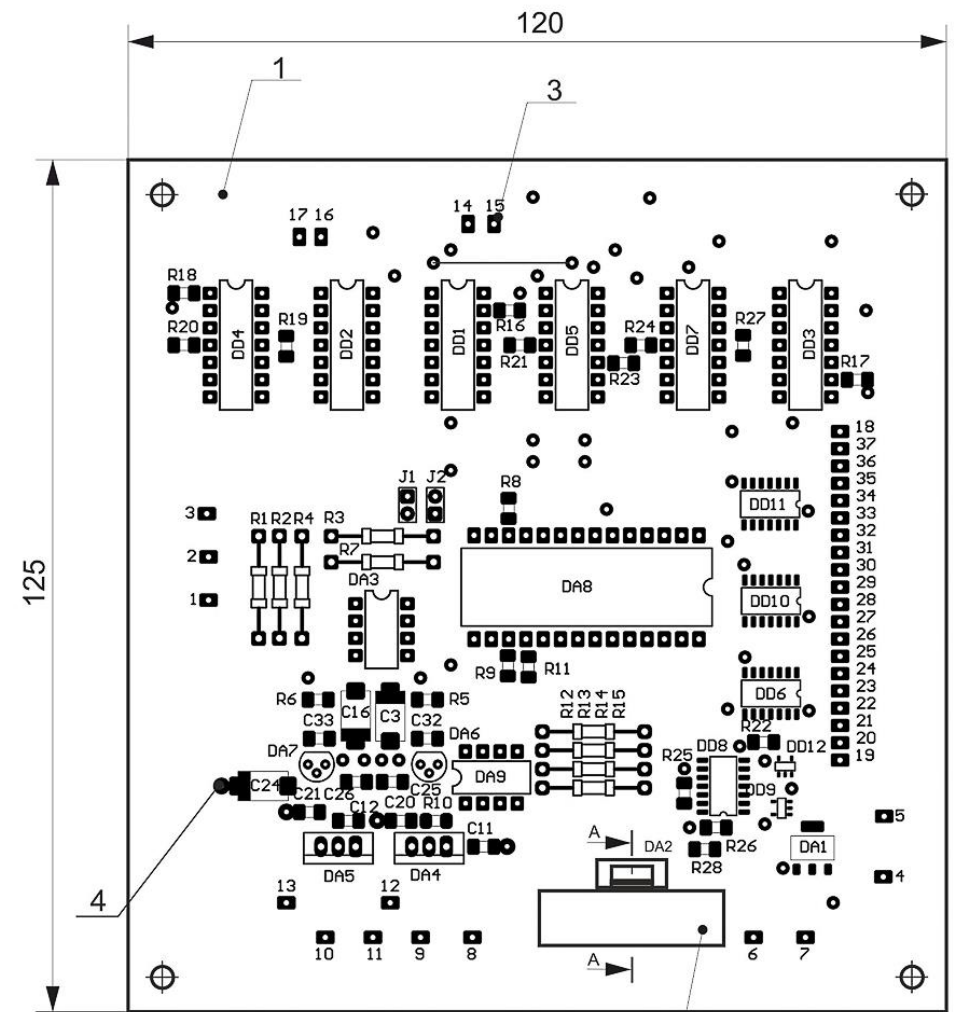
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



				НСРАН 10.01.002 СБ			
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					Э		1:1
Разраб.		Лашин					
Провер.		Бобровский					
Т.контр.							
Н.контр.		Савченко					
Утв.		Ильичев					
					Лист	Листов 1	

Копировал

Формат А3

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
<u>Конденсаторы</u>								
C1, C2	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	2						
C3	Тант. SMD - 25 В - 10,0 мкФ ± 20% - C	1						
C4	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	1						
C5	Тант. SMD - 16 В - 100,0 мкФ ± 20% - D	1						
C6, C7	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	2						
C8 - C15	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	8						
C16 - C19	Тант. SMD - 25 В - 10,0 мкФ ± 20% - C	4						
C20 - C22	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	3						
C23, C24	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	2						
C25 - C28	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	4						
C29	Тант. SMD - 25 В - 10,0 мкФ ± 20% - C	1						
C30	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	1						
C31	Тант. SMD - 25 В - 10,0 мкФ ± 20% - C	1						
C32 - C34	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	3						
C35	SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206	1						
C36	Тант. SMD - 25 В - 10,0 мкФ ± 20% - C	1						
C37 - C48	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	12						
<u>Микросхемы</u>								
DA1	AMS1117 - 3,3	1						
DA2	KP1158EH5B	1						
DA3	AD797JN	1						
DA4	MC7815CT	1						
DA5	MC7915CT	1						
DA6	MC78L12ACP	1						
НСРАН 10.01.002 ПЭЗ								
Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Аналого - цифровой преобразователь, перечень элементов	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лашин					Э		
Провер.	Бобровский					Лист 1	Листов 3	
Т.контр.								
Н.контр.	Ильичев							
Утв.	Ильичев							

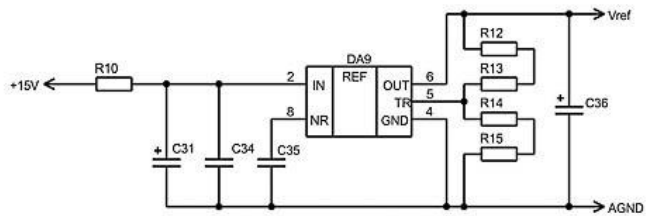
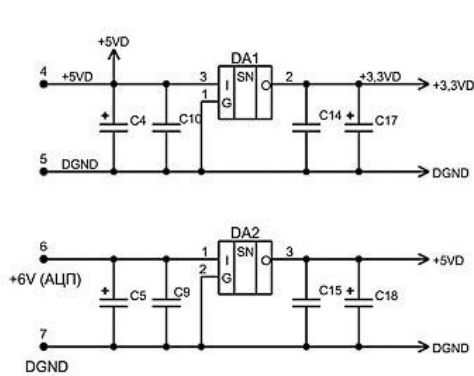
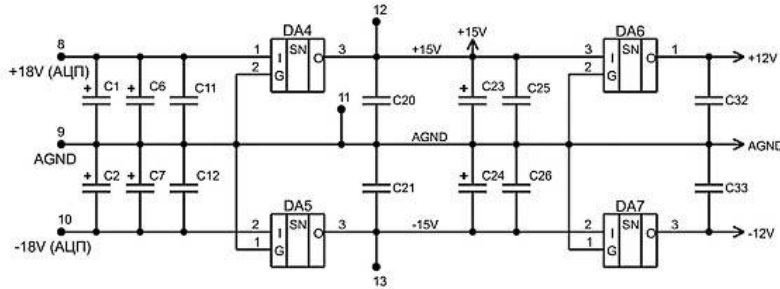
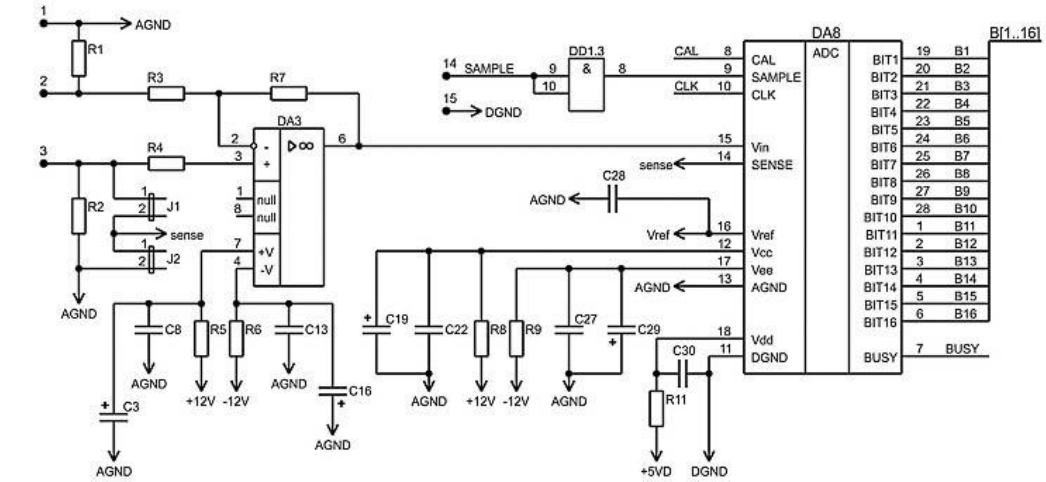
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.002 Э3

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Ильичев		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.01.002 Э3

Аналого - цифровой преобразователь,
схема электрическая принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист 1		Листов 2

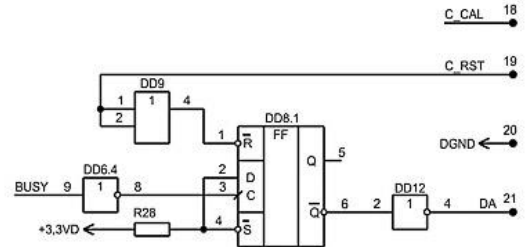
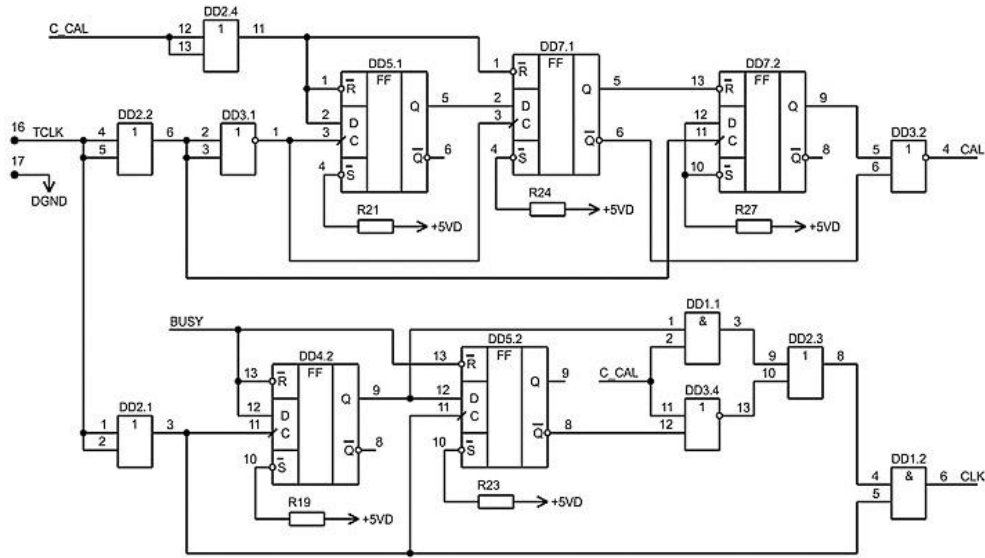
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.002 Э3

Перв. примен.

Справ. №



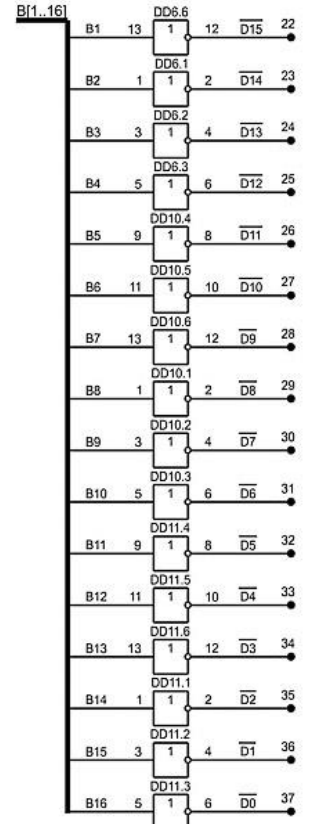
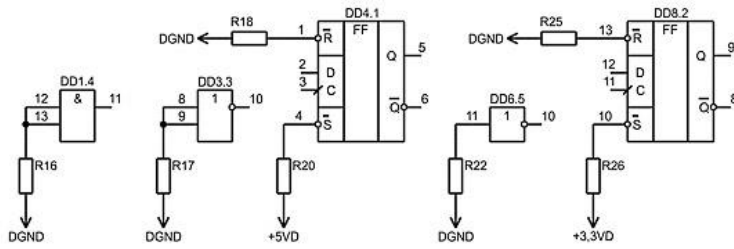
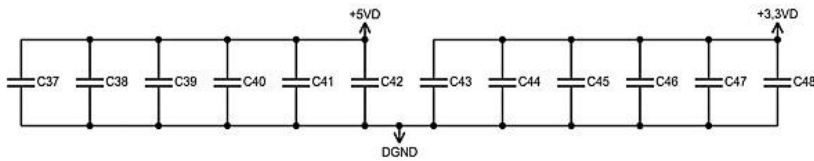
Подп. и дата

Инва. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инва. № подл.



Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата

НСРАН 10.01.002 Э3

Лист

2

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.009

Перв. примен.

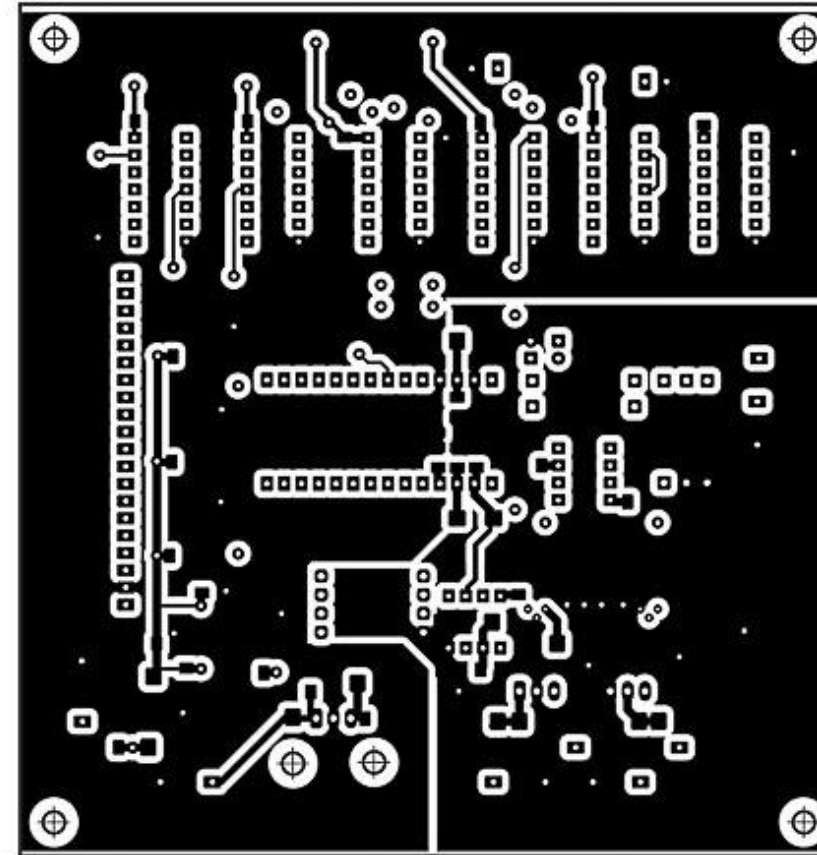
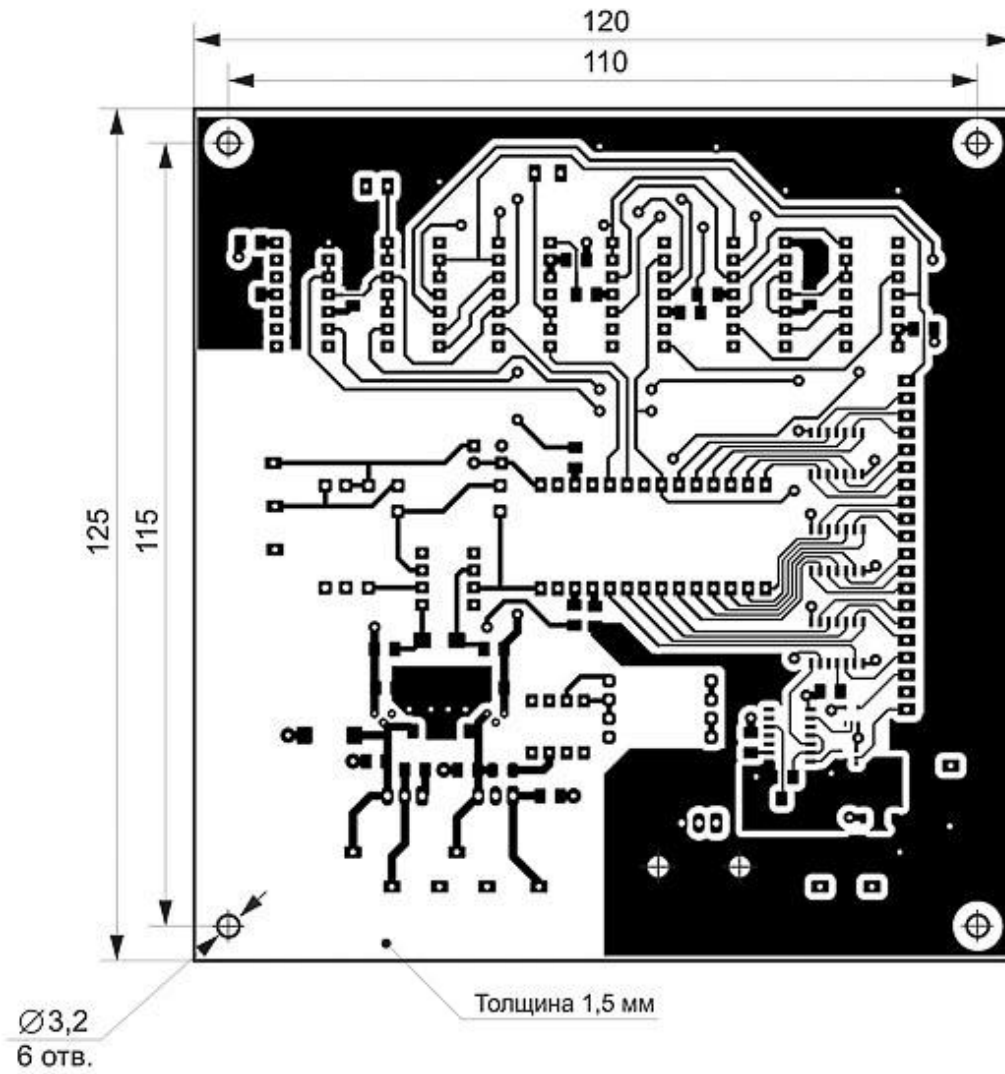
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

				НСРАН 10.01.009			
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					Э		1:1
Разраб.		Лашин					
Провер.		Бобровский					
Т.контр.					Лист	Листов 1	
Н.контр.		Савченко			Стеклотекстолит фольгированный двусторонний, толщина 1,5 мм СФ-2-35Г		
Утв.		Ильичев					

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

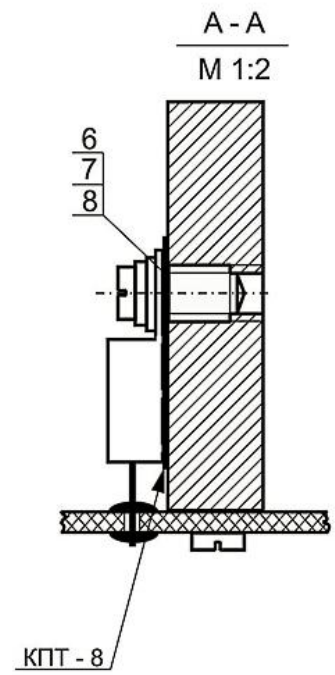
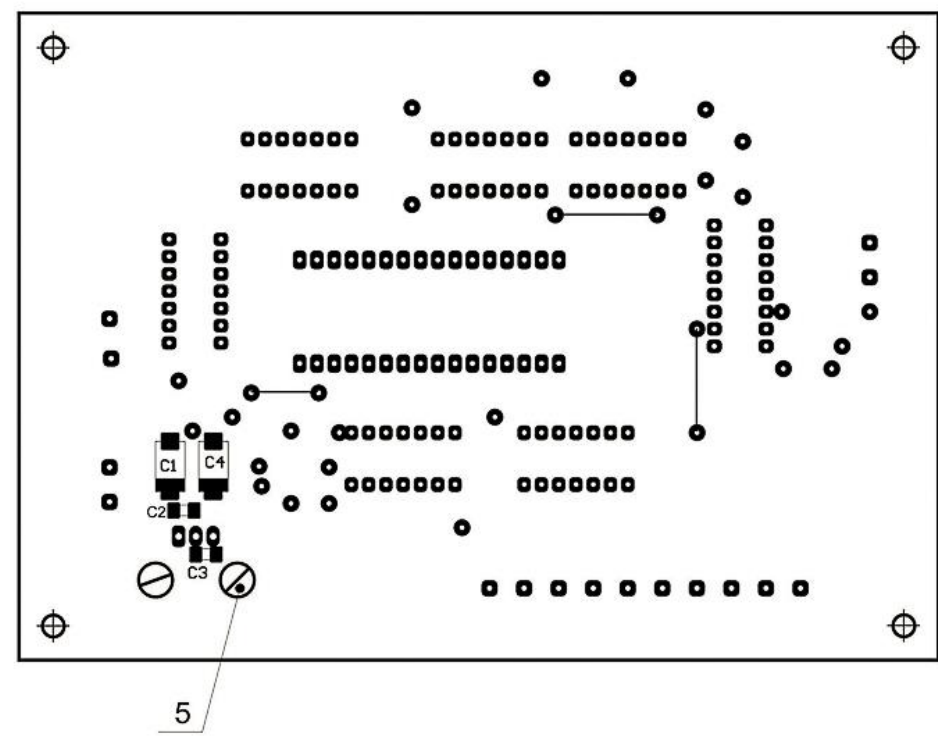
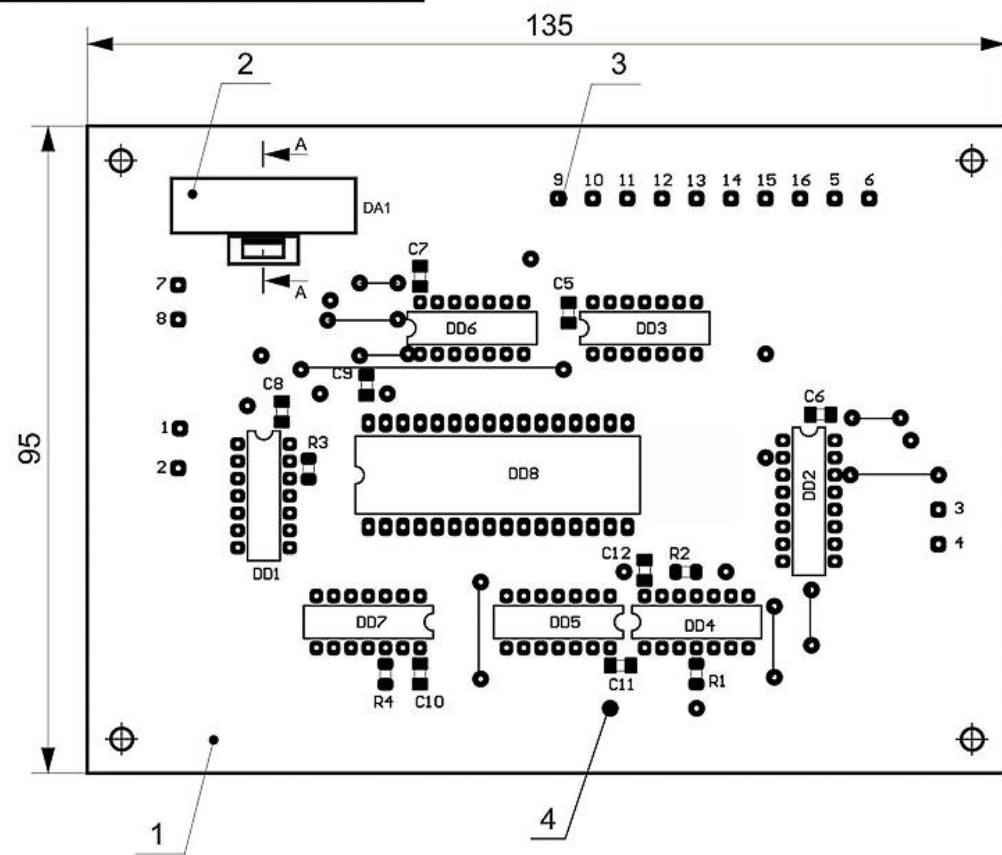
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



				НСРАН 10.01.003 СБ				
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Формирователь М-последовательности, чертеж сборочный	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лашин					Э		1:1
Провер.	Бобровский					Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.	Савченко							
Утв.	Ильичев							

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
		<u>Конденсаторы</u>						
	C1	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	1					
	C2	SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206	1					
	C3	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	1					
	C4	Тант. SMD - 16 В - 10,0 мкФ ± 20% - C	1					
	C5 - C12	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	8					
		<u>Микросхемы</u>						
Справ. №	DA1	KP1158EH5B	1					
	DD1	SN74ALS00AN	1					
	DD2	SN74ALS153N	1					
	DD3	SN74ALS08N	1					
	DD4	KP1533TM2	1					
	DD5 - DD7	KP1533IE19	3					
	DD8	W27C02 - 70Z	1					
	<u>Резисторы</u>							
Подп. и дата	R1, R2	SMD - 0,25 - 10 кОм ± 5% - 1206	2					
	R3, R4	SMD - 0,25 - 0 Ом ± 5% - 1206	2					
Инв. № дубл.								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
НСРАН 10.01.003 ПЭЗ								
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Формирователь М-последовательности, перечень элементов	Лит.	Масса	Масштаб
						э		
Разраб.	Лашин					Лист	Листов 1	
Провер.	Бобровский							
Т.контр.								
Н.контр.	Ильичев							
Утв.	Ильичев							

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.003 ЭЗ

Перв. примен.

Справ. №

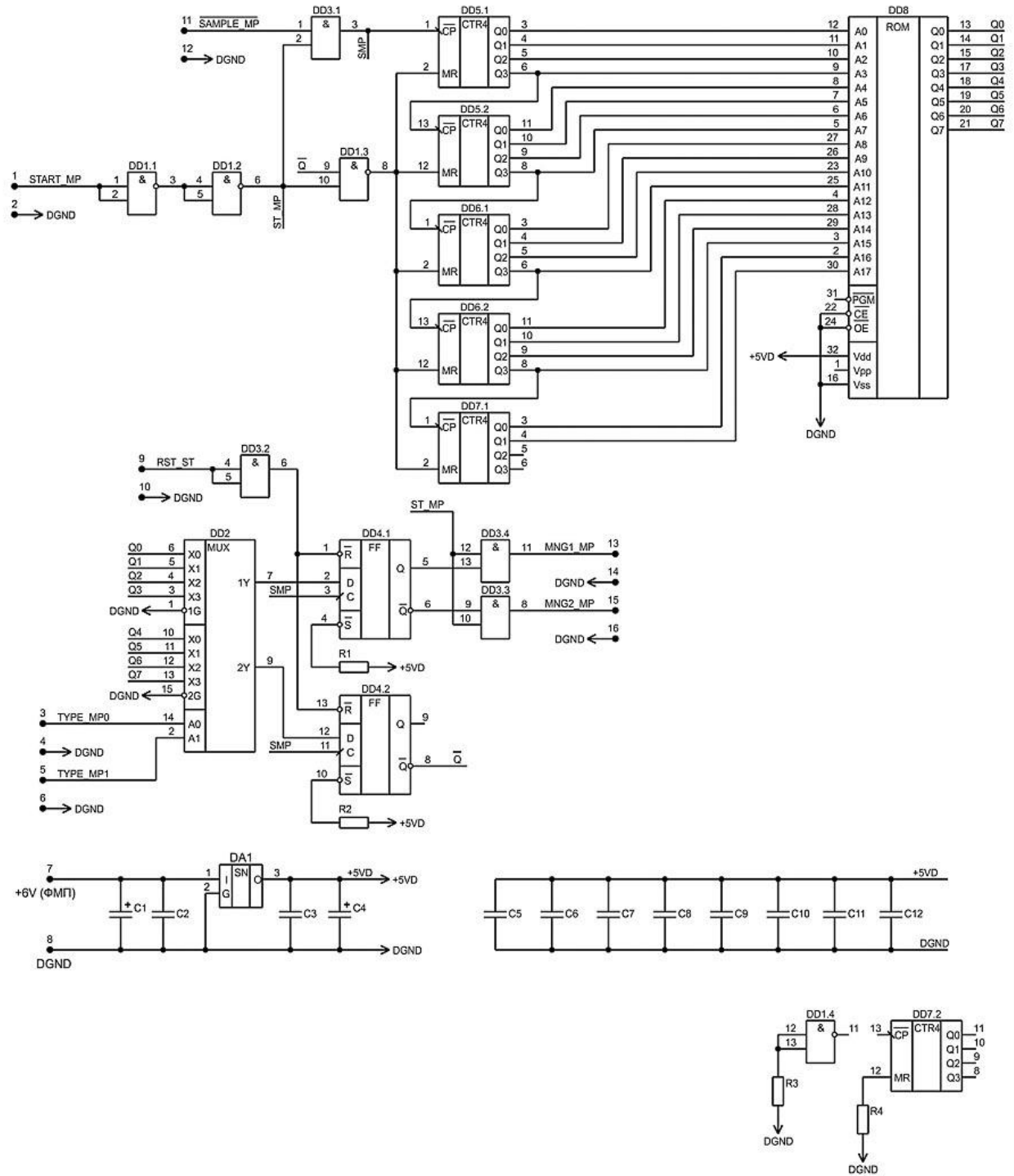
Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лашин			
Провер.	Бобровский			
Т.контр.				
Н.контр.	Ильичев			
Утв.	Ильичев			

НСРАН 10.01.003 ЭЗ

Формирователь М-последовательности, схема электрическая принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист	Листов 1	

Перв. примен.

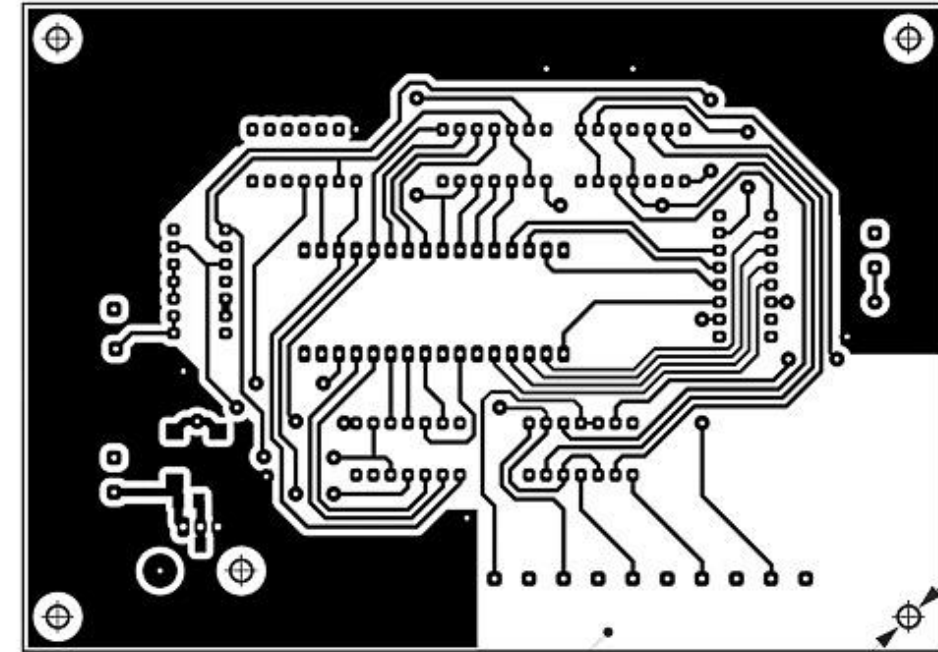
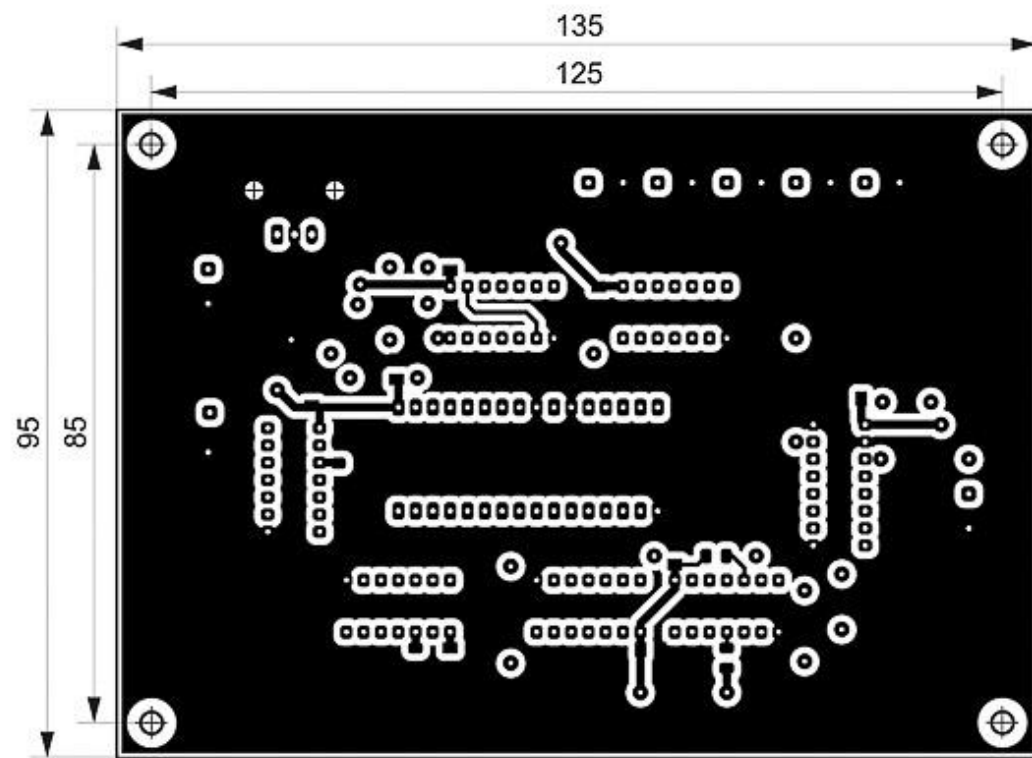
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Толщина 1,5 мм

Ø3,2
6 отв.

1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

				НСРАН 10.01.010				
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Плата печатная ФМП	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Лашин				Э		1:1
Провер.		Бобровский						
Т.контр.					Стеклотекстолит фольгированный двусторонний, толщина 1,5 мм СФ-2-35Г	Лист	Листов 1	
Н.контр.		Савченко						
Утв.		Ильичев						

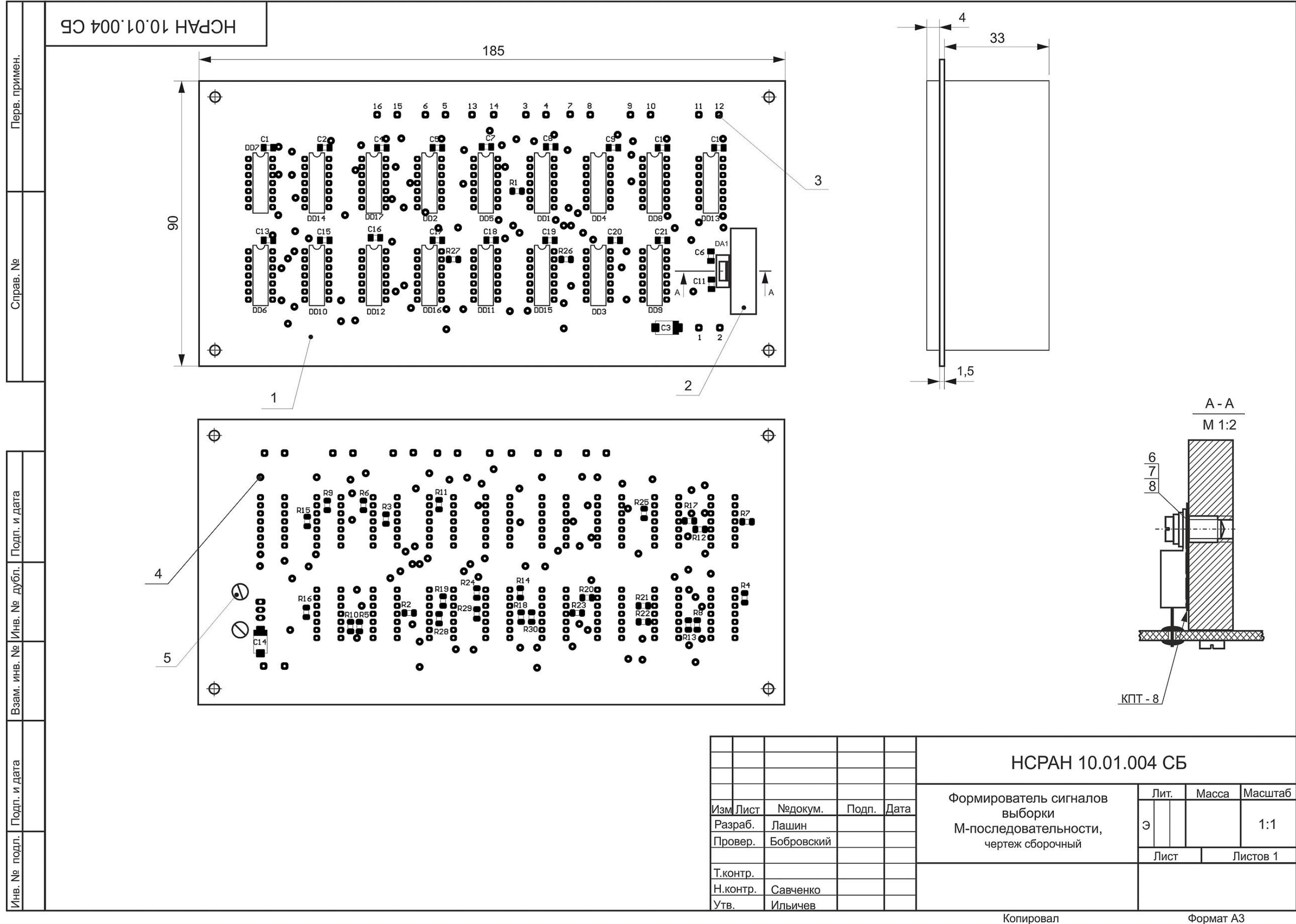
Копировал

Формат А3

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A3			НСРАН 10.01.004 СБ	Формирователь сигналов выборки М-последовательности, чертеж сборочный		
		A4			НСРАН 10.01.004 ЭЗ	Формирователь сигналов выборки М-последовательности, схема электрическая принципиальная		
		A4			НСРАН 10.01.004 ПЭЗ	Формирователь сигналов выборки М-последовательности, перечень элементов		
		<u>Детали</u>						
Подп. и дата		A3	1		НСРАН 10.01.025	Плата печатная ФСВ МП	1	
		A4	2		НСРАН 10.01.023	Радиатор	1	для DA1
			3		НСРАН 10.00.035	Лепесток контактный	16	
			4			Заклепка ГОСТ 12639-80	76	DIN 7340A
		<u>Стандартные изделия</u>						
			5			Винт М3х8, ГОСТ 1491-80	2	DIN 84
			6			Винт М3х6, ГОСТ 1491-80	1	DIN 84
			7			Шайба пружинная М3, ГОСТ 6402-70	1	DIN 127
			8			Шайба плоская М3, ГОСТ 11371-78	1	DIN 125
Подп. и дата		НСРАН 10.01.004						
Инв. № подл.		Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Формирователь сигналов выборки М-последовательности, спецификация	
		Разраб.	Лашин					
		Провер.	Бобровский				Лит. Э	
		Т.контр.					Лист 1	
		Н.контр.	Савченко				Листов 2	
		Утв.	Ильичев					

Копировал

Формат А4



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №
Инв. № дубл.

Подп. и дата

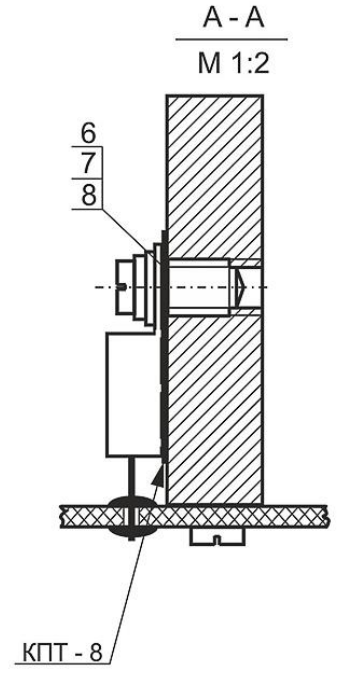
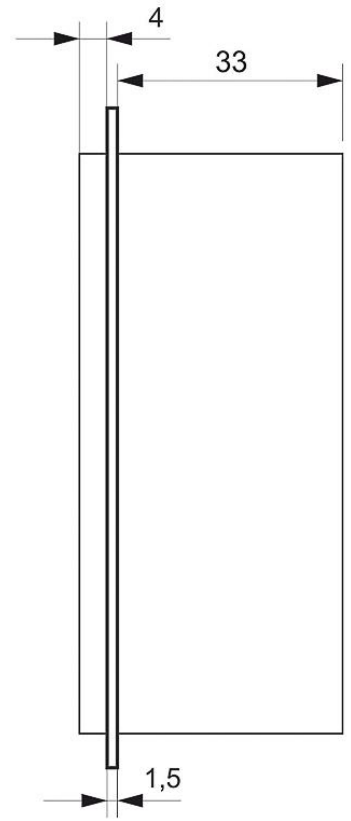
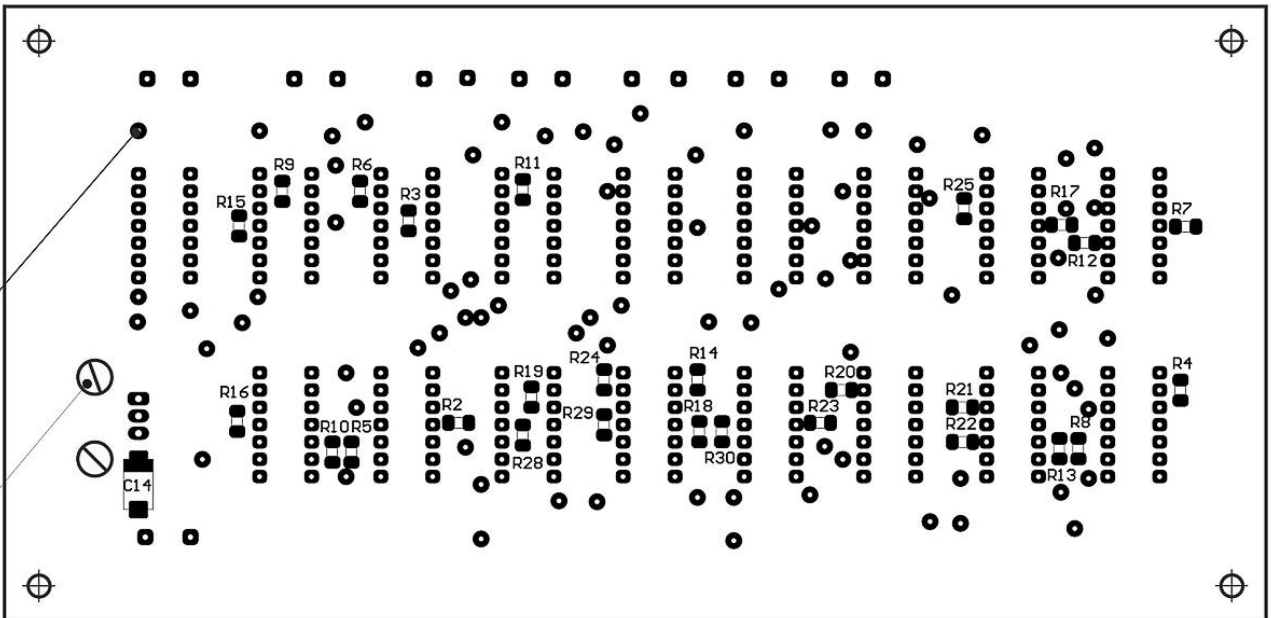
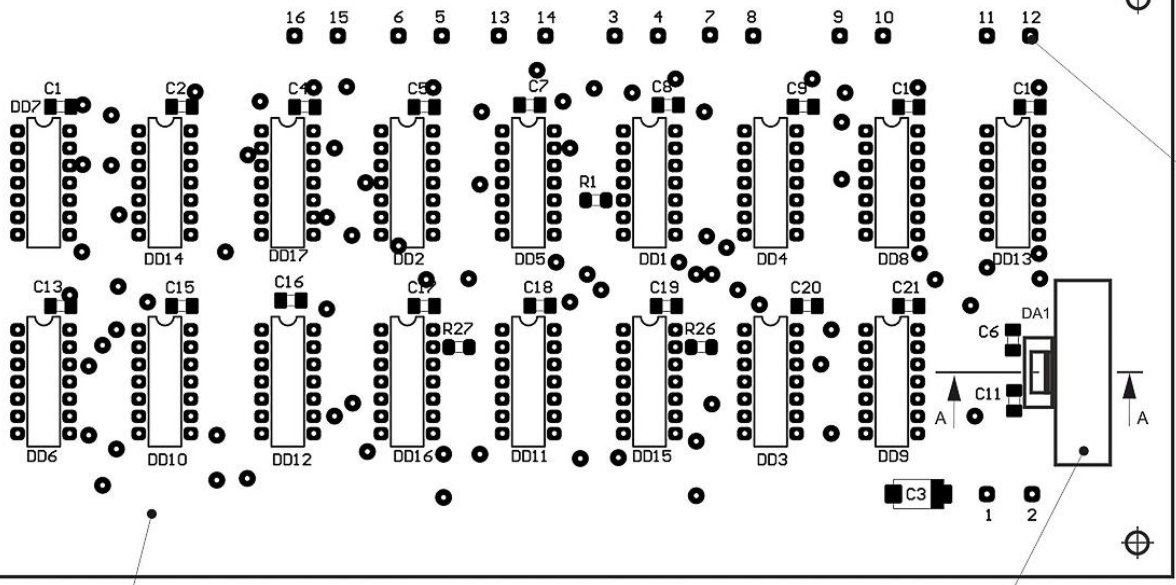
Изм. Лист
Недокум.
Подп.
Дата

Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Ильичев
Савченко
Бобровский
Лашин

НСРАН 10.01.004 СБ

185

90



НСРАН 10.01.004 СБ

Формирователь сигналов
выборки
М-последовательности,
чертеж сборочный

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист		Листов 1

Копировал

Формат А3

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Конденсаторы</u>			
C1, C2	SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	2	
C3	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	1	
C4, C5	SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	2	
C6	SMD - Y5V - 50B - 1,0 мкФ ± 20% - 1206	1	
C7 - C13	SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	7	
C14	Тант. SMD - 16 В - 10,0 мкФ ± 20% - C	1	
C15 - C21	SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	7	
<u>Микросхемы</u>			
DA1	KP1158EH5B	1	
DD1	SN74ALS08N	1	
DD2	SN74ALS02AN	1	
DD3, DD4	KP1533TM2	1	
DD5	SN74ALS08N	1	
DD6 - DD10	KP1533TM2	5	
DD11	DV74ALS1008AN	1	
DD12	KP1533ЛИ6	1	
DD13	SN74ALS02AN	1	
DD14 - DD16	KP1533TM2	3	
DD17	SN74ALS02AN	1	
<u>Резисторы</u>			
R1	SMD - 0,25 - 0 Ом ± 5% - 1206	1	
R2 - R25	SMD - 0,25 - 10 кОм ± 5% - 1206	24	
R26	SMD - 0,25 - 0 Ом ± 5% - 1206	1	
R27 - R29	SMD - 0,25 - 10 кОм ± 5% - 1206	3	
R30	SMD - 0,25 - 0 Ом ± 5% - 1206	1	
НСРАН 10.01.004 ПЭЗ			
Формирователь сигналов выборки М-последовательности, перечень элементов			
Изм	Лист	№докум.	Подп. Дата
Разраб.	Лашин		
Провер.	Бобровский		
Т.контр.			
Н.контр.	Ильичев		
Утв.	Ильичев		
Лит.	Э	Масса	Масштаб
Лист		Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.004 ЭЗ

Перв. примен.

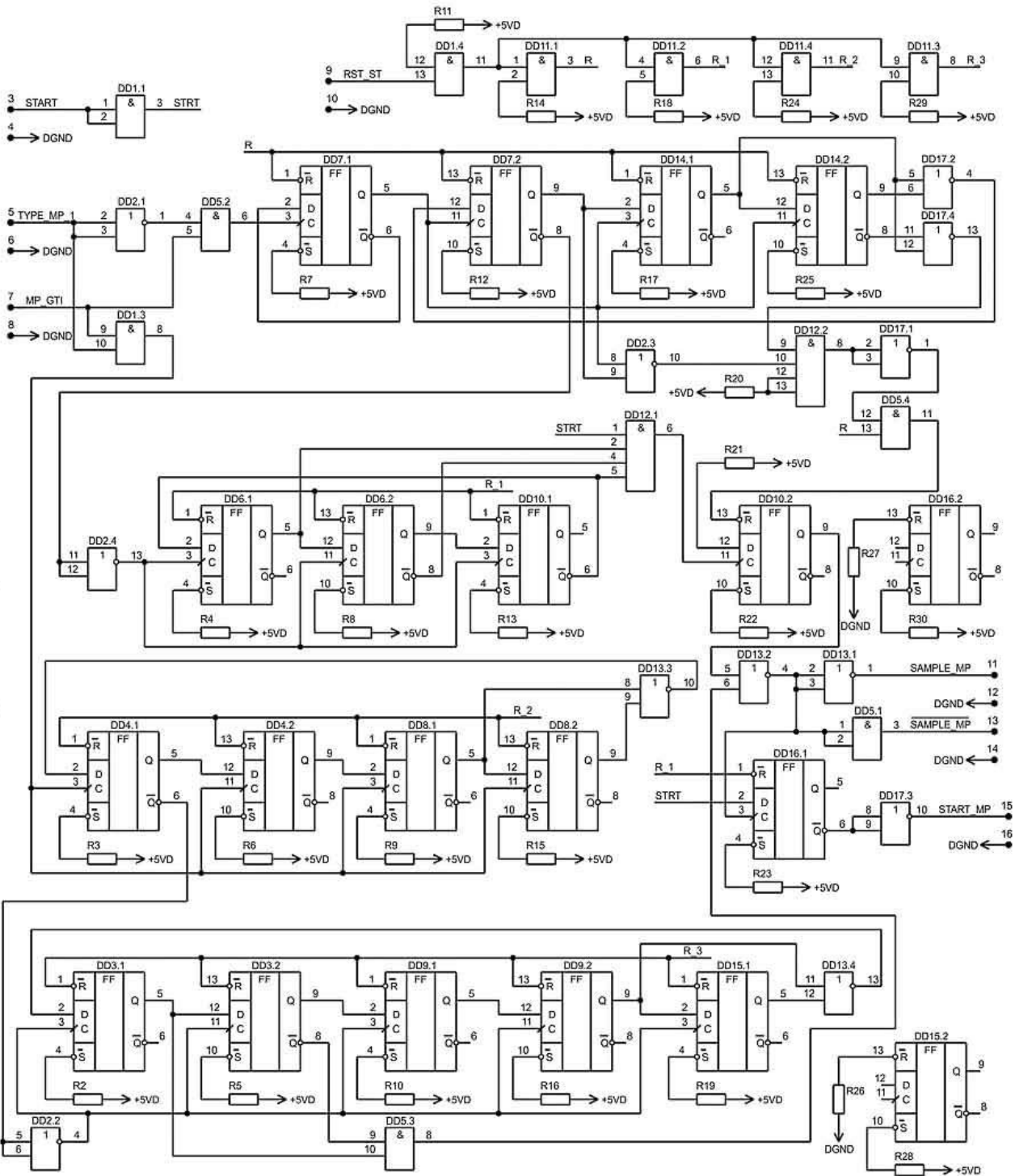
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



НСРАН 10.01.004 ЭЗ

Формирователь сигналов
выборки
М-последовательности,
схема электрическая
принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист 1		Листов 2

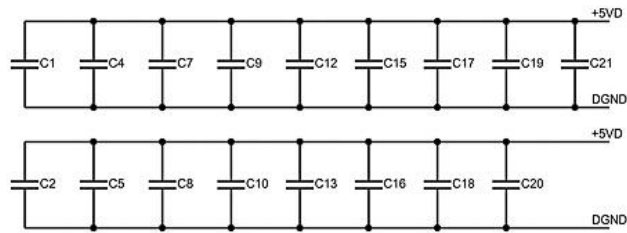
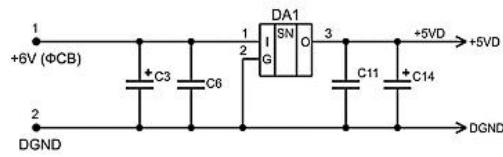
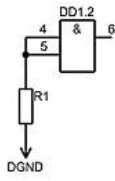
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Ильичев		
Утв.		Ильичев		

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инва. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

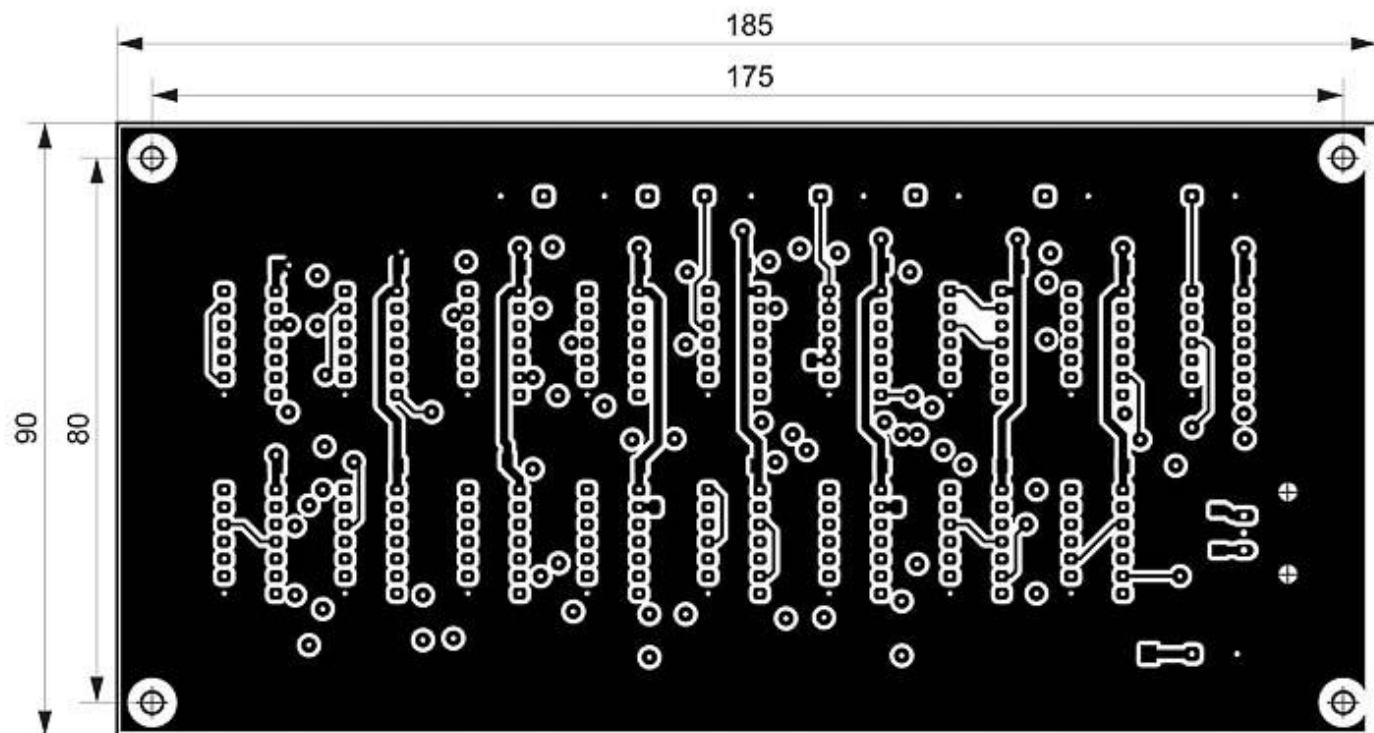
Инва. № подл.

Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата

НСРАН 10.01.025

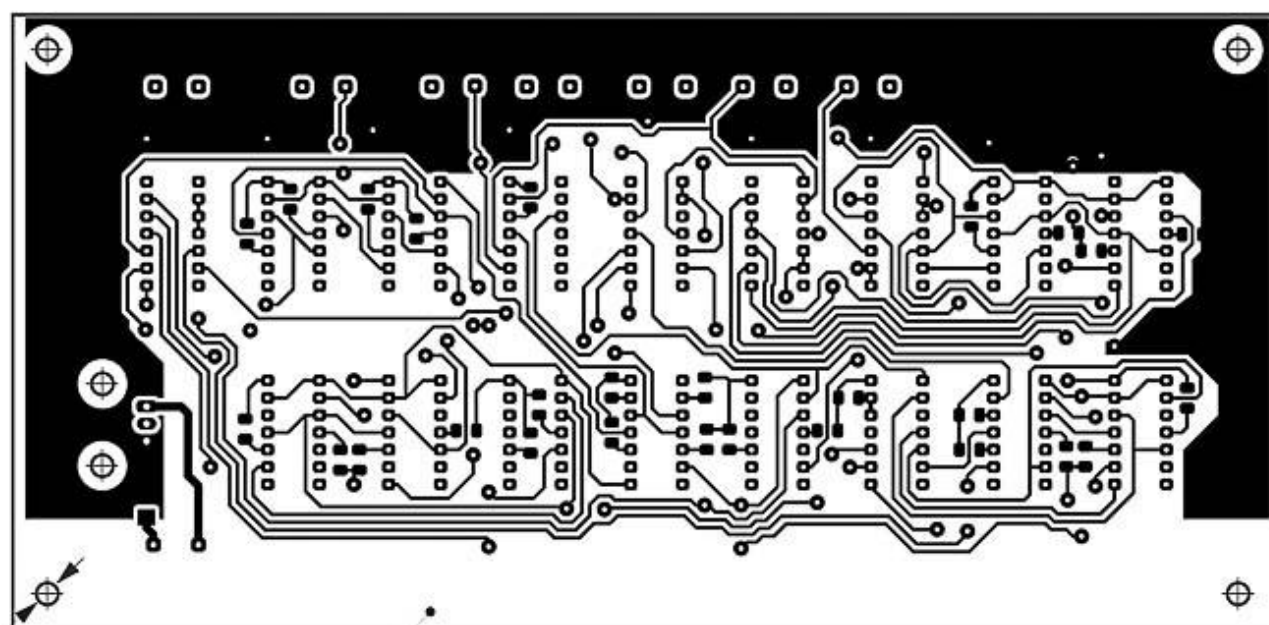
Перв. примен.

Справ. №



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

Подп. и дата | Инв. № подл.



Ø3,2
6 отв.

Толщина 1,5 мм

1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

				НСРАН 10.01.025				
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Плата печатная ФСВ МП	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Лашин				э		1:1
Провер.		Бобровский				Лист	Листов 1	
Т.контр.					Стеклотекстолит фольгированный двусторонний, толщина 1,5 мм СФ-2-35Г			
Н.контр.		Савченко						
Утв.		Ильичев						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №		A3			НСРАН 10.01.005 СБ	Формирователь периодической после - довательности, чертеж сборочный			
		A4			НСРАН 10.01.005 ЭЗ	Формирователь периодической после - довательности, схема электрическая принципиальная			
		A4			НСРАН 10.01.005 ПЭЗ	Формирователь периодической после - довательности, перечень элементов			
		<u>Детали</u>							
		A3	1		НСРАН 10.01.024	Плата печатная ФПП	1		
		A4	2		НСРАН 10.01.023	Радиатор	1	для DA1	
			3		НСРАН 10.00.035	Лепесток контактный	16		
			4			Заклепка ГОСТ 12639-80	76	DIN 7340A	
		<u>Стандартные изделия</u>							
			5			Винт М3х8, ГОСТ 1491-80	2	DIN 84	
			6			Винт М3х6, ГОСТ 1491-80	1	DIN 84	
			7			Шайба пружинная М3, ГОСТ 6402-70	1	DIN 127	
			8			Шайба плоская М3, ГОСТ 11371-78	1	DIN 125	
		НСРАН 10.01.005							
		Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Формирователь периодической последовательности, спецификация		
		Разраб.	Лашин						
		Провер.	Бобровский				Лит.	Масса	Масштаб
		Т.контр.					Э		
		Н.контр.	Савченко				Лист 1	Листов 2	
		Утв.	Ильичев						

Копировал

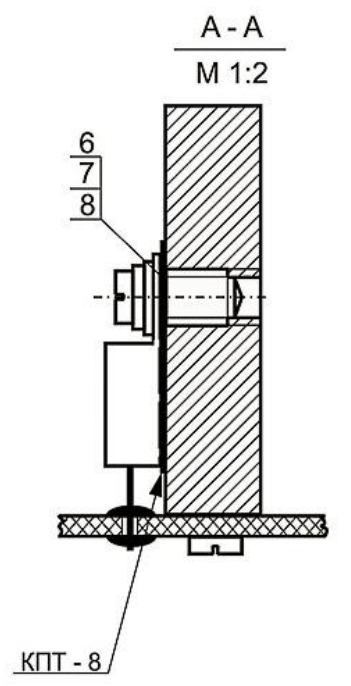
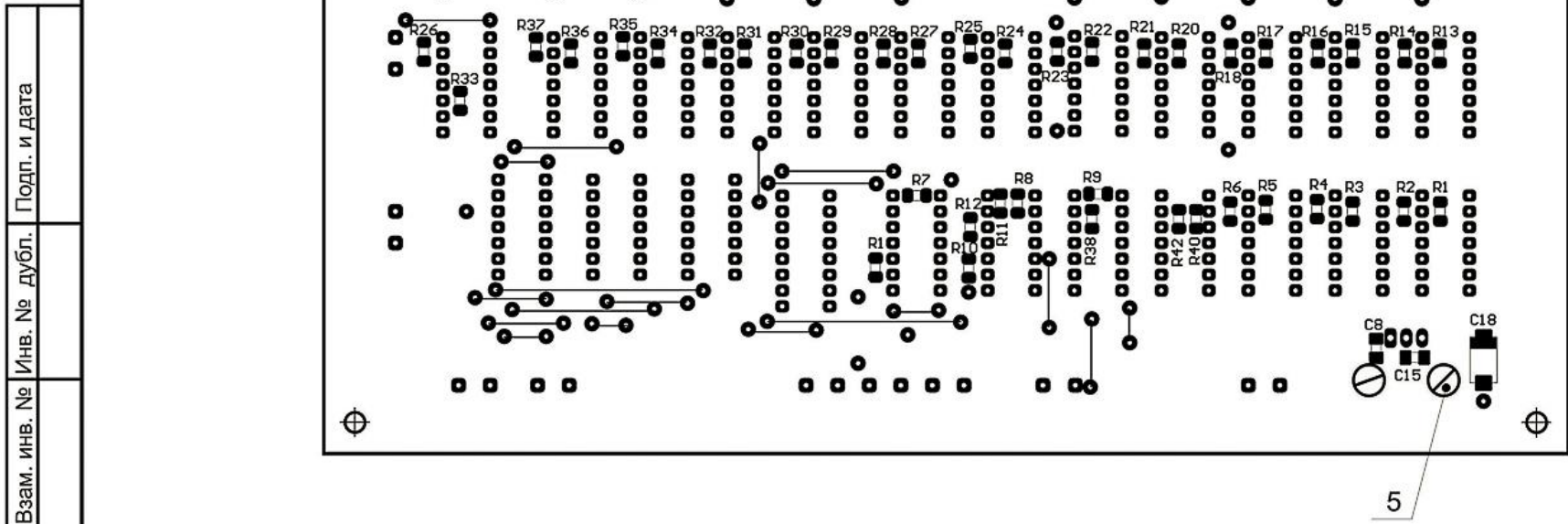
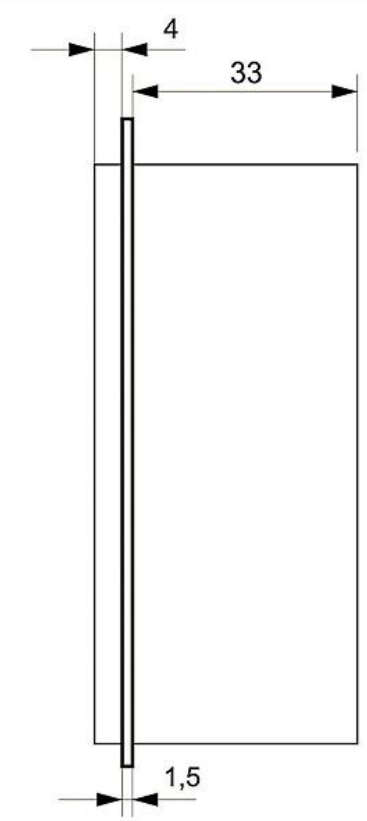
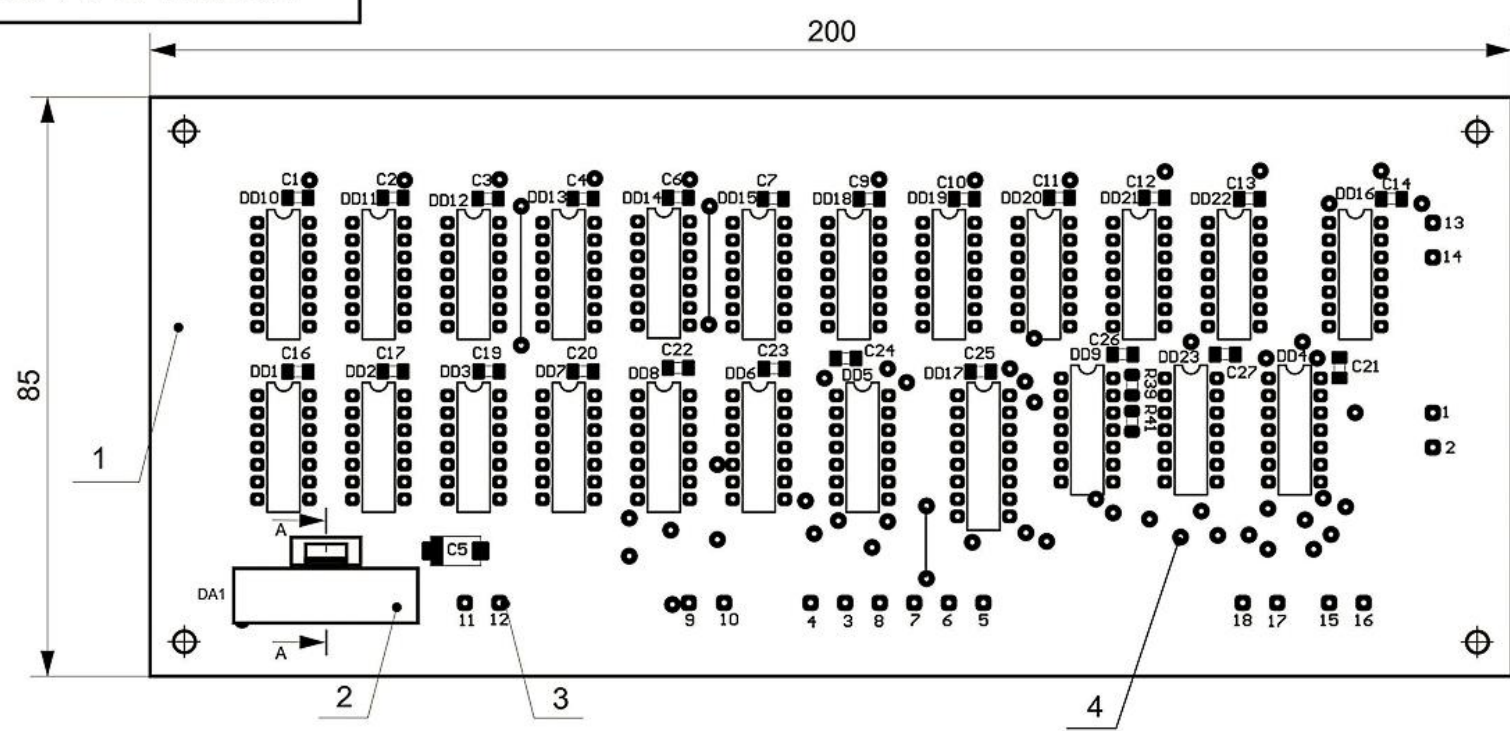
Формат А4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
											Прочие изделия		
											Конденсаторы		
											Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	1	C5
											Тант. SMD - 16 В - 10,0 мкФ ± 20% - D	1	C18
											SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206	1	C8
											SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	24	C1 - C4, C6,
													C7, C9 - C17,
													C19 - C27
											Микросхемы		
											КР1158ЕН5В	1	DA1
											IN74НС32N	1	DD4
											DV74ALS1008N	2	DD5, DD16
											КР1533ЛЕ4	1	DD6
											КР1533ЛИ6	1	DD8
											SN74НС04N	1	DD9
											SN74ALS153N	1	DD17
											IN74НС08AN	1	DD23
											SN74НС74N	15	DD1 - DD3, DD7,
													DD10 - DD15,
													DD18 - DD22
											Резисторы		
											SMD - 0,25 - 0 Ом ± 5% - 1206	3	R9, R38, R39
											SMD - 0,25 - 10 кОм ± 5% - 1206	36	R1 - R8,
													R10 - R37
											Материалы		
											Паста теплопроводящая КПТ-8	0,2 г	
											ГОСТ 19783-74		
											Провод ММ - 0,25	0,1 м	
											Припой Прв КР2 ПОССу 61-0,5	70 г	
											ГОСТ 21931 - 76		
											Канифоль сосновая ГОСТ 19113-84	40 г	
											НСРАН 10.01.005		Лист
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата									

Копировал

Формат А4

Перв. примен.	НСРАН 10.01.005 СБ
Справ. №	



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

				НСРАН 10.01.005 СБ				
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Формирователь периодической последовательности, чертеж сборочный	Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.	Лашин				Э		1:1
	Провер.	Бобровский				Лист	Листов 1	
	Т.контр.							
	Н.контр.	Савченко						
	Утв.	Ильичев						

Копировал

Формат А3

НСРАН 10.01.005 Э3

Перв. примен.

Справ. №

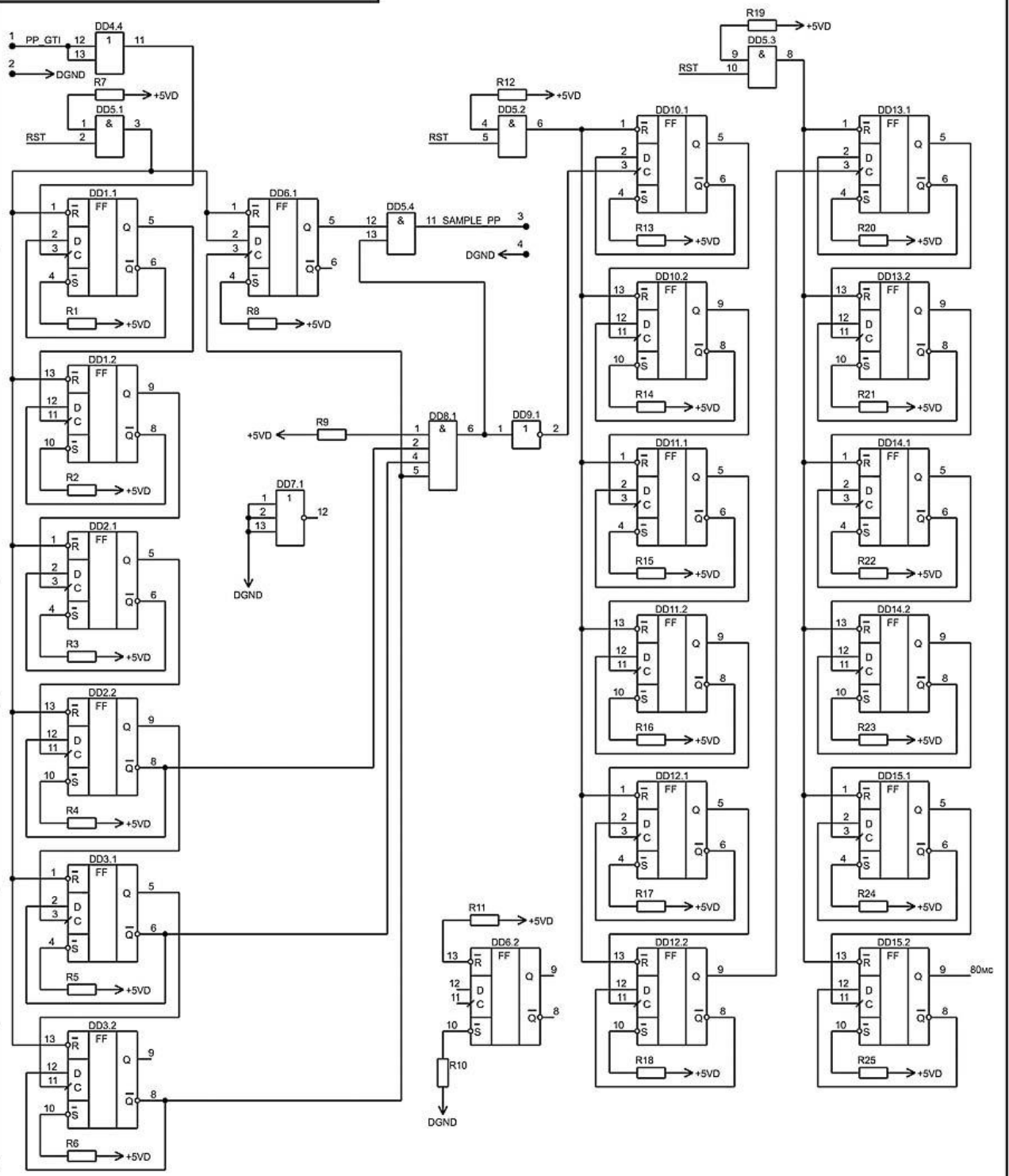
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



НСРАН 10.01.005 Э3

Формирователь периодической последовательности,
схема электрическая принципиальная

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Ильичев		
Утв.		Ильичев		

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист 1		Листов 2

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.005 Э3

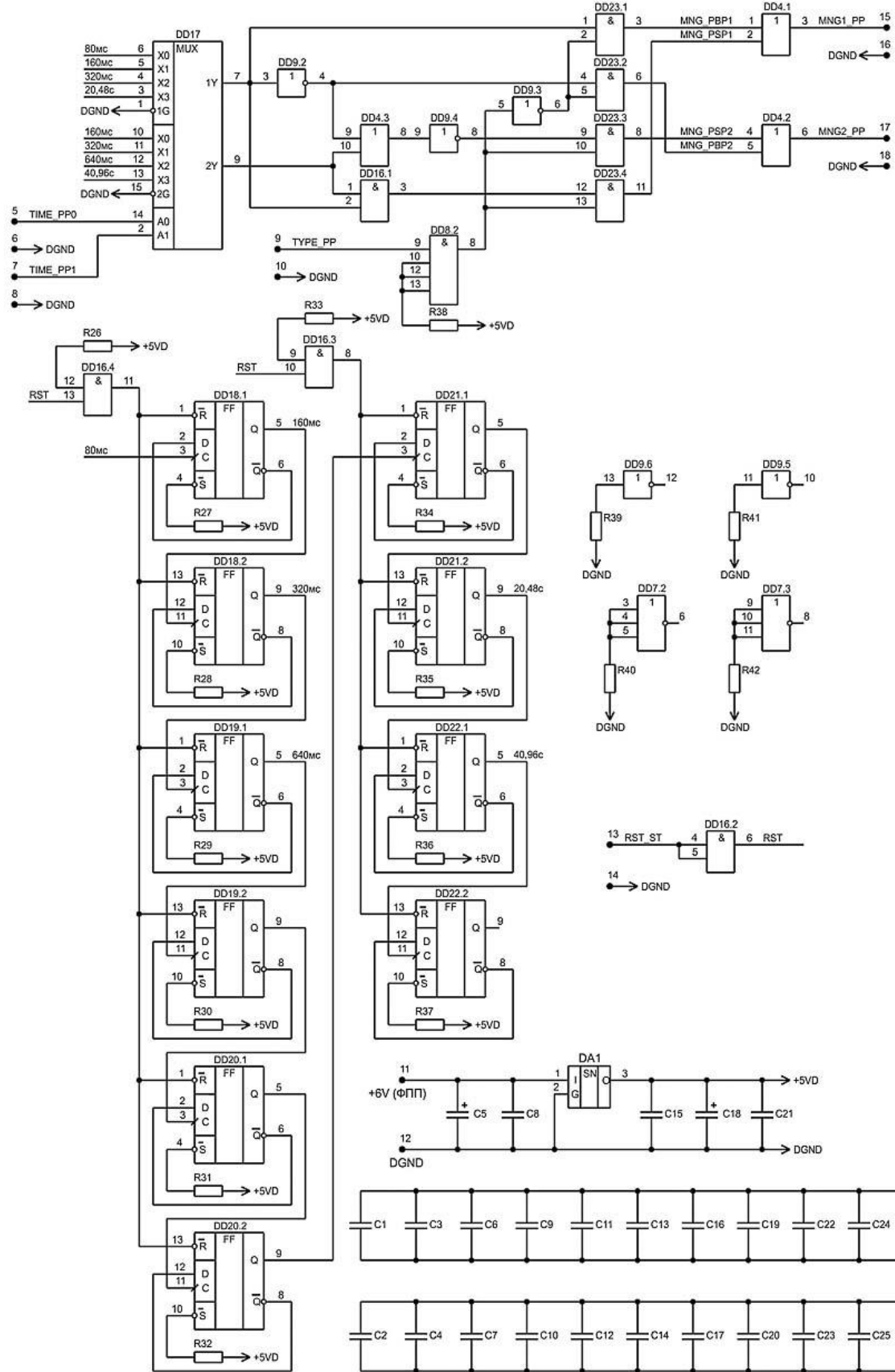
Перв. примен.

Справ. №

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

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата

НСРАН 10.01.005 Э3

Лист

2

Копировал

Формат А4

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

НСРАН 10.01.024

200
190
85
75

Толщина 1,5 мм
Ø3,2
6 отв.

1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

НСРАН 10.01.024			
Изм	Лист	Недокум.	Подп. Дата
Разраб.	Лашин		
Провер.	Бобровский		
Т.контр.			
Н.контр.	Савченко		
Утв.	Ильичев		

Плата печатная ФПП		
Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист		Листов 1

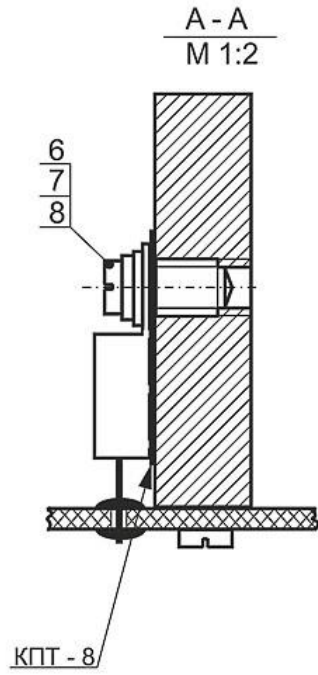
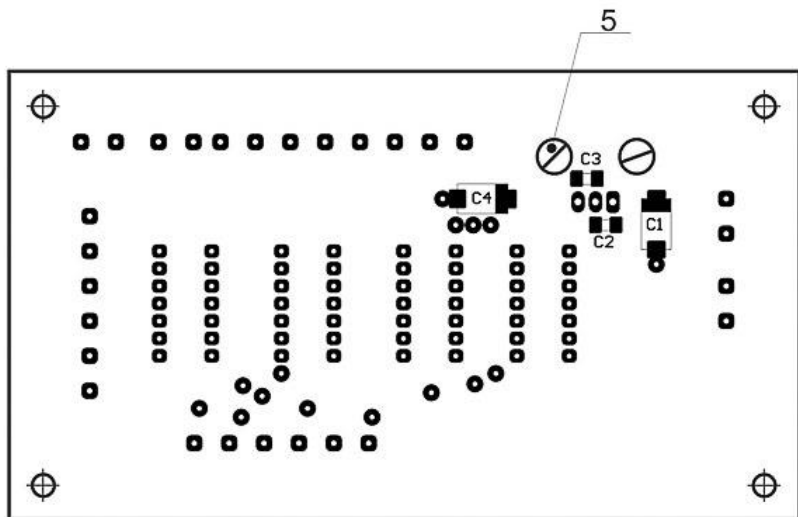
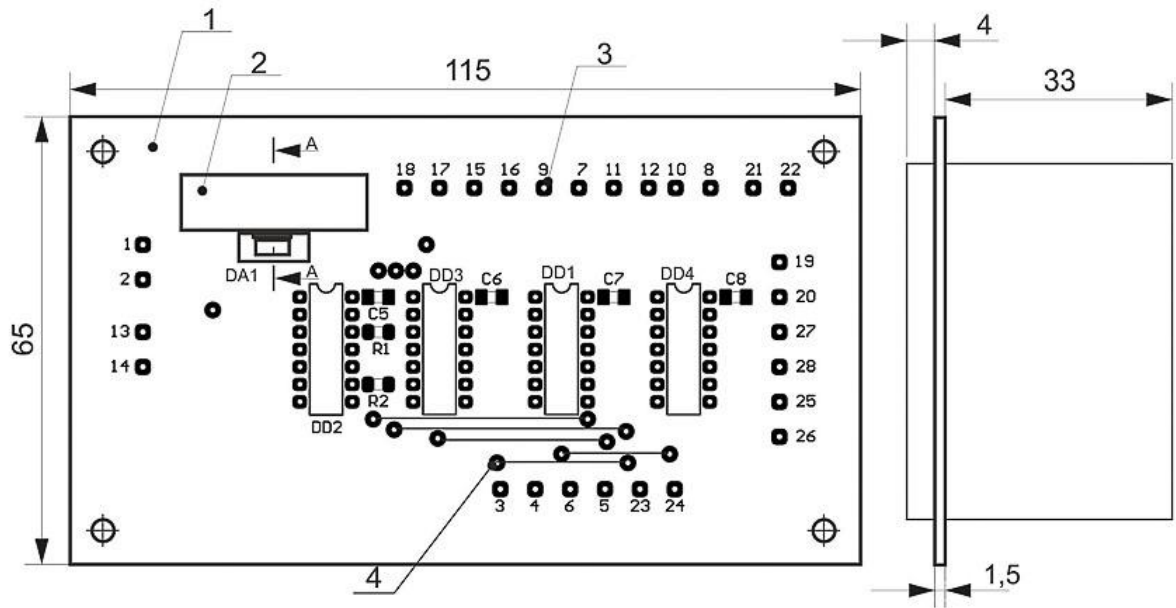
Стеклотекстолит фольгированный
двусторонний, толщина 1,5 мм
СФ-2-35Г

Копировал Формат А3

НСРАН 10.01.006 СБ

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.01.006 СБ

Коммутатор сигналов,
чертеж сборочный

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов 1	

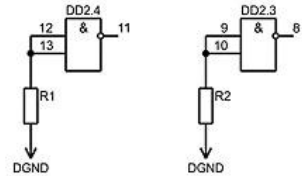
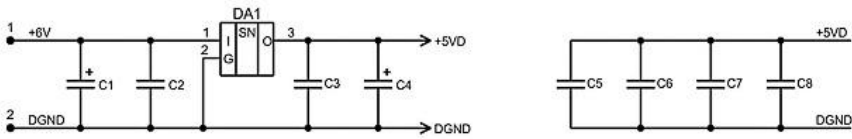
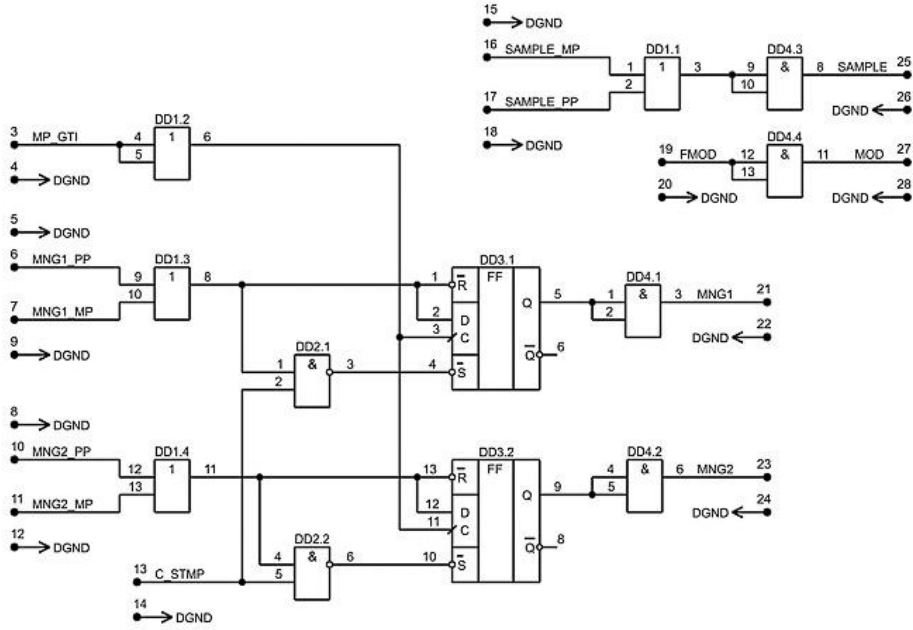
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.006 Э3

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Взаим. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Ильичев		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.01.006 Э3

Коммутатор сигналов,
схема электрическая
принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист	Листов 1	

Копировал

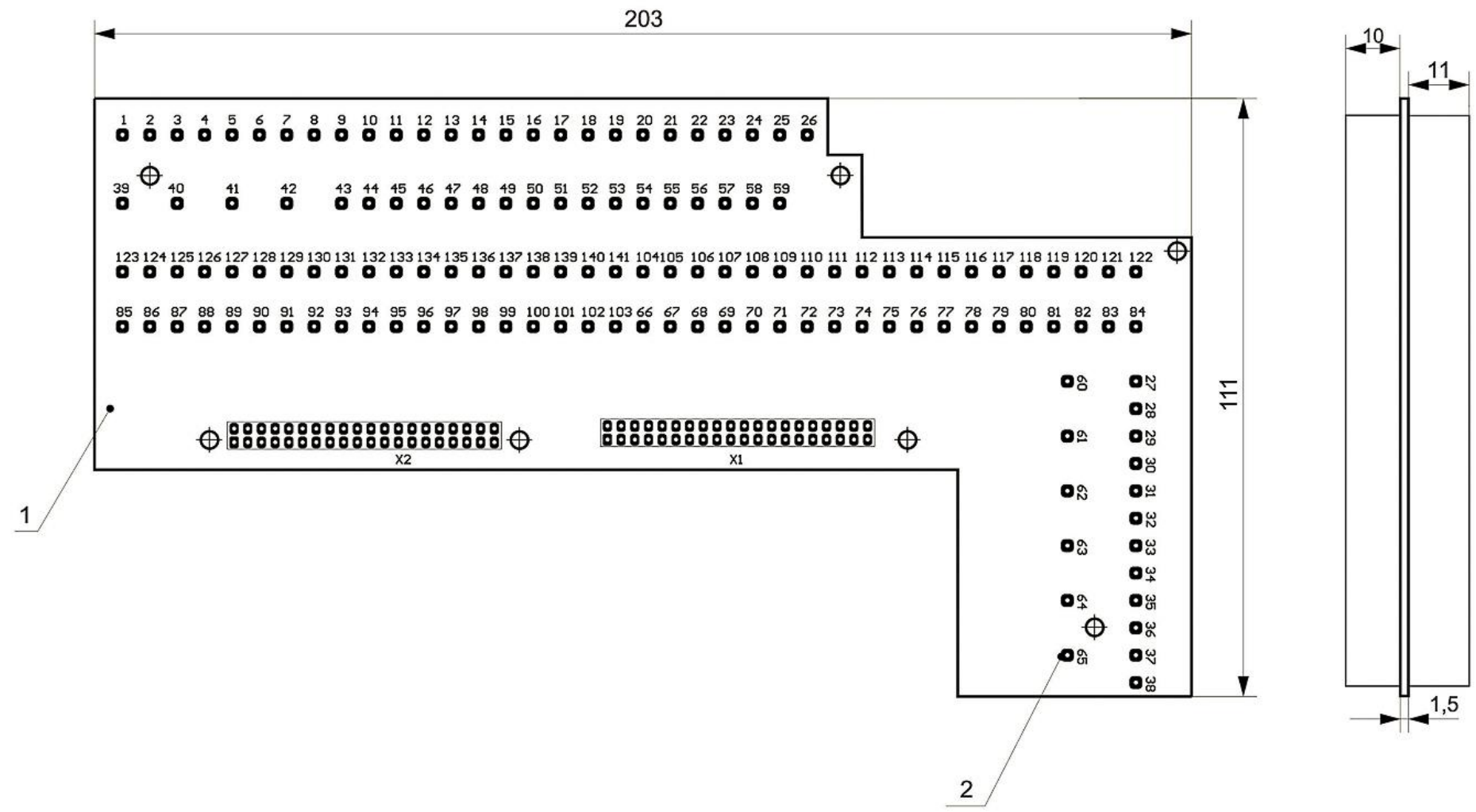
Формат А4

Перв. примен.
Справ. №
НСРАН 10.01.026 СБ

Справ. №

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

Подп. и дата
Инв. № подл.



				НСРАН 10.01.026 СБ				
Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Плата переходная, чертеж сборочный	Лит.	Масса	Масштаб
						Э		1:1
						Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Савченко						
Утв.		Ильичев						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	X1, X2	Розетка штыревая 2,54 мм 2x20 прямая PBD-40 (DS1021-2x20)	2	

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм Лист	Недокум.	Подп.	Дата	НСРАН 10.01.026 ПЭЗ		
						Лит.	Масса	Масштаб
		Разраб.	Лашин			Э		
		Провер.	Бобровский					
		Т.контр.				Лист	Листов 1	
		Н.контр.	Ильичев					
		Утв.	Ильичев					

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.027

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

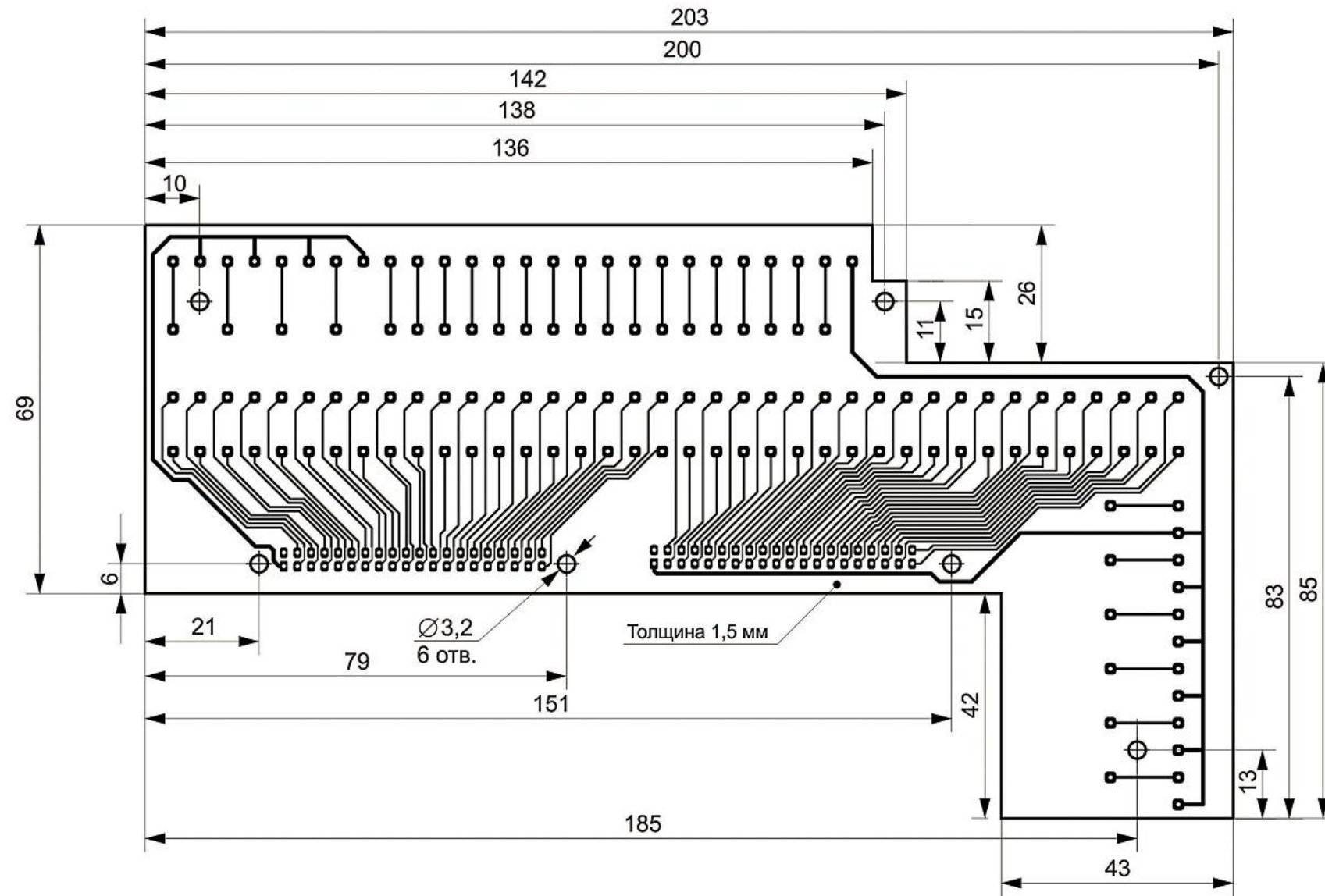
Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

Изм. № подл.



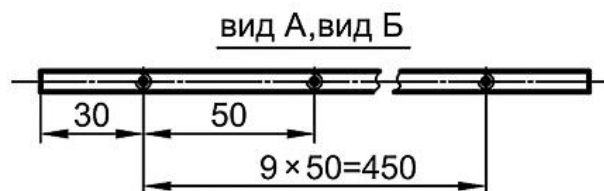
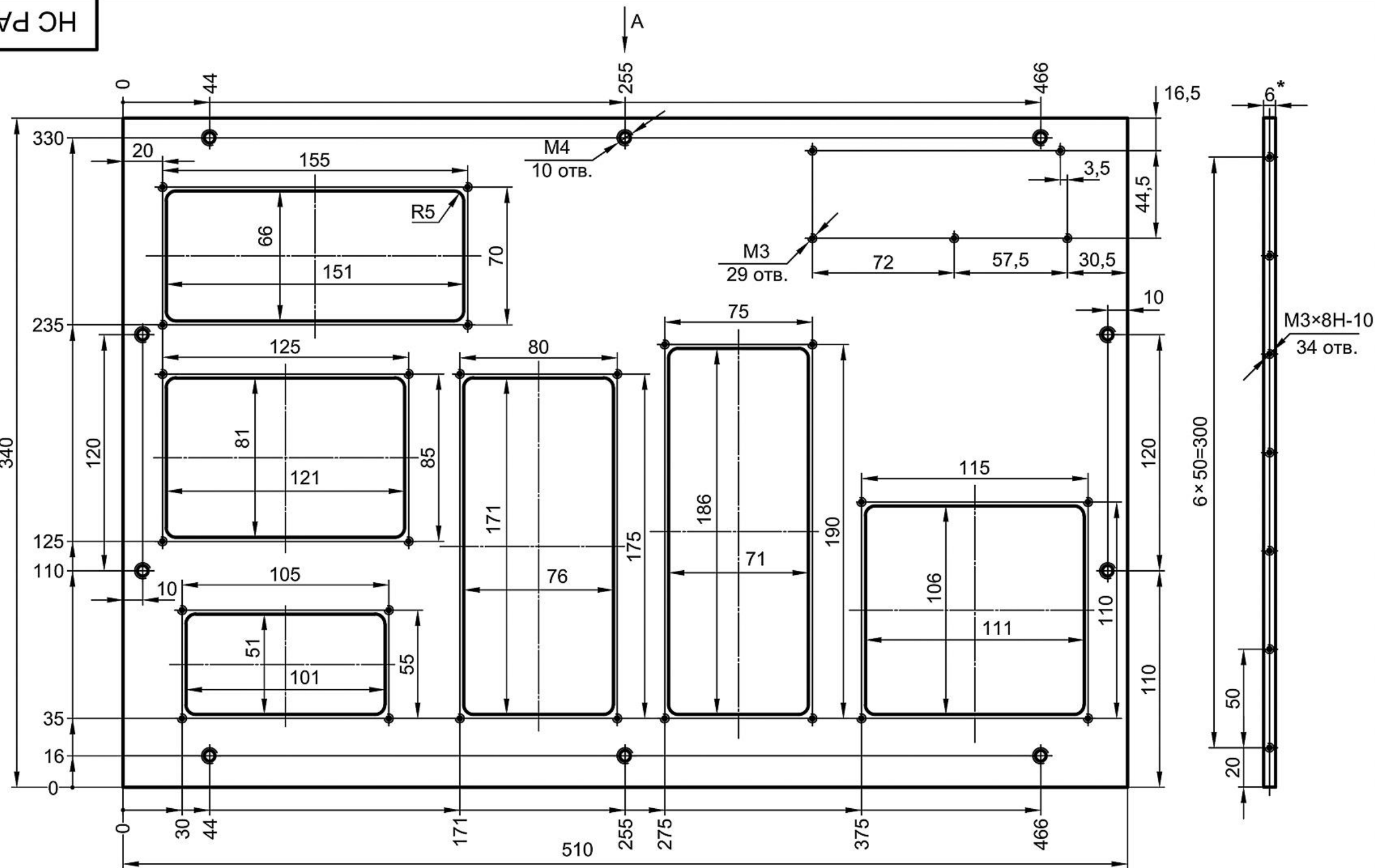
Диаметр отверстий для установки контактных лепестков 1,2 мм.

				НСРАН 10.01.027			
				Плата печатная ПП			
Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					Э		1:1
				Лист Листов 1			
				Стеклотекстолит фольгированный двусторонний, толщина 1,5 мм СФ-2-35Г			
Т.контр.							
Н.контр.	Савченко						
Утв.	Ильичев						

Копировал

Формат А3

6 × 50 = 300



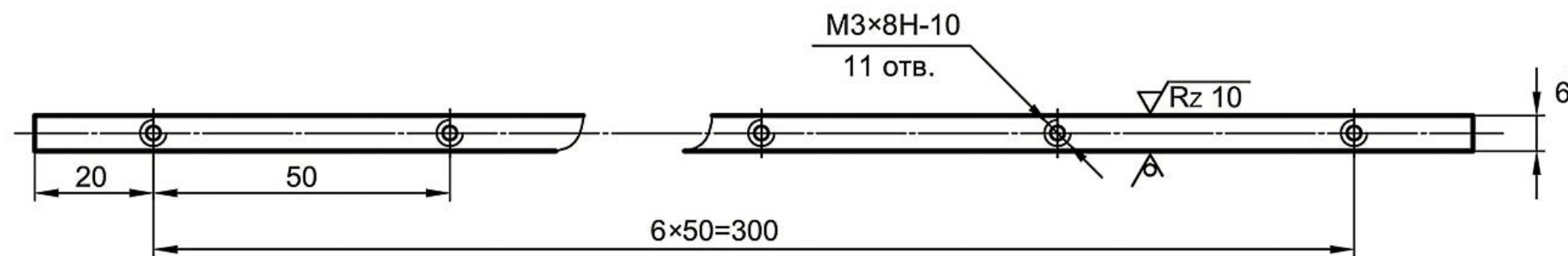
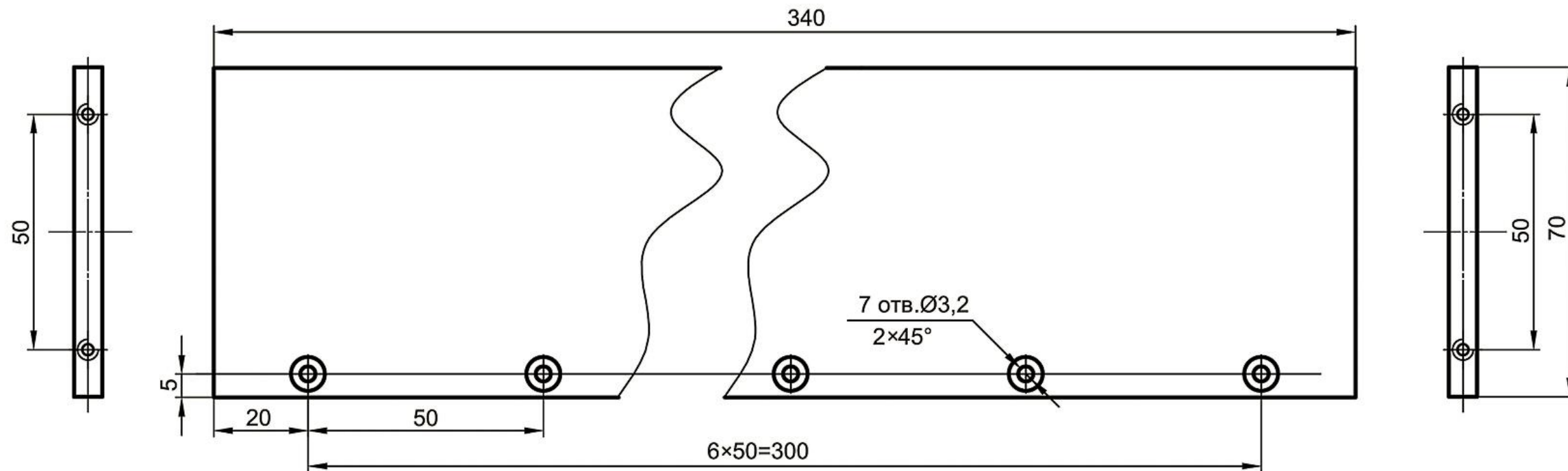
- * Размер для справок
- Неуказанные предельные отклонения размеров ± 0,2 мм

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

					НСРАН 10.01.011			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Основание	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Лосев					э		М 1:2
Провер.	Савченко					Лист	Листов	
Т.контр.	Лашин							
Принял								
Н.контр.	Савченко				Лист АМг6, толщина 6 мм			
Уте.	Ильичёв							

НСРАН 10.01.013

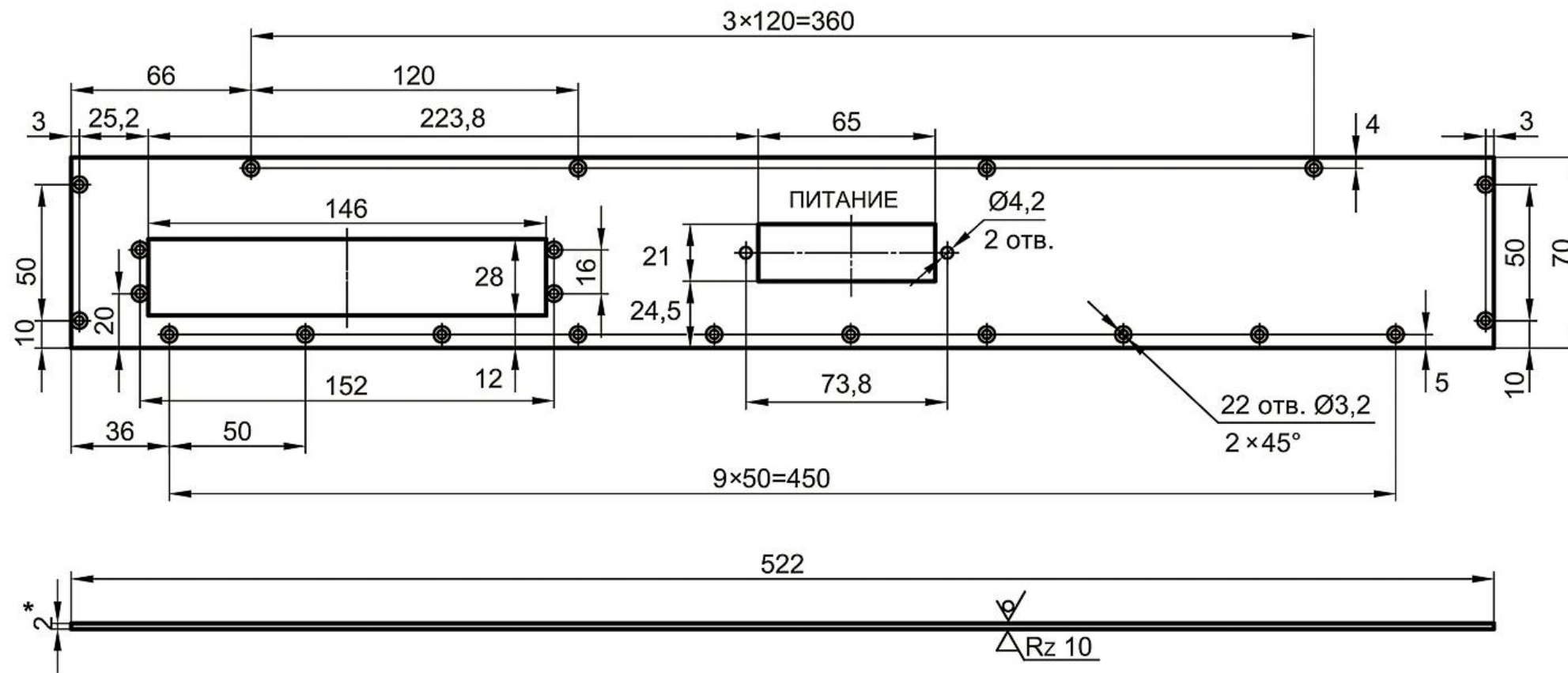
Rz 40
√(√)



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

- * Размер для справок
- Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,2$ мм

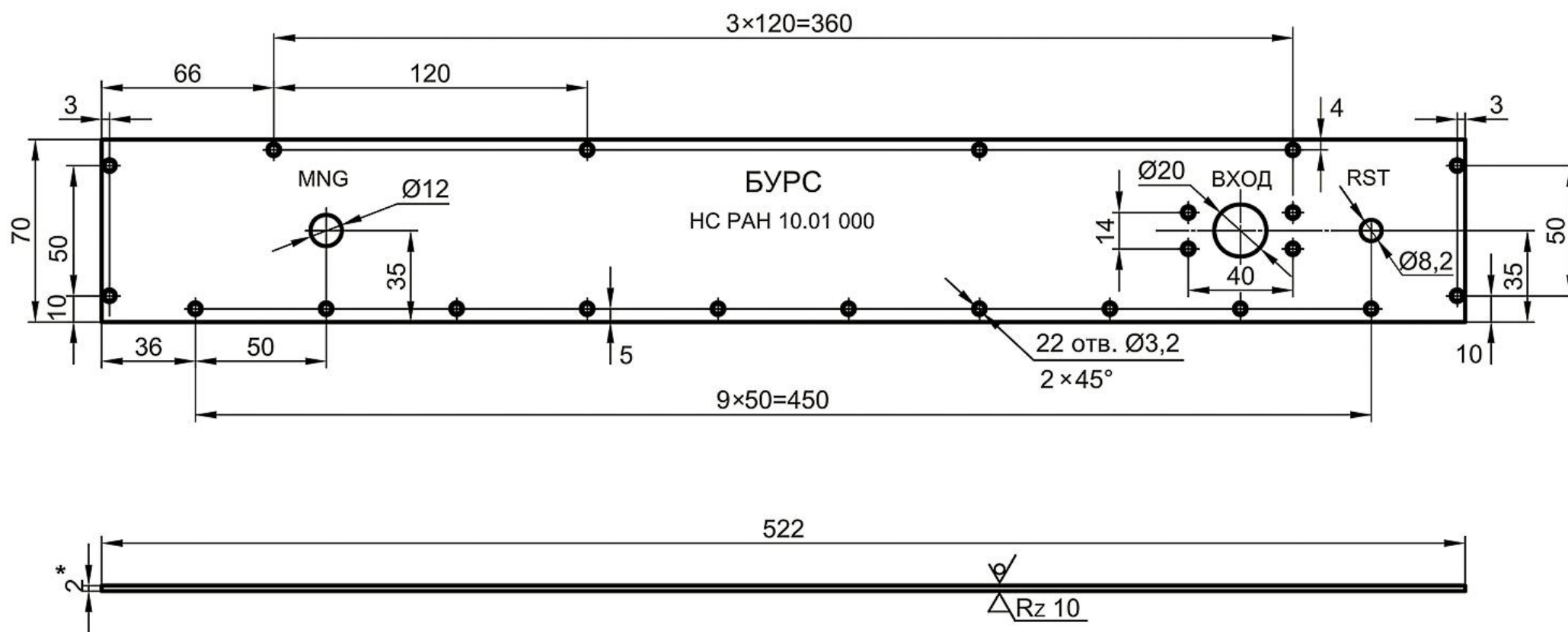
					НСРАН 10.01.013			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Панель боковая	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Лосев				э		М 1:1
Провер.		Савченко				Лист	Листов 1	
Т.контр.		Лашин				Лист АМг6, толщина 6 мм		
Принял								
Н.контр.		Савченко						
Утв.		Ильичёв						



- 1.* Размер для справок
- 2. Шрифт ПО-6
- 3. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,2$ мм
- 4. Надписи над отверстиями на расстояниях 6 мм

					НСРАН 10.01.016		
					Панель задняя		
					Лит.	Масса	Масштаб
					э		М 1:2
					Лист		Листов 1
					Лист АМг6, толщина 2 мм		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Лосев					
Провер.		Савченко					
Т.контр.		Лашин					
Принял							
Н.контр.		Савченко					
Утв.		Ильичёв					

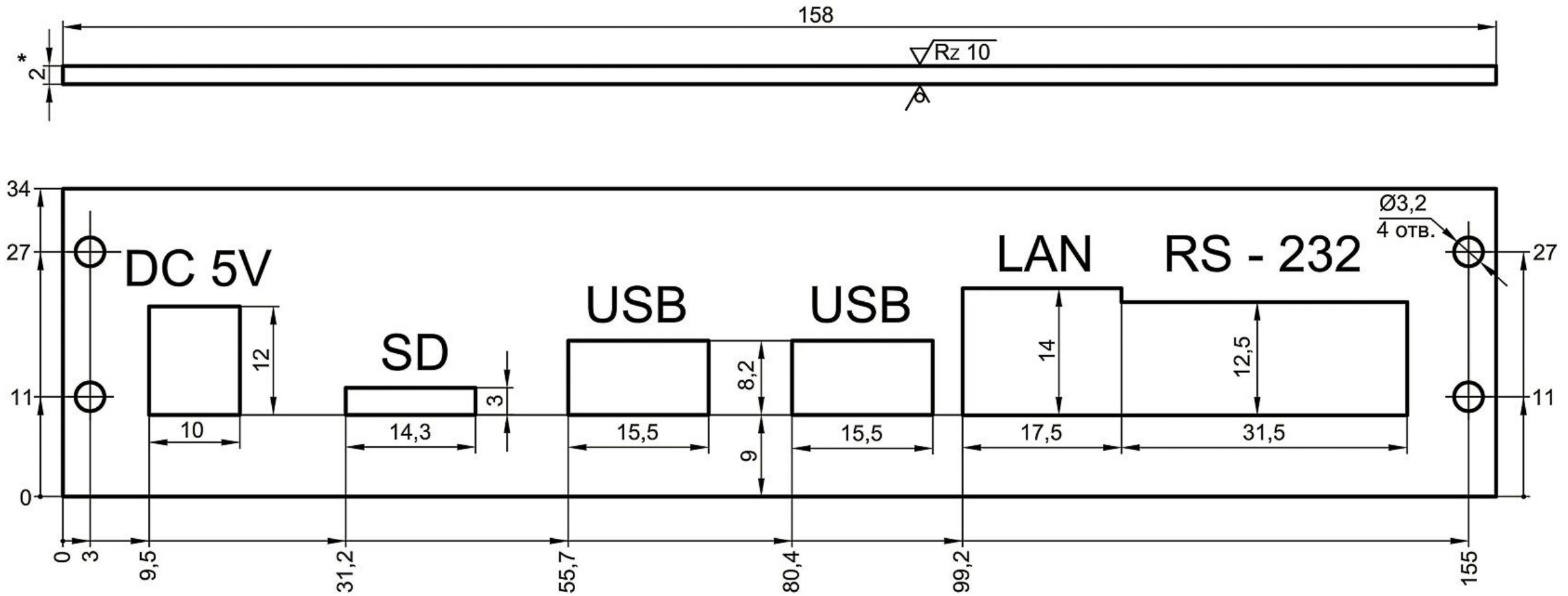
Име.№ подл.	
Подп.и дата	
Взам.инв.№	
Име.№ дубл.	
Подп.и дата	



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

- 1.* Размер для справок
2. Шрифт ПО-6
3. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,2$ мм
4. „БУРС“ шрифт ПО-8

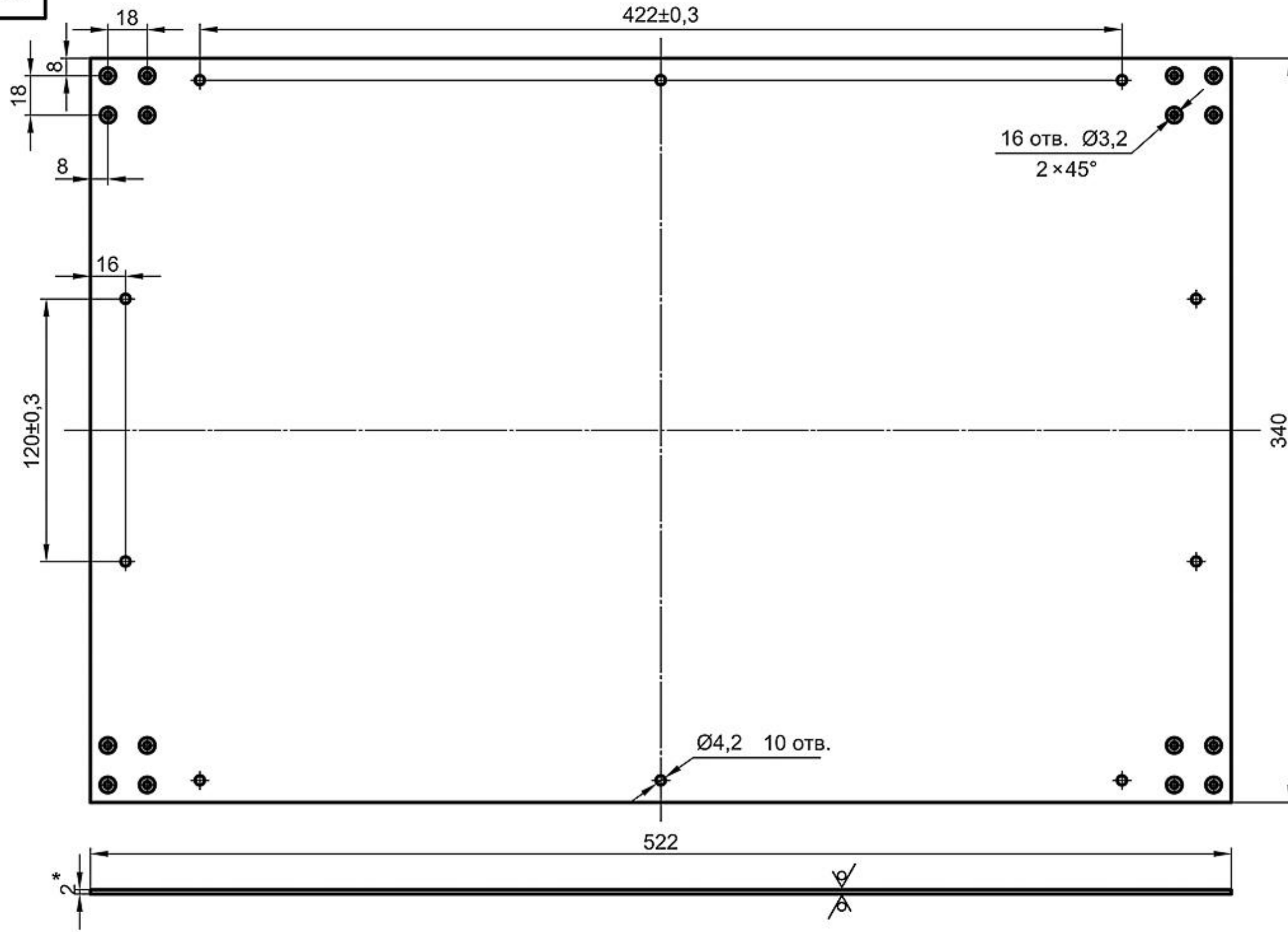
					НСРАН 10.01.017			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Панель передняя	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лосев					э		М 1:2
Провер.	Савченко					Лист	Листов 1	
Т.контр.	Лашин							
Принял								
Н.контр.	Савченко				Материал лист АМг6, толщина 2 мм			
Утв.	Ильичёв							



Име. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	

- 1.* Размер для справок
2. Шрифт ПО-6
3. Надписи на расстоянии 2 мм от края отверстия
4. Деталь изготавливать по кондуктору (точность ± 0,1мм)

					НСРАН 10.01.019			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пластина	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лосев					э		М 2:1
Провер.	Савченко					Лист	Листов 1	
Т.контр.	Лашин							
Принял								
Н.контр.	Савченко				Лист АМг6, толщина 2 мм			
Утв.	Ильчѐв							

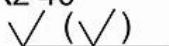


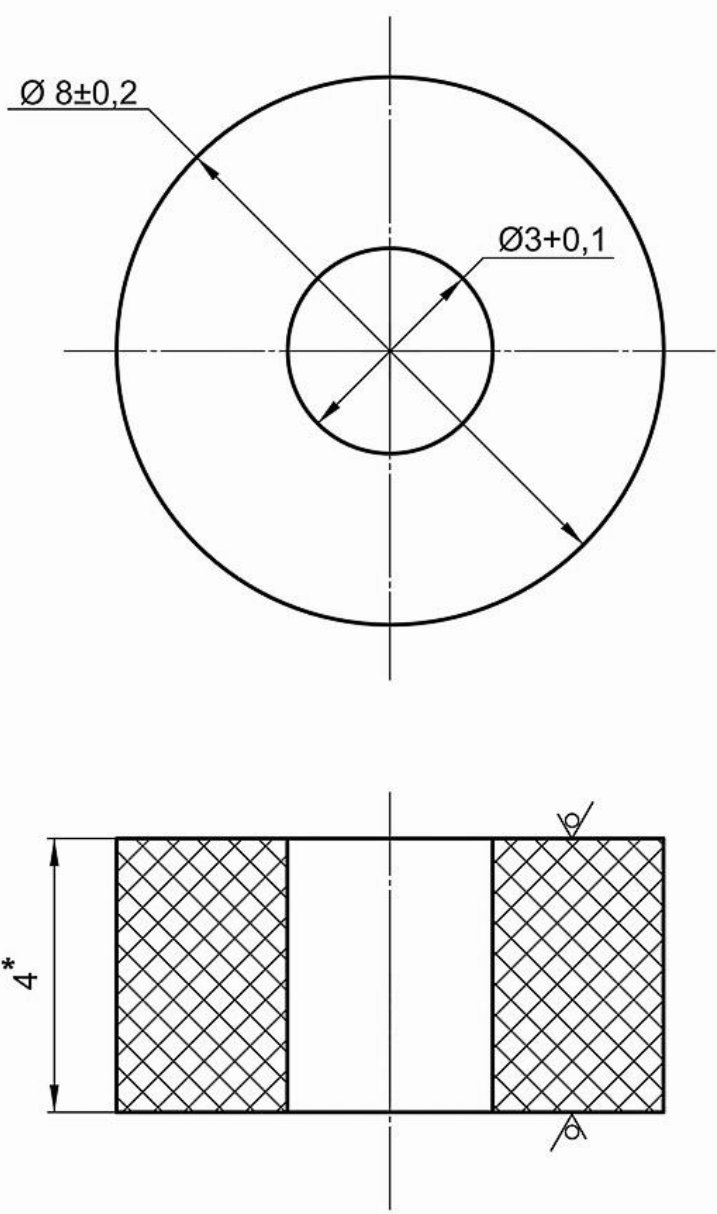
Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

- 1.* Размер для справок
- 2. Неуказанные предельные отклонения размеров ± 0,2 мм

					НСРАН 10.01.020			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Дно	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лосев					э		М 1:2
Провер.	Савченко					Лист	Листов 1	
Т.контр.	Лашин							
Принял								
Н.контр.	Савченко				Материал лист АМг6, толщина 2 мм			
Уте.	Ильичёв							

НСРАН 10.01.021

Rz 40


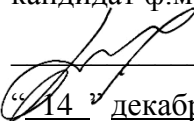


1.* Размер для справок

Пере.примен.	Справ. №	Подп.и дата	Ине.№ дубл.	Взам.инв.№	Подп.и дата	НСРАН 10.01.021																																
						<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Лосев</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Провер.</td> <td></td> <td>Савченко</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td>Лашин</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Принял</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Савченко</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Ильичёв</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Лосев			Провер.		Савченко			Т.контр.		Лашин			Принял					Н.контр.		Савченко	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																		
Разраб.		Лосев																																				
Провер.		Савченко																																				
Т.контр.		Лашин																																				
Принял																																						
Н.контр.		Савченко																																				
Утв.		Ильичёв																																				
Ине.№ подл.	Втулка				Лит.	Масса	Масштаб																															
	Лист оргстекло, толщина 4 мм				э		М 10:1																															
					Лист	Листов 1																																

Утверждаю:

кандидат ф.м.н., зав. ЛКИ

 В.Д. Брагин

“14” декабря 2016 г.

Блок питания БУРС
альбом схем и чертежей
НСРАН 010.02.000 АС

Проверил:


зав. ЛПАР

 П.В. Ильичев

“9” ноября 2016 г.

Разработали:

м.н.с. ЛПАР

 О.А. Лашин

м.н.с. ЛПАР

 М.О. Лисимов

“8” ноября 2016 г.

Бишкек, 2016

Инв. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. Лист	Лист	Листов	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
																		Документация		
																	НСРАН 10.02.000 СБ	Блок питания БУРС, чертеж сборочный		
																	НСРАН 10.02.000 ПЭЗ	Блок питания БУРС, перечень элементов		
																	НСРАН 10.02.000 ЭЗ	Блок питания БУРС, схема электрическая принципиальная		
																	Сборочные единицы			
																1	НСРАН 10.02.025	Плата коммутации аккумуляторов (ПКА)	1	A1
																	Детали			
																2	НСРАН 10.02.001	Основание	1	
																3	НСРАН 10.02.002	Панель боковая	1	
																4	НСРАН 10.02.003	Панель задняя	1	
																5	НСРАН 10.02.004	Планка №3	1	
														НСРАН 10.02.000						
														Блок питания БУРС, спецификация						
														Лит. Лист Листов Э 1 4						

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		6	НСРАН 10.02.005	Крышка	1	
		7	НСРАН 10.02.006	Планка №4	1	
		9	НСРАН 10.02.008	Планка №5	1	
		11	НСРАН 10.02.009	Планка №6	2	
		12	НСРАН 10.01.018	Ножка	4	
		14	НСРАН 10.02.011	Планка №8	1	
		15	НСРАН 10.02.012	Ручка	2	
		16	НСРАН 10.02.014	Панель передняя	1	
		17	НСРАН 10.02.013	Шайба	4	
				Стандартные изделия		
		21		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М5 x 25-Н	2	
		22		Болт М6x35 ГОСТ 15591-70	4	
		23		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М3 x 10-Н	44	
		24		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М3 x 16-Н	40	

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

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

НСРАН 10.02.000

Лист
2

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		25		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М4 x 20-Н	28		
		26		Гайка 2М4-6Н ГОСТ 5916-70	8		
		27		Шайба А 4.37 ГОСТ 10450-78	4		
		28		Шайба С.6.37 ГОСТ 11371-78	4		
		29		Шайба 6Л ГОСТ 6402-70	4		
			Прочие изделия				
		30		Батарея аккумуляторная Ventura 6P12-7-S; 12В, 7Аh	3	G1; G13; G14	
		31		Батарея аккумуляторная Matrix NP7-6; 6В, 7Аh	6	G2-G4; G13; G14; G8	
		32		Батарея аккумуляторная Matrix NP12-6; 6В, 12Аh	3	G5-G7	
		33		Батарея аккумуляторная Matrix NP1.2-12; 12В, 1.2Аh	2	G9; G10	
		35		Вольтметр цифровой TOWON CV580	10	P1-P10	

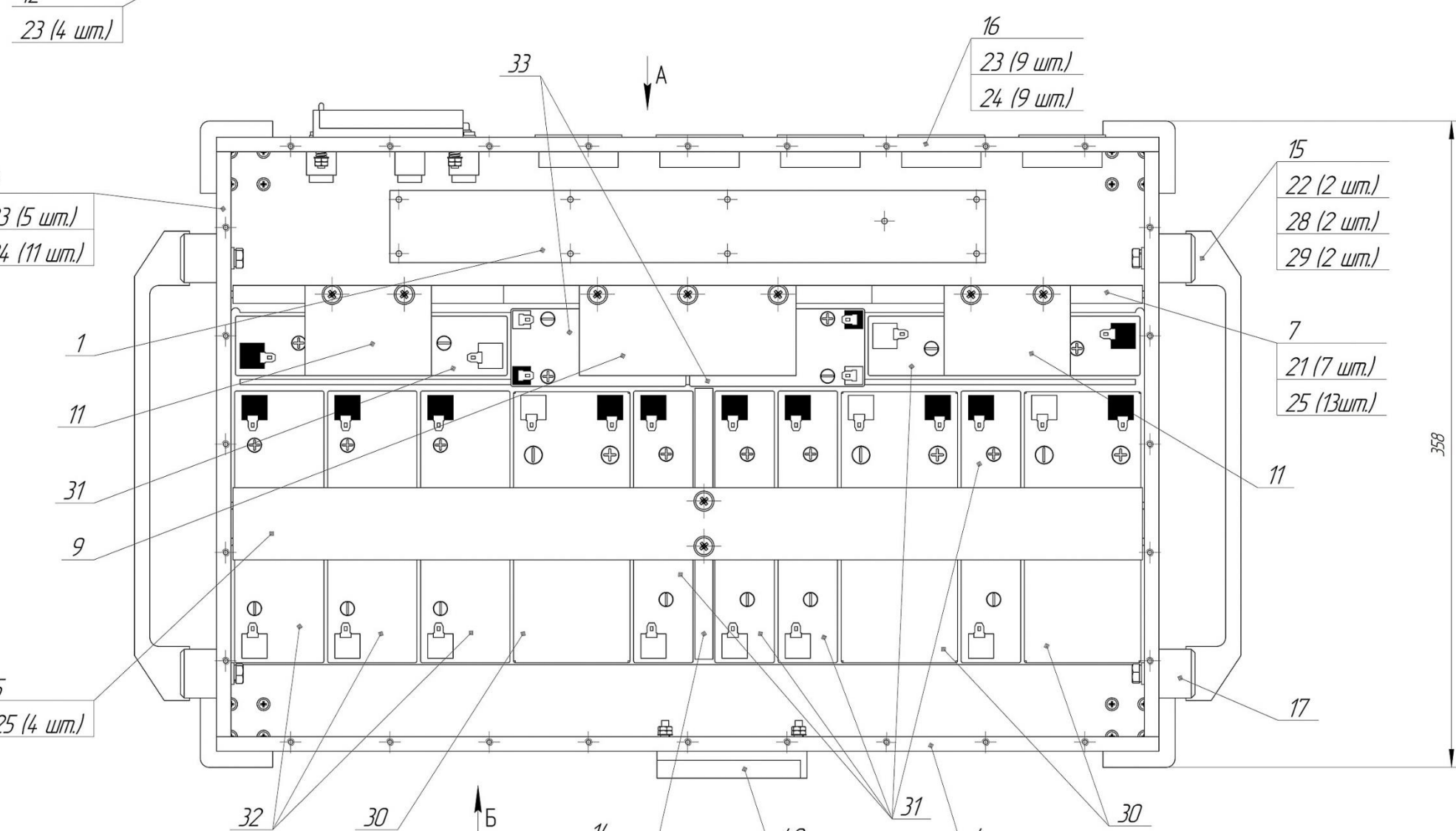
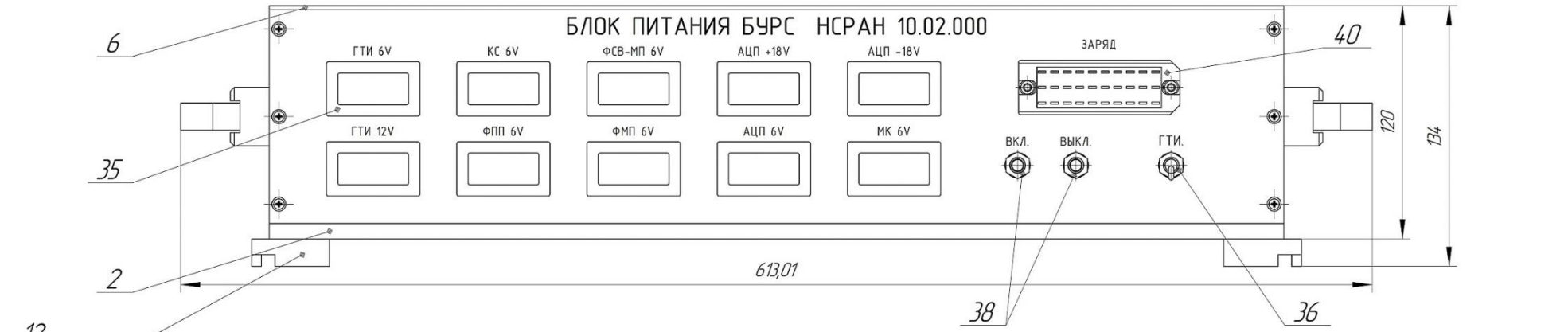
Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НСРАН 10.02.000		Лист
							3

Копировал

Формат А4

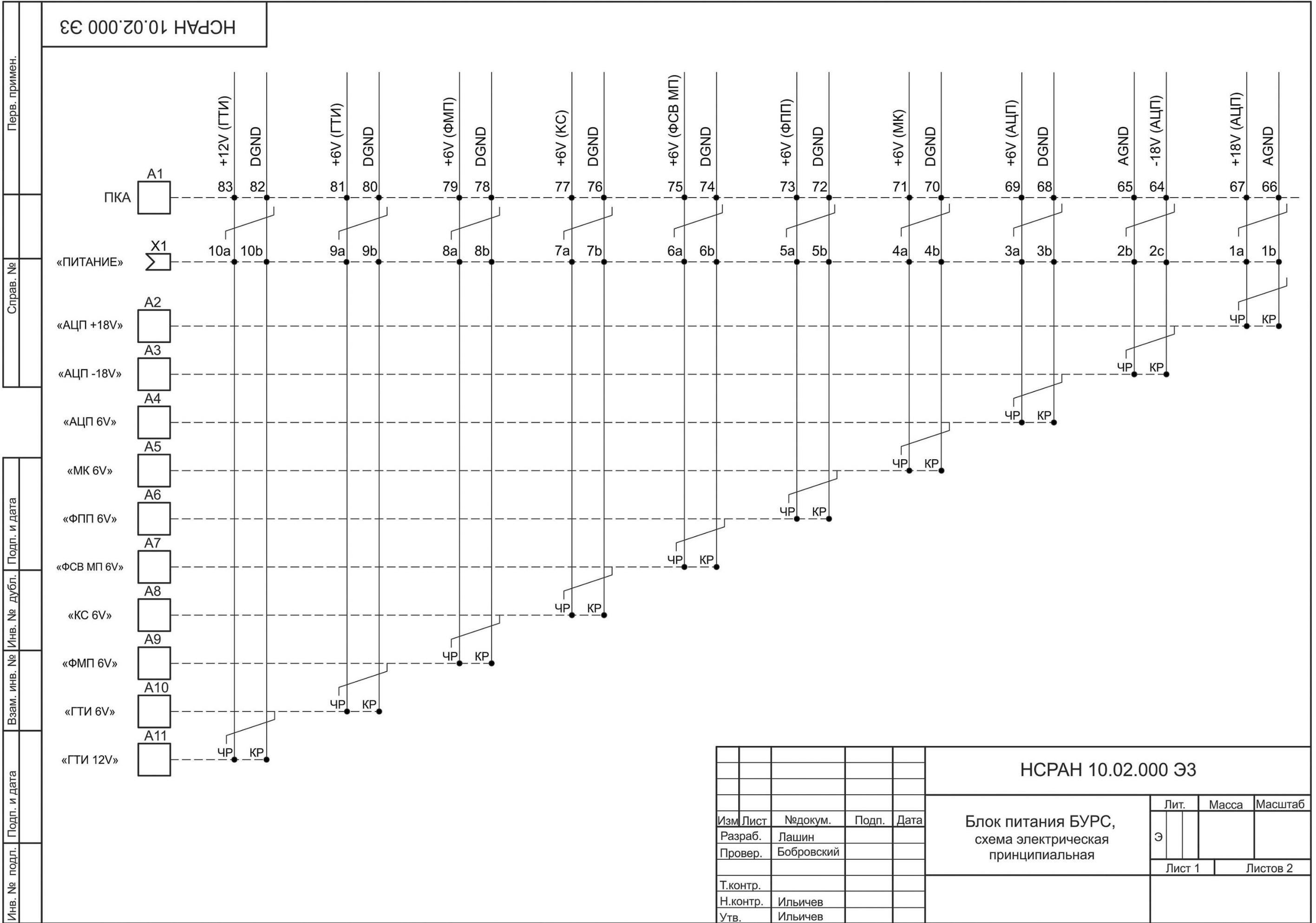
A



1. На главном виде крышка поз. 6 не показана.
2. Размеры для справок.

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

				НСРАН 10.02.000 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					3		1:2
Разраб.	Лисимов				Лист	Листов	1
Проб.	Бодровский						
Т.контр.	Лашин						
Н.контр.	Савченко						
Утв.	Ильичев						



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Перв. примен.

Справ. №

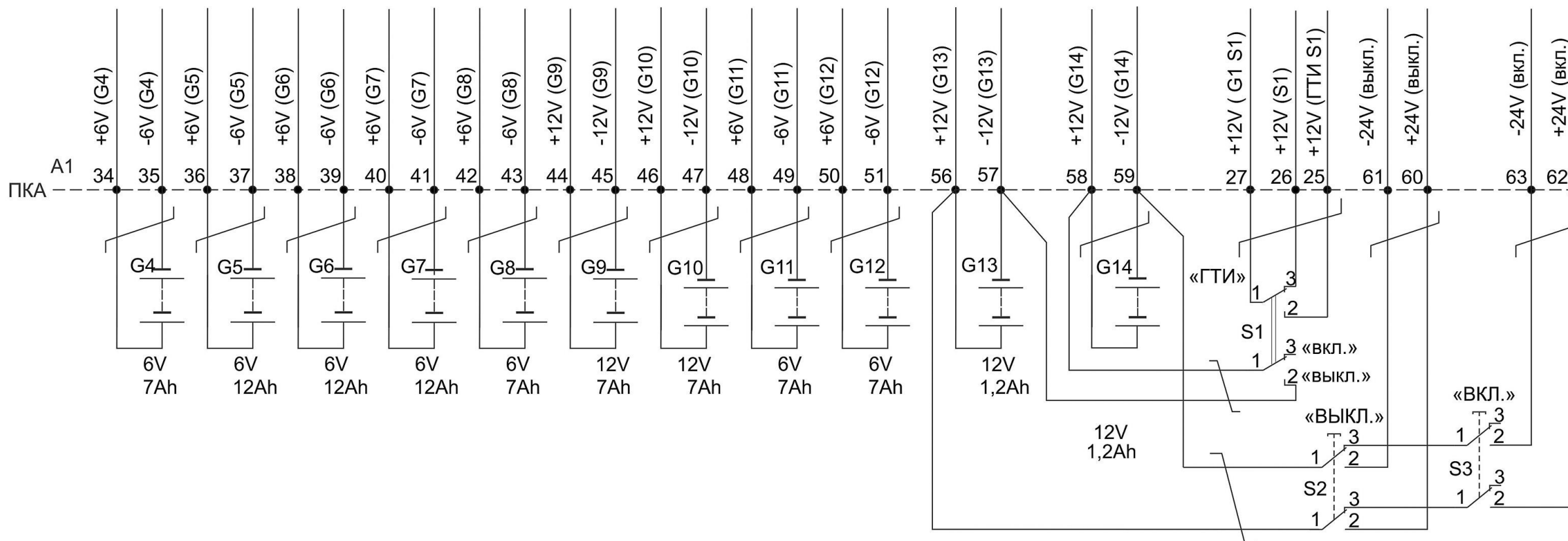
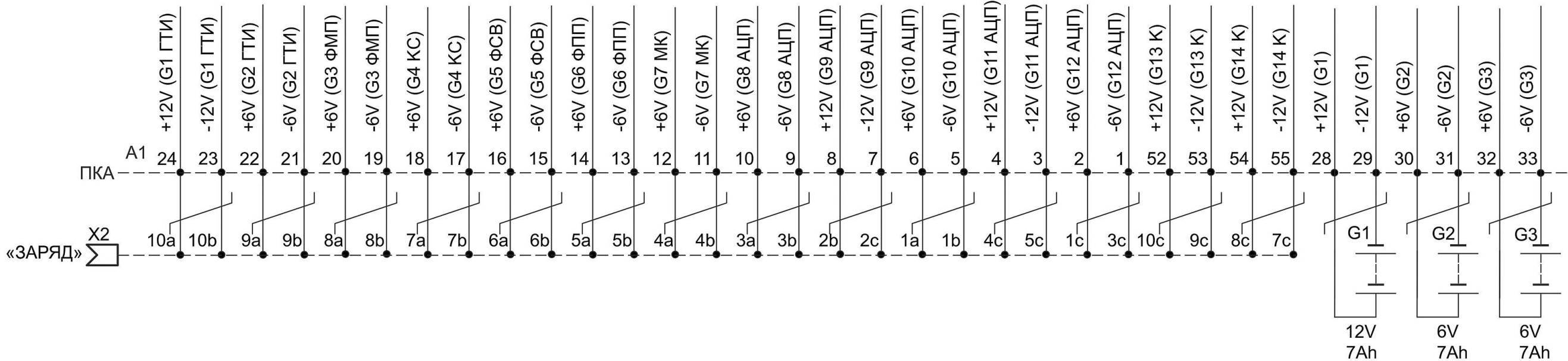
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

НСРАН 10.02.000 Э3

Лист

2

Копировал

Формат А3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
A3			НСРАН 10.02.024СБ	Плата коммутации аккумуляторов, чертеж сборочный			
A3			НСРАН 10.02.024 ПЭЗ	Плата коммутации аккумуляторов, перечень элементов			
A4			НСРАН 10.02.024 ЭЗ	Плата коммутации аккумуляторов, схема электрическая принципиальная			
<u>Детали</u>							
A3	1		НСРАН 10.02.025	Плата печатная ПКА	1		
	2			Заклепка ГОСТ 12639-80	10	DIN 7340A	
	3		НСРАН 10.00.035	Лепесток контактный	83		
<u>Прочие изделия</u>							
				Реле РПС32Б-ОС РС4.520.224	6	K1 - K6	
				Диод полупроводниковый 1N5822	2	VD1, VD2	
<u>Материалы</u>							
				Припой Прв КР2 ПОССу 61-0,5	15 г		
				ГОСТ 21931 - 76			
				Канифоль сосновая ГОСТ 19113-84	20 г		
НСРАН 10.02.024							
				Плата коммутации аккумуляторов, спецификация	Лит.	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№докум.	Подп.		Дата	Э	
	Разраб.	Лашин					
	Провер.	Бобровский					
	Т.контр.				Лист	Листов 1	
	Н.контр.	Савченко					
	Утв.	Ильичев					

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.01.024 СБ

Перв. примен.

Справ. №

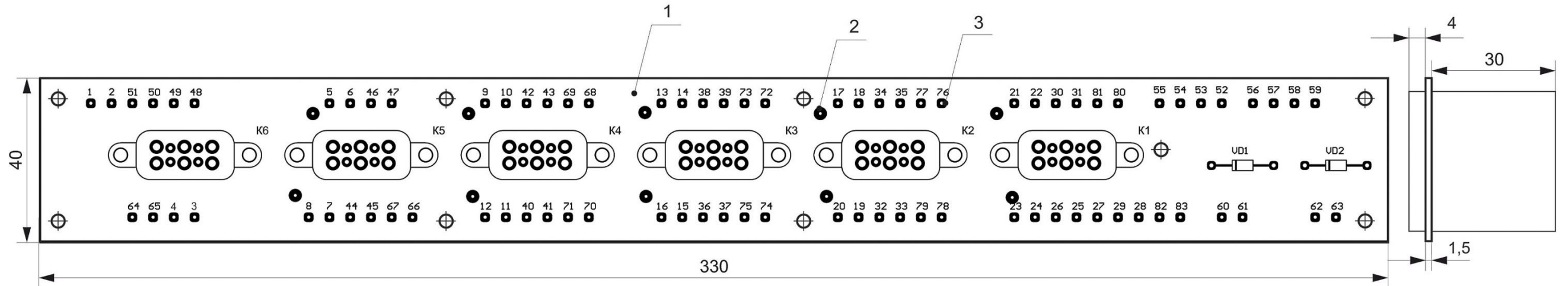
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



					НСРАН 10.02.024 СБ			
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Плата коммутации аккумуляторов, чертеж сборочный	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лашин					Э		1:1
Провер.	Бобровский					Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.	Савченко							
Утв.	Ильичев							

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

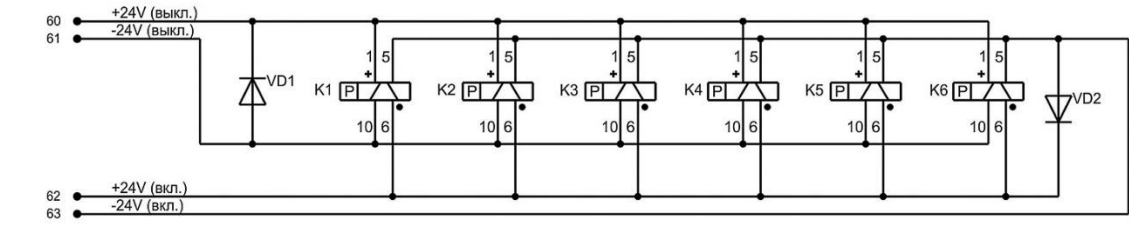
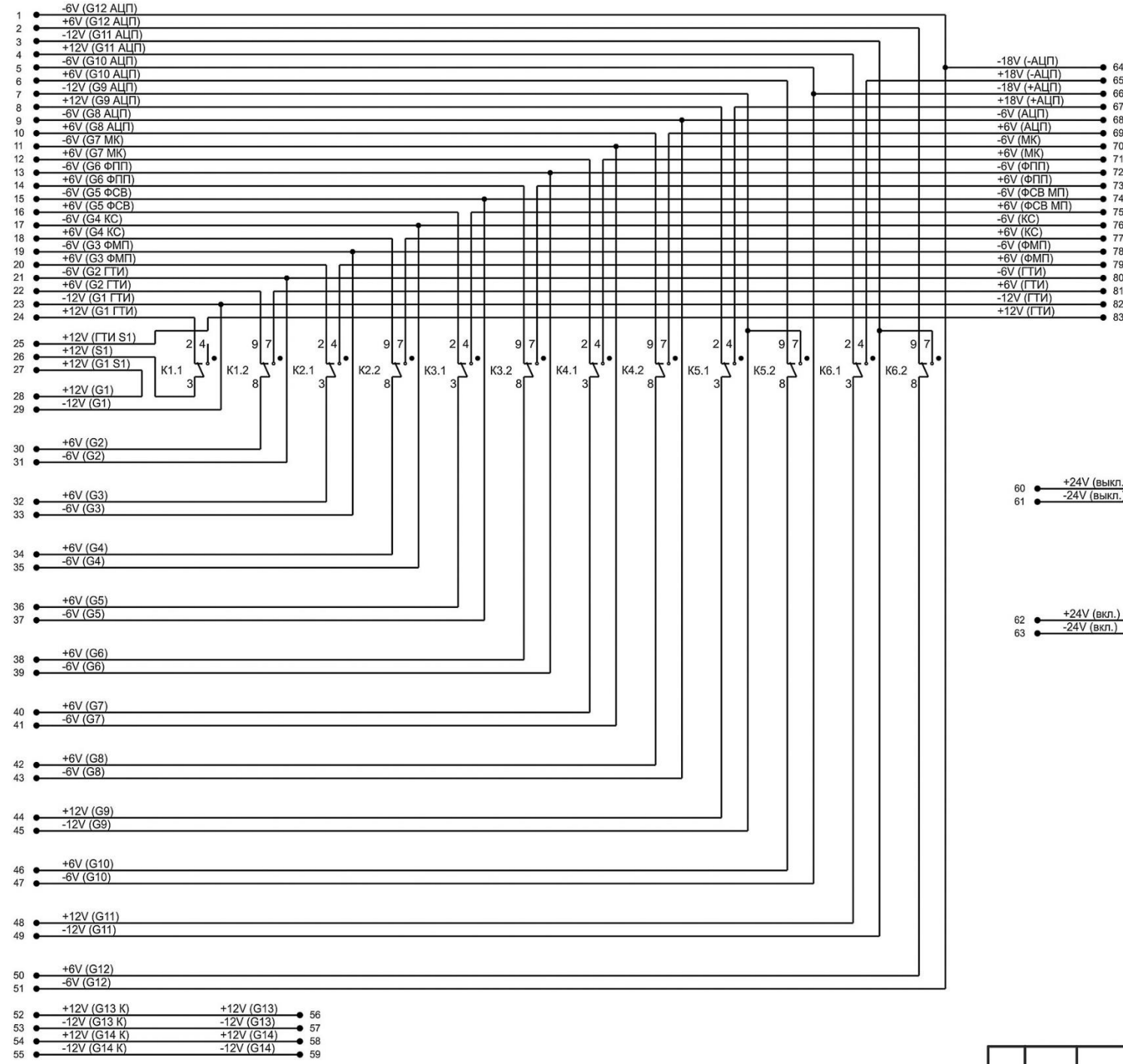
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



				НСРАН 10.02.024 ЭЗ					
Изм. Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Плата коммутации аккумуляторов, схема электрическая принципиальная			Лит.	Масса	Масштаб
							Э		
Разраб.	Лашин						Лист	Листов 1	
Провер.	Бобровский								
Т.контр.									
Н.контр.	Савченко								
Утв.	Ильичев								

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

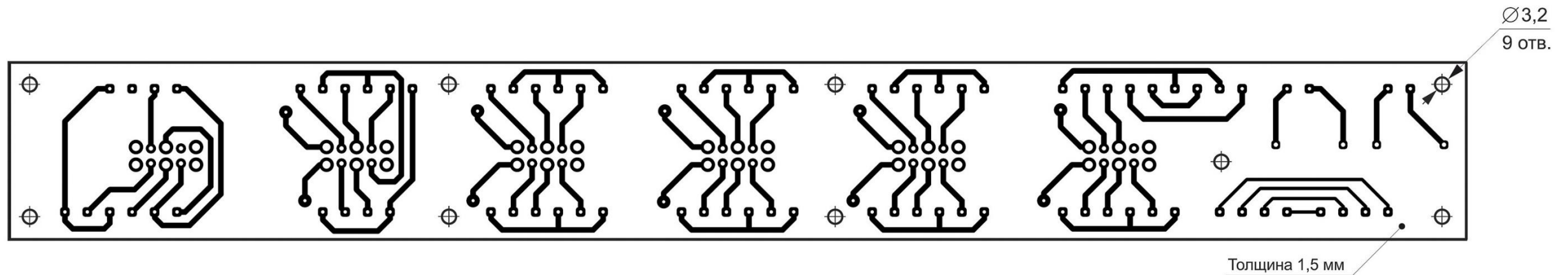
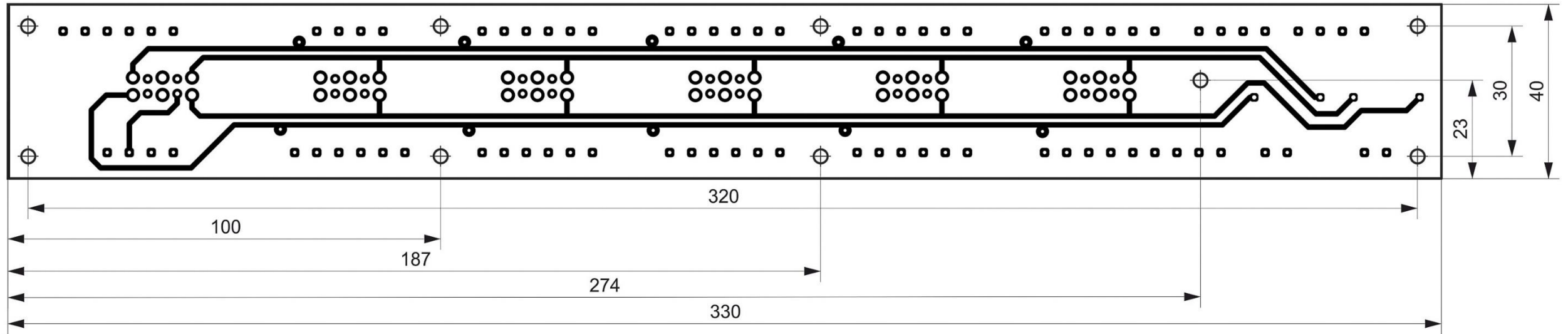
Подп. и дата

Инов. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инов. № подл.



1. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков 1,2 мм.
2. Диаметр отверстий для установки заклепок 2,5 мм.

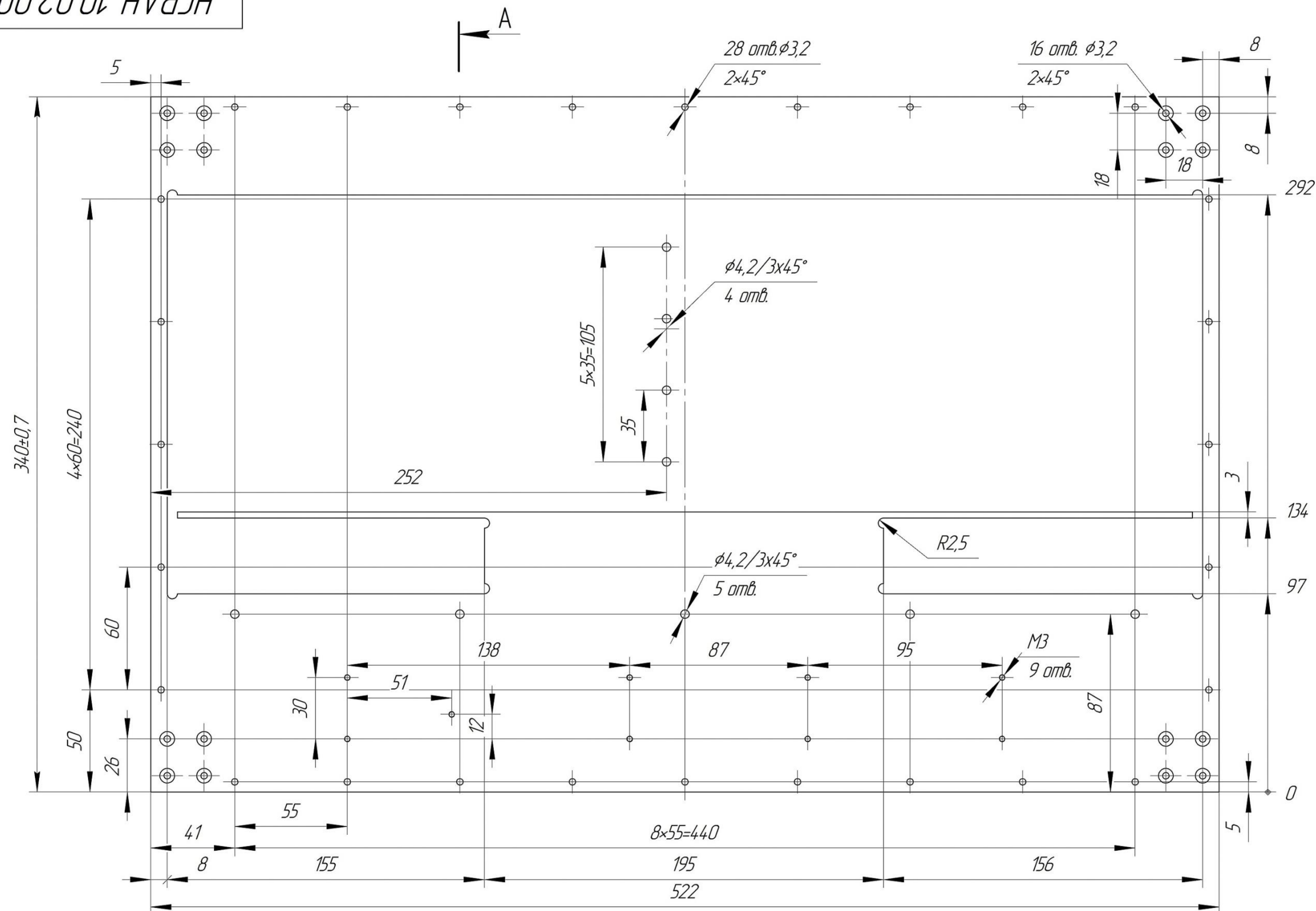
					НСРАН 10.02.025			
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Плата печатная ПКА	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лашин					Э		1:1
Провер.	Бобровский					Лист	Листов 1	
Т.контр.					Стеклотекстолит фольгированный двусторонний, толщина 1,5 мм СФ-2-35Г			
Н.контр.	Савченко							
Утв.	Ильичев							

Копировал

Формат А3

НСРАН 10.02.001

Rz 40
√(√)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров ±0.2мм.

				НСРАН 10.02.001				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Основание	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов					3		1:2
Пров.	Бойровский					Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин				Лист АМ26.Б.М 8			
Н.контр.	Савченко				ГОСТ 21631-76			
Утв.	Ильичев							

Копировал

Формат А3

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

НСРАН 10.02.002

Rz 40
✓(✓)

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

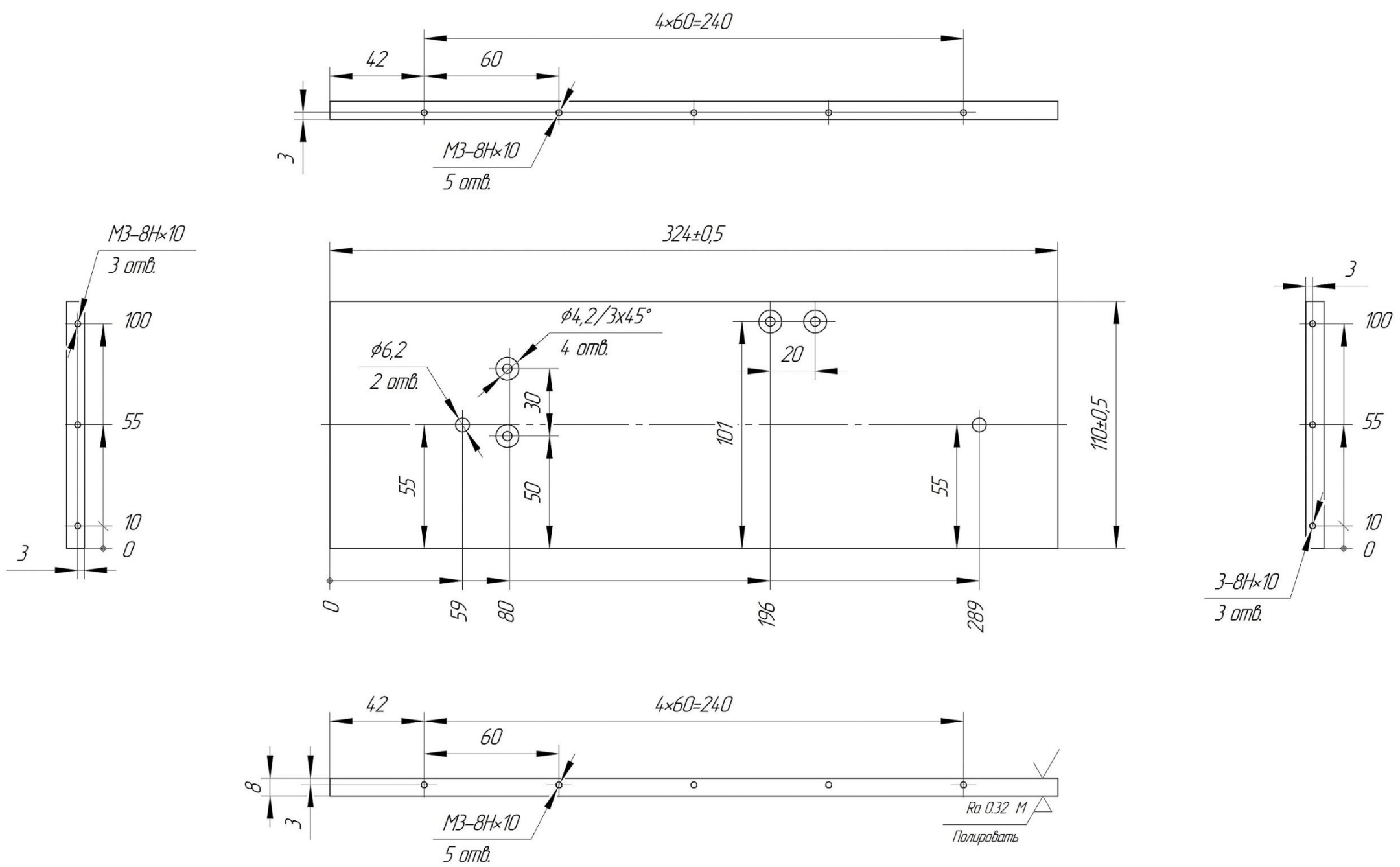
Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

1. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0.2\text{мм}$.



				НСРАН 10.02.002				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Панель боковая	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов					3		1:2
Пров.	Байровский					Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин							
Н.контр.	Савченко				Лист АМ26.Б.М 8 ГОСТ 21631-76			
Утв.	Ильичёв				Копировал			

Формат А3

НСРАН 10.02.003

Rz 40
✓(✓)

Перв. примен.

Справ. №

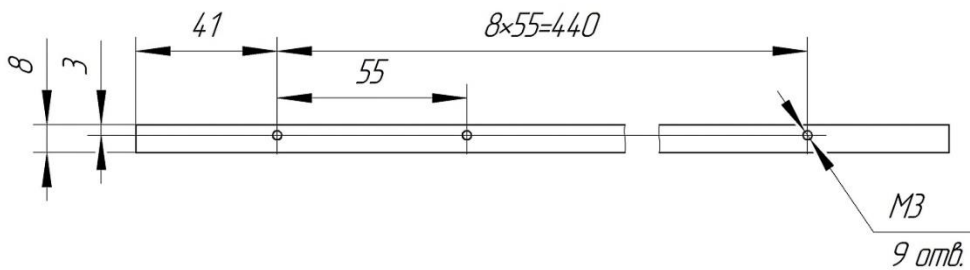
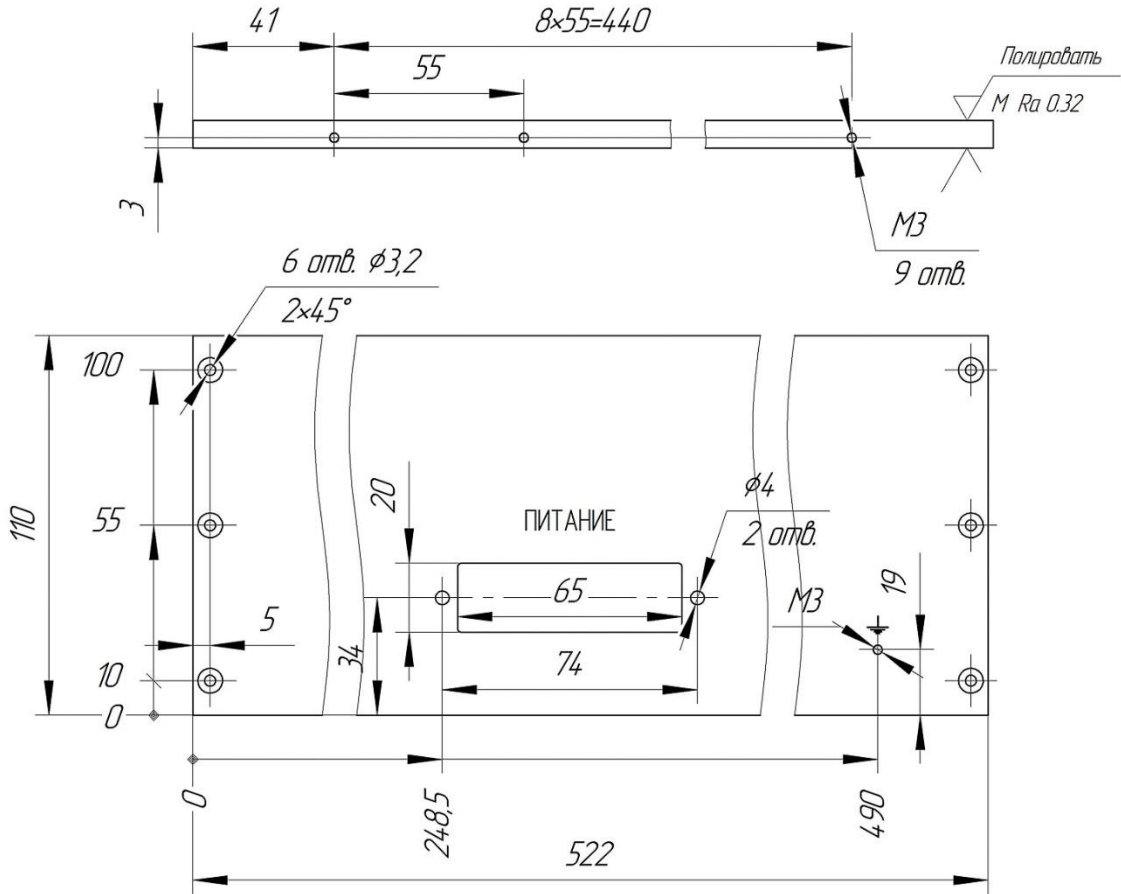
Подп. и дата

Инв. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



1. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,2$ мм.

НСРАН 10.02.003

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Пров.		Бабровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

Панель задняя

Лист АМ26.Б.М 8
ГОСТ 21631-76

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:2
Лист	Листов	1

Копировал

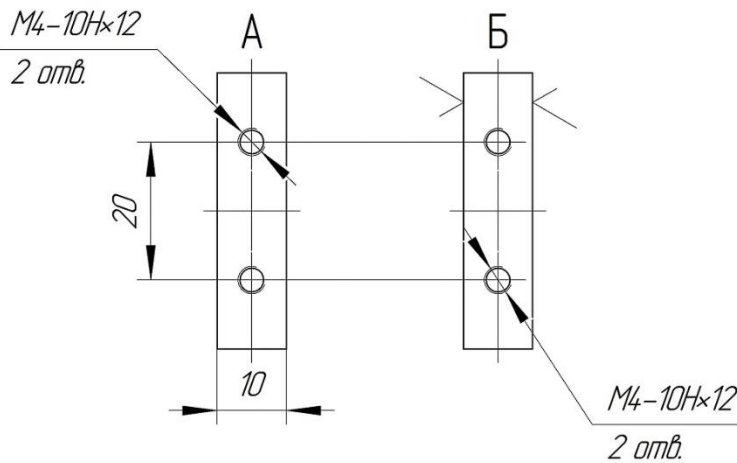
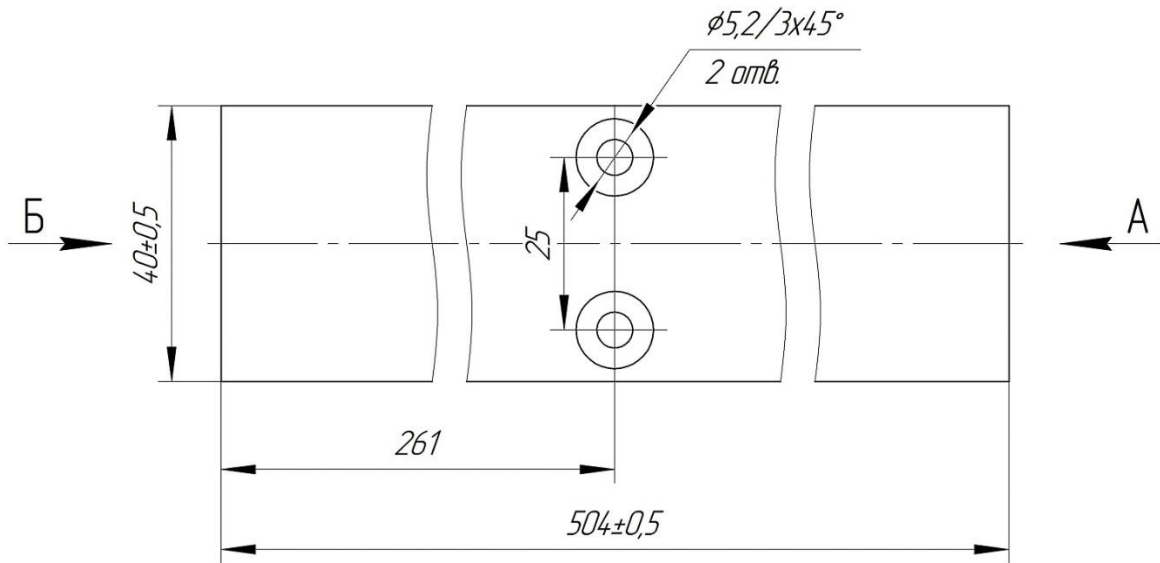
Формат А4

НСРАН 10.02.004

Rz 40
✓(✓)

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,2$ мм.

Подп. и дата

Инв. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бабровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

НСРАН 10.02.004

Планка №3

Лист АМ26.Б.М 10
ГОСТ 21631-76

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов	1

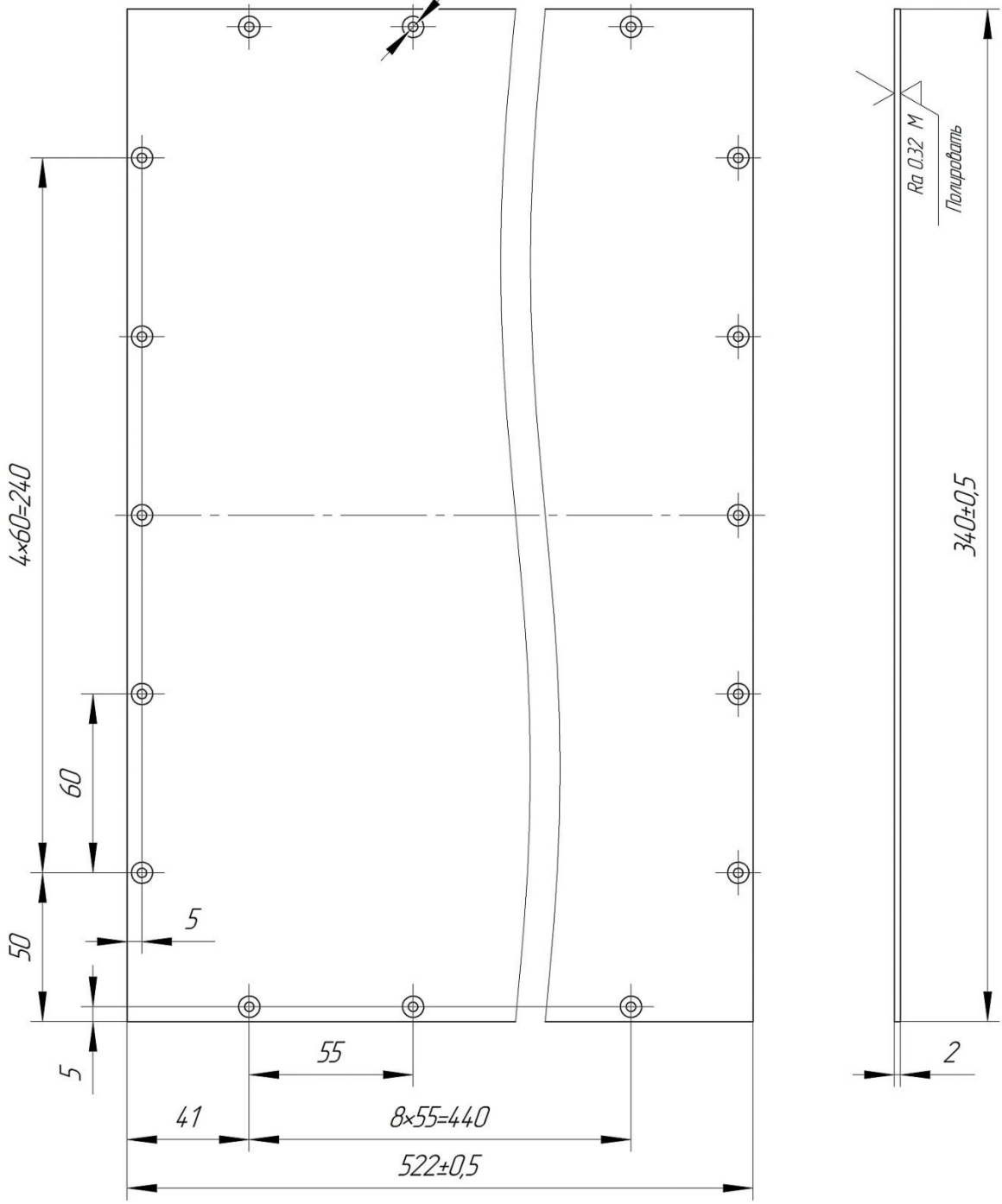
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.02.001

Rz 40
✓(✓)

26 отв. $\phi 3,2$
2x45°



1. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,2$ мм.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бобровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

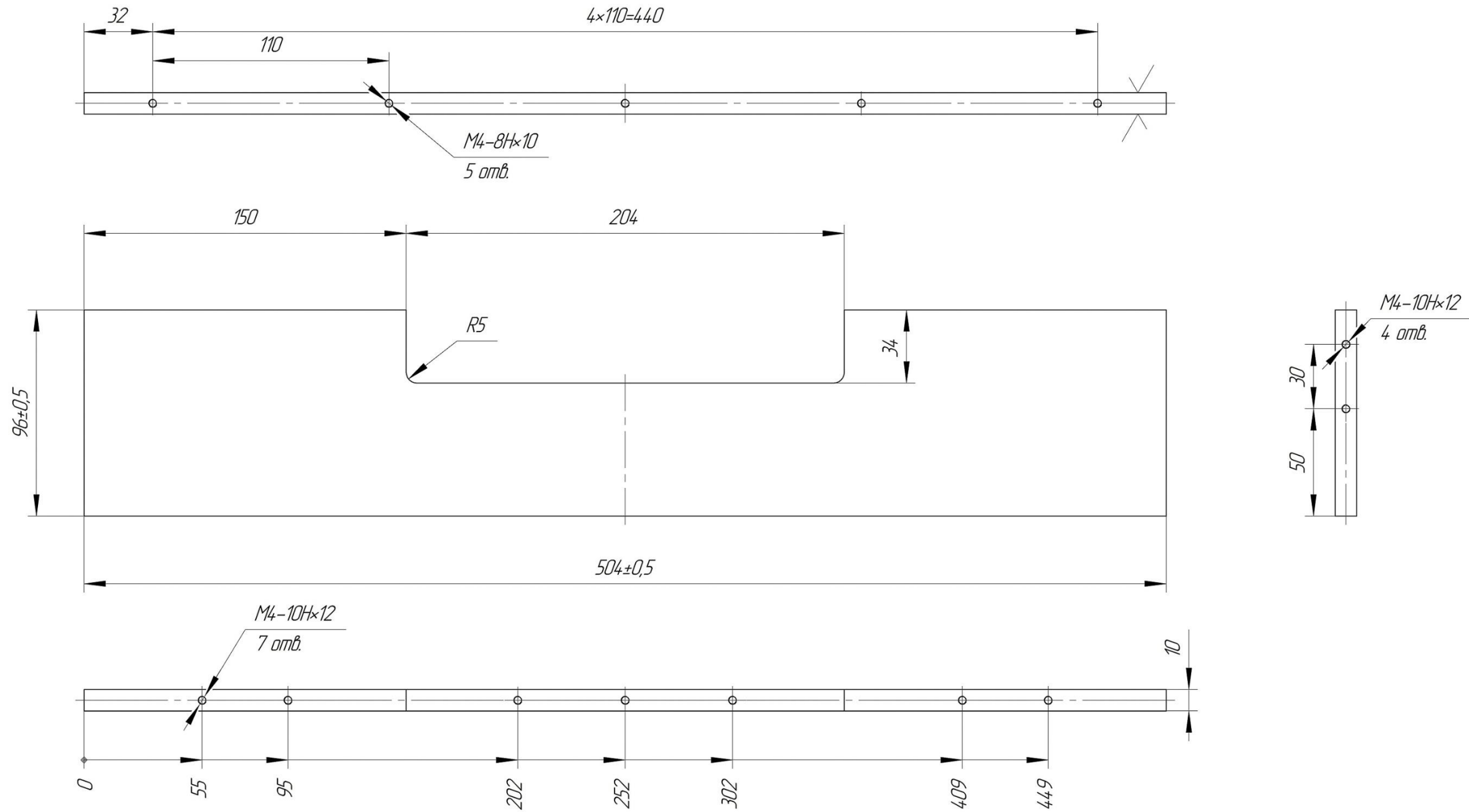
НСРАН 10.02.001				
Крышка		Лист	Масса	Масштаб
Лист АМ26.Б.М 2 ГОСТ 21631-76		3		1:2
		Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.02.006

Rz 40
√(√)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,2$ мм.

				НСРАН 10.02.006			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов				3		1:2
Проб.	Бабровский				Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин						
Н.контр.	Савченко						
Утв.	Ильичёв						
					Лист АМ26.Б.М 10 ГОСТ 21631-76		

Копировал

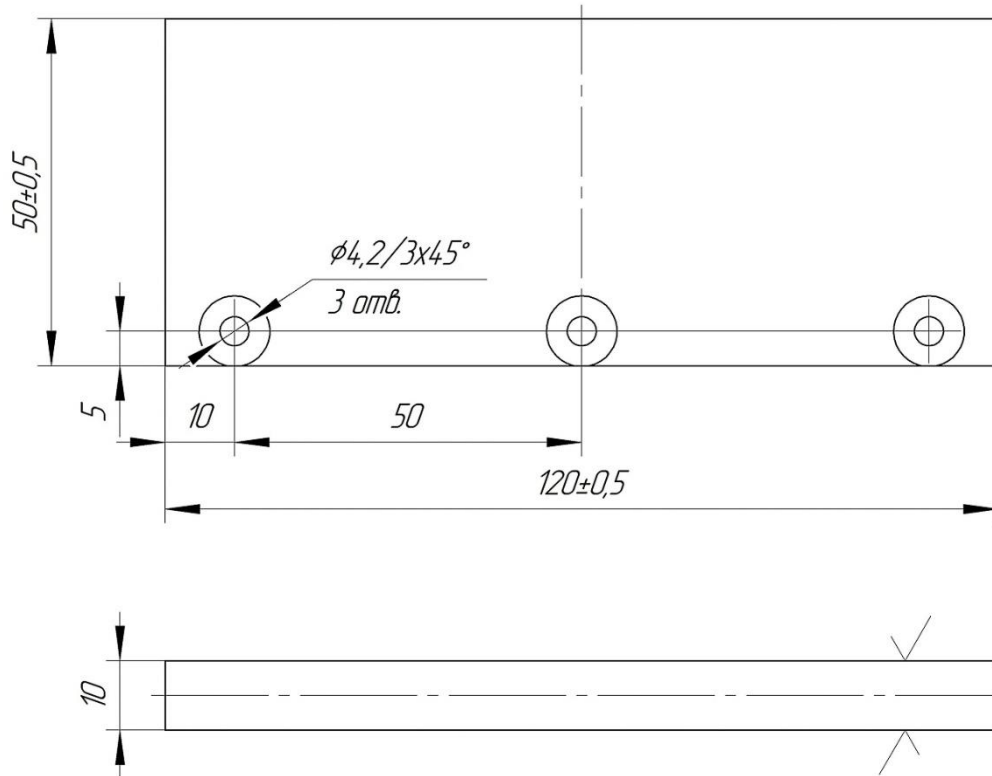
Формат А3

НСРАН 10.02.008

Rz 40
√(√)

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

1. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0.2\text{мм}$.

НСРАН 10.02.008

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Пров.		Бобровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичёв		

Планка №5

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов	1

Лист АМг6.Б.М 10
ГОСТ 21631-76

Копировал
227

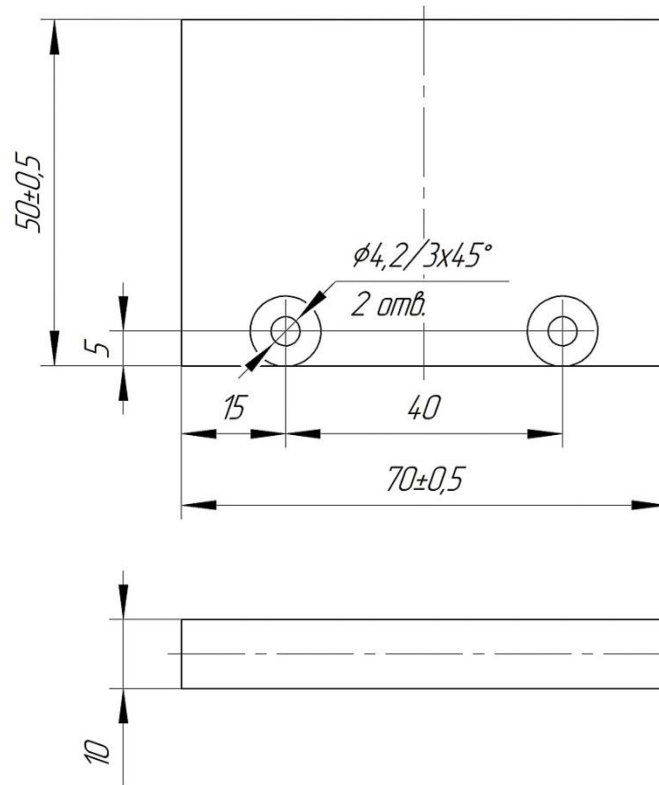
Формат А4

НСРАН 10.02.009

Rz 40
✓(✓)

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0.2\text{мм}$.

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бобровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

НСРАН 10.02.009

Планка №6

Лист АМз6.Б.М 10
ГОСТ 21631-76

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.02.011

Rz 40
√(√)

Перв. примен.

Справ. №

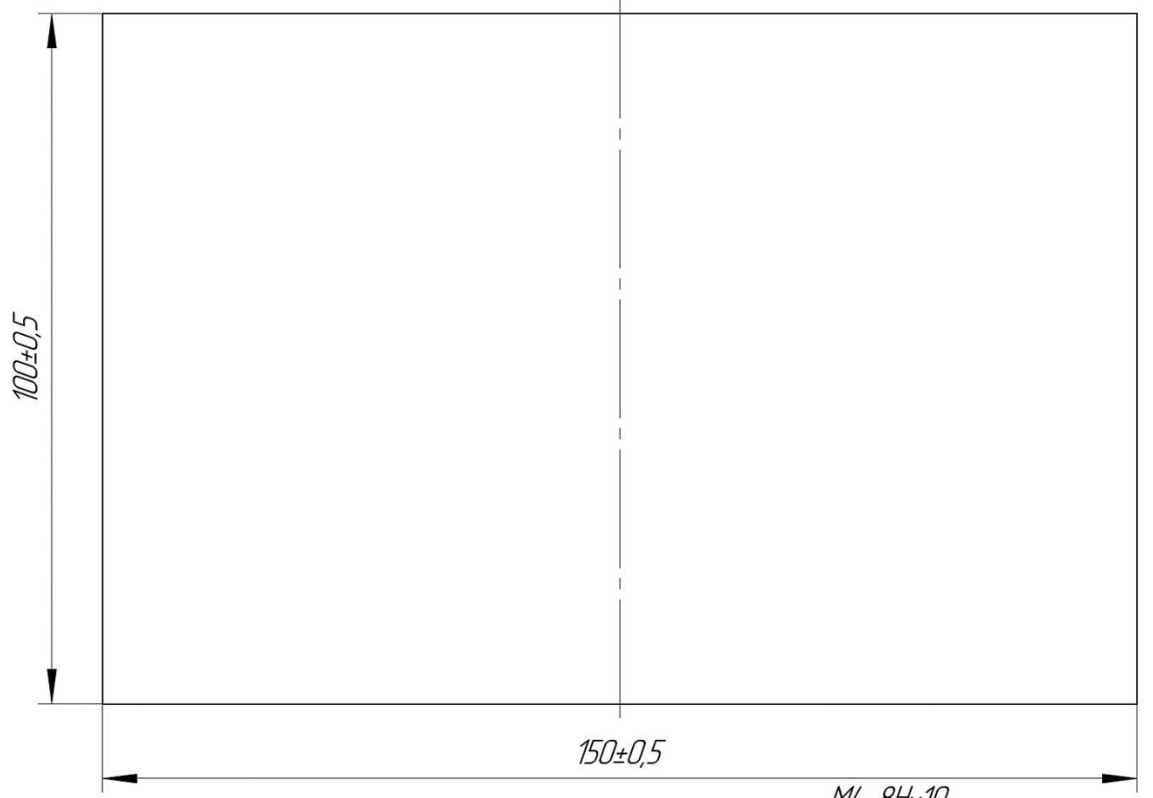
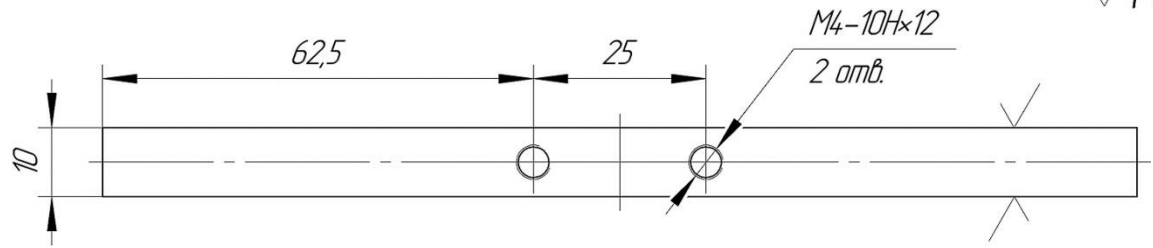
Подп. и дата

Инв. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



1. Неуказанные предельные отклонения размеров ±0.2мм.

НСРАН 10.02.011

Планка №8

Лист АМ26.Б.М 10
ГОСТ 21631-76

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бабровский			
Т.контр.	Лашин			
И.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

Лист	Масса	Масштаб
3		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

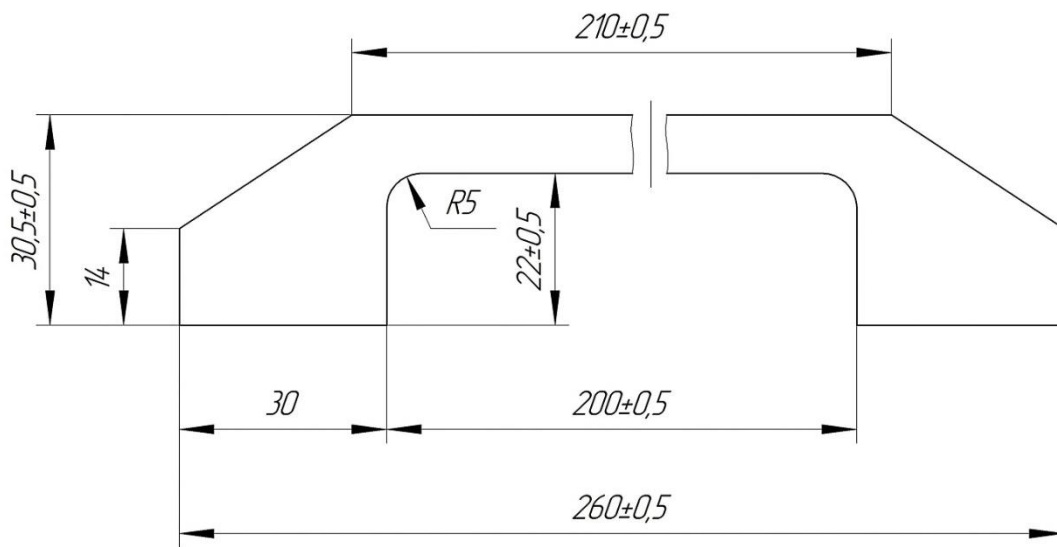
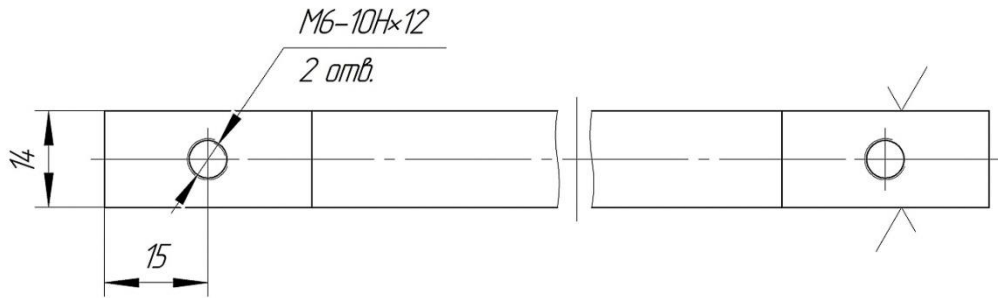
Формат А4

НСРАН 10.02.012

Rz 40
✓(✓)

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров ±0,2мм.

Подп. и дата

Инв. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бабровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

НСРАН 10.02.012

Ручка

Сталь 14
ГОСТ 1050-2013

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

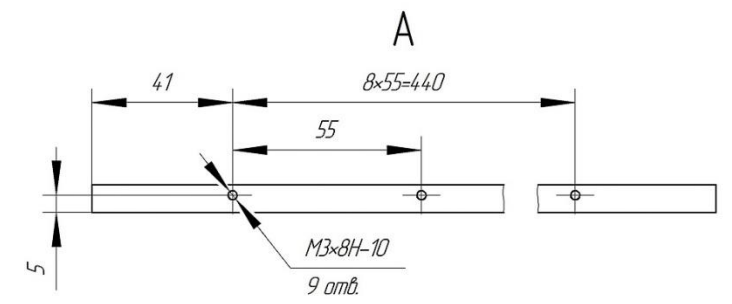
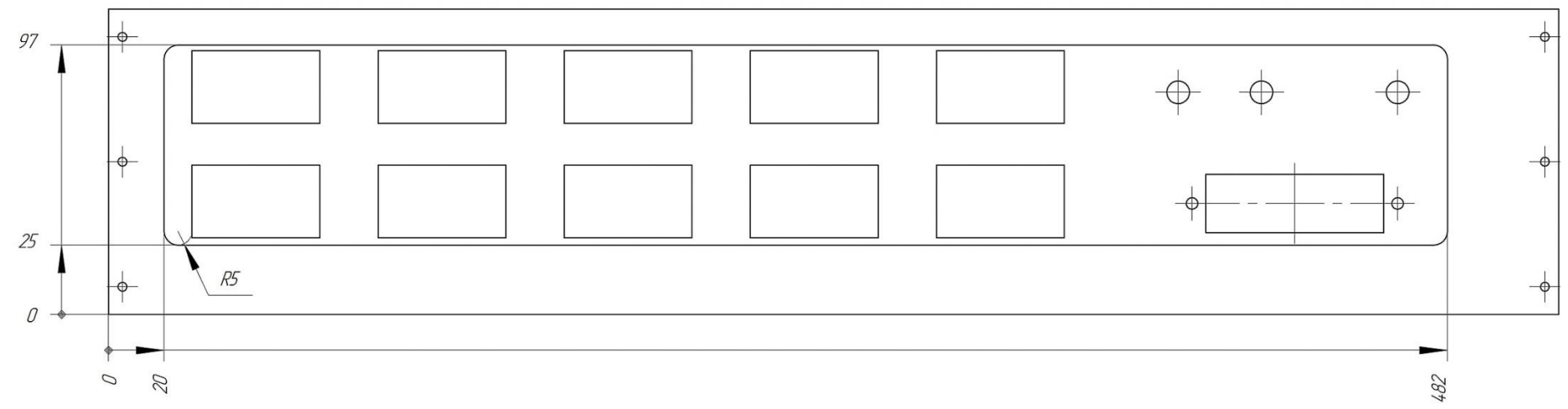
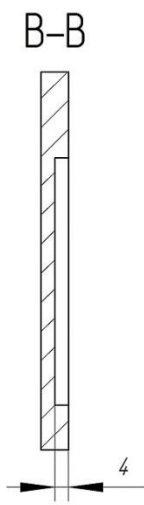
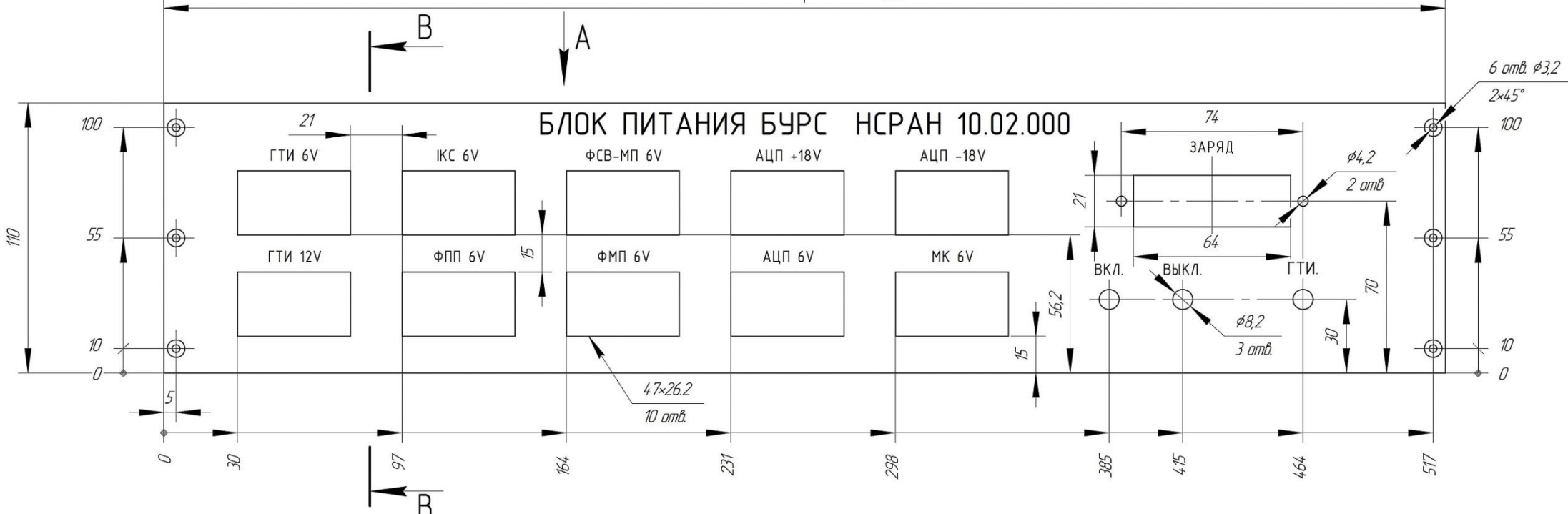
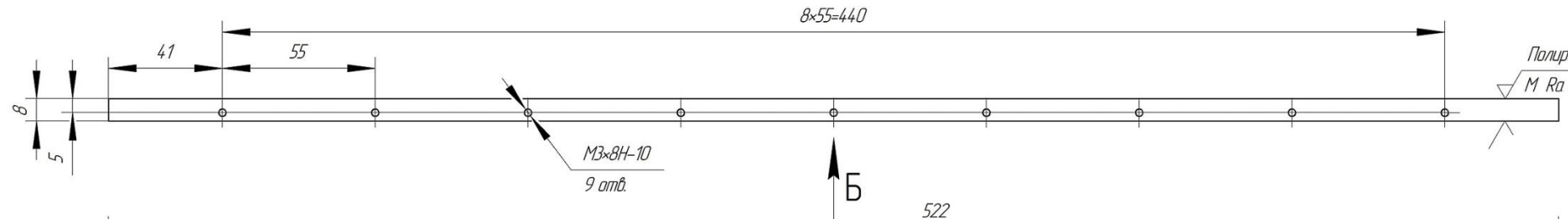
Формат А4

НСРАН 10.02.003

Rz 40

✓(✓)

Полировать
M Ra 0.32



1. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0.2\text{мм}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бобровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичев			

НСРАН 10.02.003			
Панель передняя	Лит.	Масса	Масштаб
	3		1:2
	Лист	Листов	1
Лист АМ26.Б.М 8 ГОСТ 21631-76			
Копировал		Формат А3	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

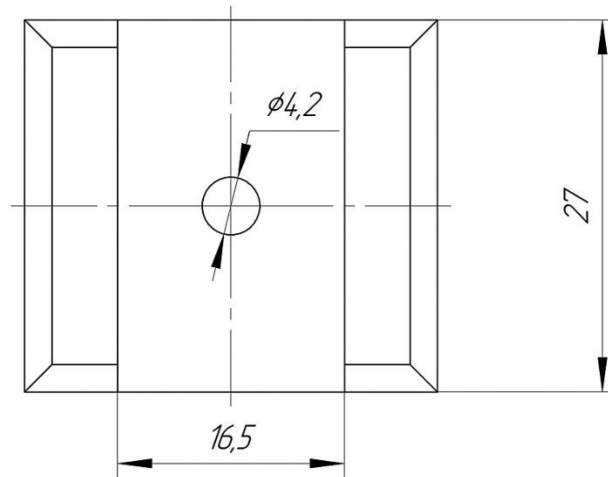
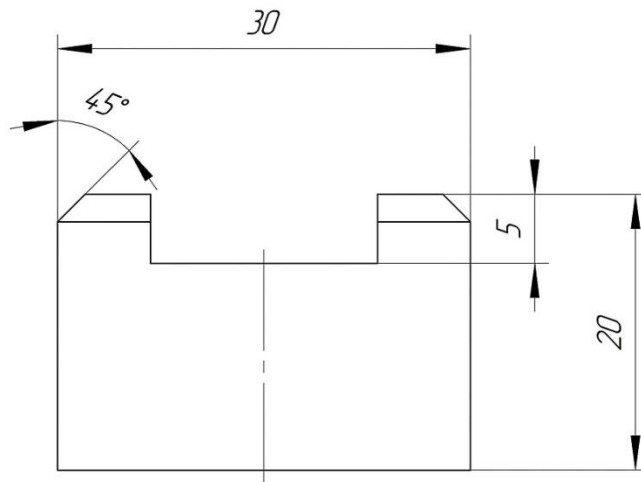
Инв. № подл.

НСРАН 10.02.013

Rz 40
✓(✓)

Перв. примен.

Справ. №



1. Неуказанные предельные отклонения размеров ±0.2мм.

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

НСРАН 10.02.013

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бабровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

Шаўда

Лист	Масса	Масштаб
3		1:1
Лист	Листов	1

Лист АМ26.Б.М 20
ГОСТ 21631-76

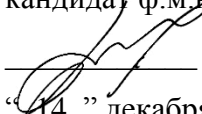
Копировал

Формат А4

Приложение В

Утверждаю:

кандидат ф.м.н., зав. ЛКИ


В.Д. Брагин

“ 14 ” декабря 2016 г.

Индукционный датчик сигналов

альбом схем и чертежей

НСРАН 010.03.000 АС

Проверил:

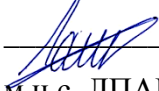
зав. ЛΠΑР


П.В. Ильичев

“ 15 ” ноября 2016 г.

Разработали:

м.н.с. ЛΠΑР


О.А. Лашин

м.н.с. ЛΠΑР


М.О. Лисимов

“ 14 ” ноября 2016 г.

Бишкек, 2016

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
			НСРАН 10.03.000 СБ	Датчик индукционный, чертеж сборочный		
			НСРАН 10.03.000 ПЭЗ	Датчик индукционный, перечень элементов		
			НСРАН 10.03.000 ЭЗ	Датчик индукционный, схема электрическая принципиальная		
			<i>Сборочные единицы</i>			
		1	НСРАН 10.03.004	Усилитель предварительный	1	
		2	НСРАН 10.03.005	Стабилизатор напряжения	1	
		3	НСРАН 10.03.006	Катушка градуировочная	1	
		4	НСРАН 10.03.016	Катушка измерительная	1	
		5	НСРАН 10.03.017	Катушка компенсационная (резистор)	1	
		6	НСРАН 10.03.018	Амортизатор	2	
НСРАН 10.03.000						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб. Лисимов		Лисимов				
Проб. Бобровский		Бобровский				
Н.контр. Савченко		Савченко				
Утв. Ильичёв		Ильичёв				
Датчик индукционный, спецификация				Лит.	Лист	Листов
				Э	1	3

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
		7	НСРАН 10.03.007	Кожух	1	
		8	НСРАН 10.03.009	Сердечник пермаллоевый	2	
		9	НСРАН 10.03.013	Шайба резиновая	2	
		10	НСРАН 10.03.024	Цилиндр фиксирующий	2	
		11	НСРАН 10.03.037	Винт М5×37	8	
		12	НСРАН 10.03.027	Скоба №1	1	
		13	НСРАН 10.03.027-1	Скоба №2	1	
		14	НСРАН 10.03.029	Винт М8×7	1	
		15	НСРАН 10.03.030	Заглушка №1	1	
		16	НСРАН 10.03.031	Заглушка №2	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		17		Винт с цилиндрической головкой	8	
				ГОСТ Р ИСО 1207-М3 х 8		
		18		Винт с цилиндрической головкой	4	
				ГОСТ Р ИСО 1207-М3 х 10		

И-в. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
И-в. № докл.	Подп. и дата
И-в. № инв.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НСРАН 10.03.000	Лист
						2

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		19		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М3 х 6-Н	8	
		20		Гайка М3-6Н ГОСТ 5916-70	8	
		21		Шайба А 3.37 ГОСТ 10450-78	8	
		22		Лепесток 1-2-8,4 х 28-00 ГОСТ 22376-77	1	
		23		Кольцо 044 *052-46-2-2 ГОСТ 9833-73	4	
				<u>Прочие изделия</u>		
		24		Вилка блочная 14 1 82-07 PG-321	1	CONXALL

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № д.ц.д.	Подп. и дата

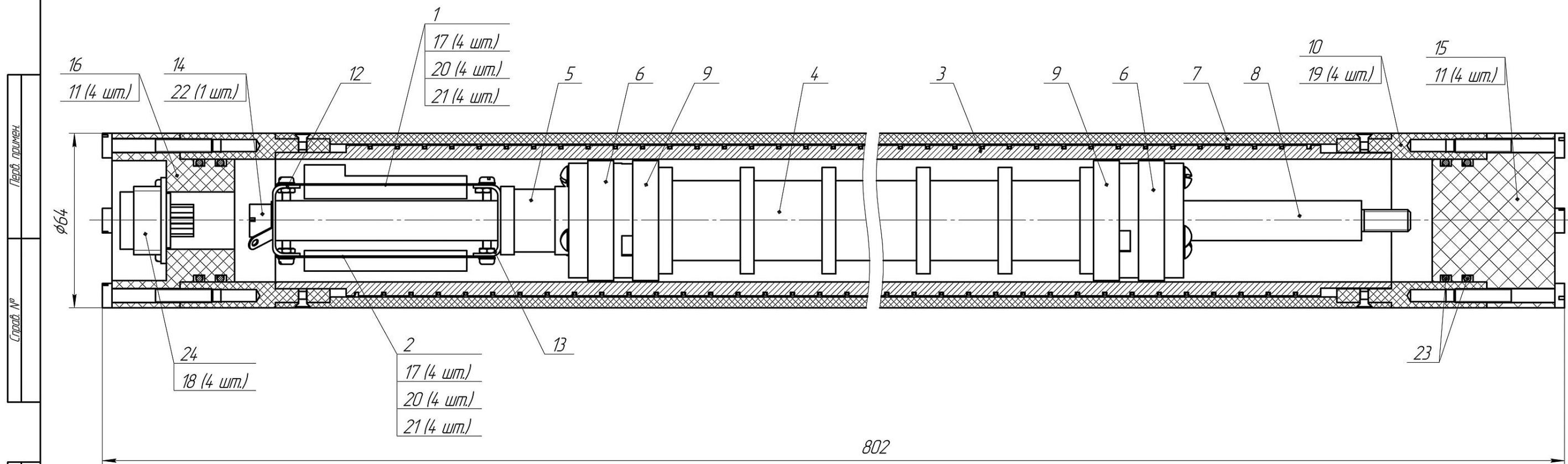
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

НСРАН 10.03.000

Лист
3

Копировал

Формат А4



1 *Размеры для справок.

Инд. № подл.
Подп. и дата
Взам. инд. № / Инд. № дубл.
Подп. и дата
Склад. №
Пред. произв.

НСРАН 10.03.000 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3		1:1
Разраб.	Лисимов					
Проб.	Бадраевский					
Т.контр.	Лашин			Лист	Листов	1
Н.контр.	Савченко					
Утв.	Ильичев					

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

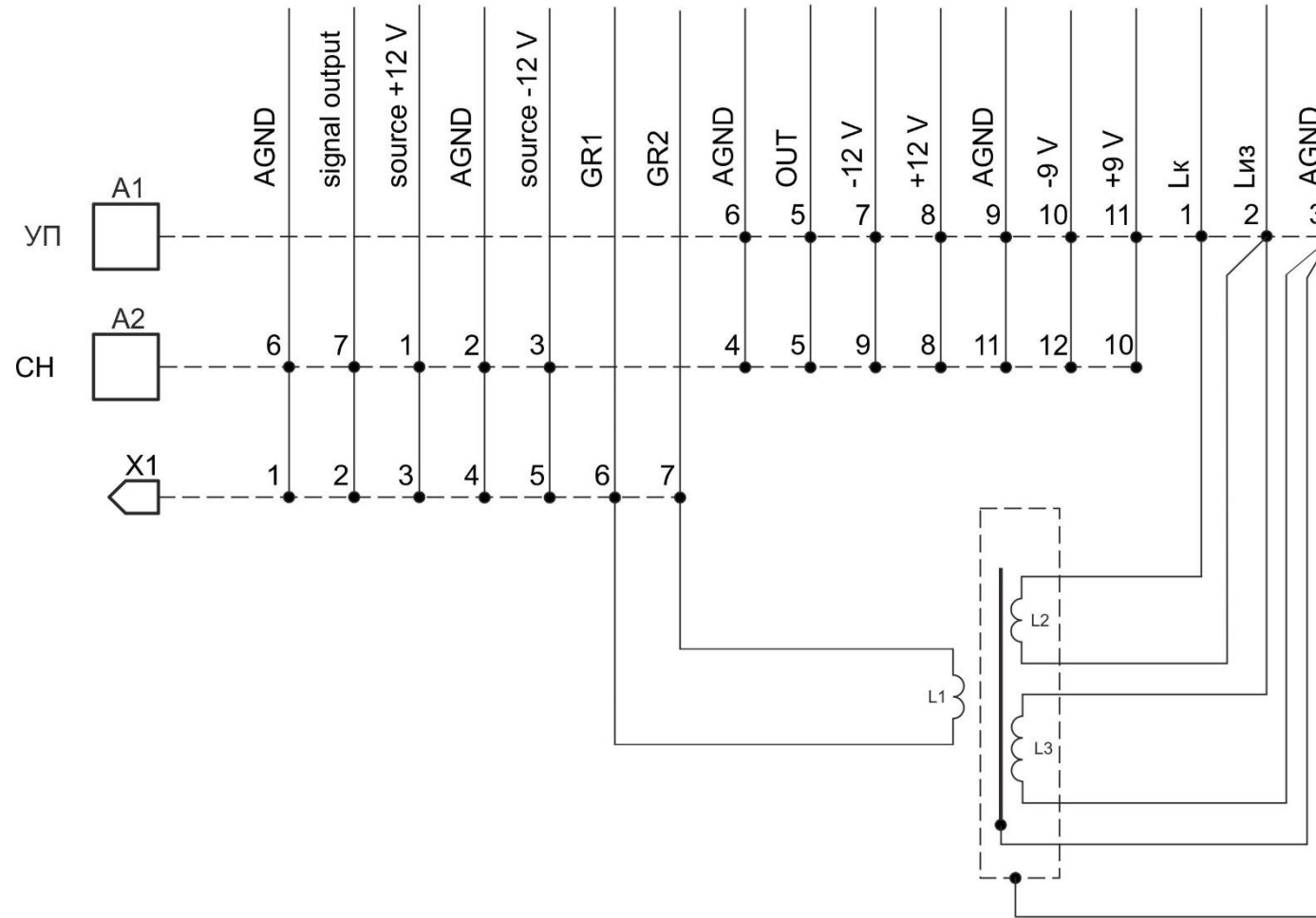
Подп. и дата

Инва. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инва. № подл.



				НСРАН 10.03.000 ЭЗ				
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Индукционный датчик, схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Лашин				Э		
Провер.		Бобровский				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Ильичев						
Утв.		Ильичев						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						<u>Документация</u>				
		A4			НСРАН 10.03.004 СБ	Усилитель предварительный, чертеж сборочный				
		A4			НСРАН 10.03.004 ПЭЗ	Усилитель предварительный, перечень элементов				
		A4			НСРАН 10.03.004 ЭЗ	Усилитель предварительный, схема электрическая принципиальная				
						<u>Детали</u>				
		A4	1		НСРАН 10.03.0	Плата печатная УП	1			
			2			Заклепка ГОСТ 12639-80	11	DIN 7340A		
			3		НСРАН 10.00.035	Лепесток контактный	11			
						<u>Прочие изделия</u>				
						<u>Конденсаторы</u>				
						SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	7	C1, C4, C5, C7 - C9, C12		
						Тант. SMD - 16 В - 10,0 мкФ ± 20% - С	4	C2, C6, C10, C13		
						SMD - Y5V - 50B - 68 пФ ± 20% - 1206	2	C3, C11		
					НСРАН 10.03.004					
						Усилитель предварительный, спецификация	Лит.	Масса	Масштаб	
		Изм	Лист	№докум.	Подп.		Дата	Э		
		Разраб.		Лашин						
		Провер.		Бобровский						
		Т.контр.						Лист 1	Листов 2	
		Н.контр.		Савченко						
		Утв.		Ильичев						

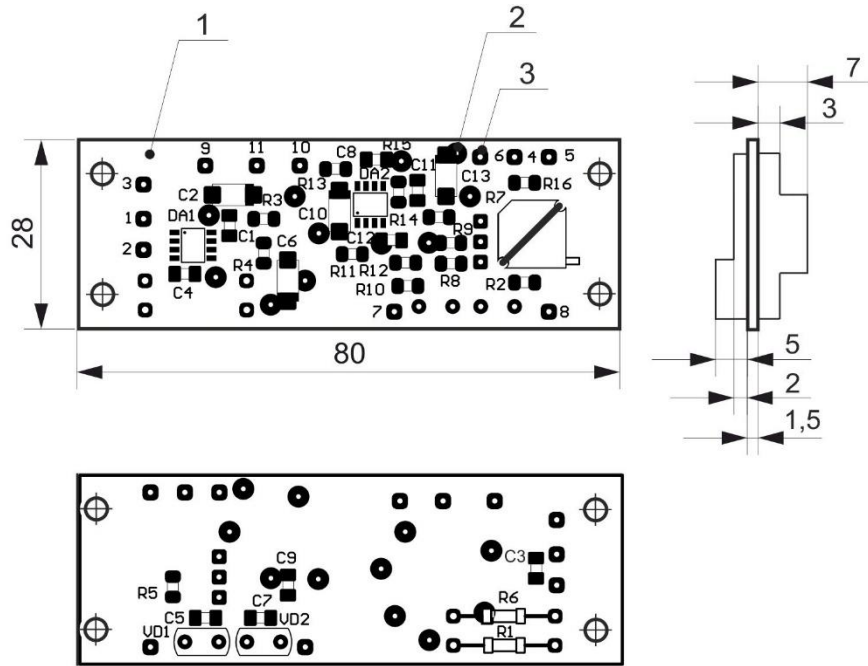
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.004 СБ

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата
	Разраб.	Лашин		
	Провер.	Бобровский		
	Т.контр.			
	Н.контр.	Ильичев		
	Утв.	Ильичев		

НСРАН 10.03.004 СБ

Усилитель
предварительный,
чертеж сборочный

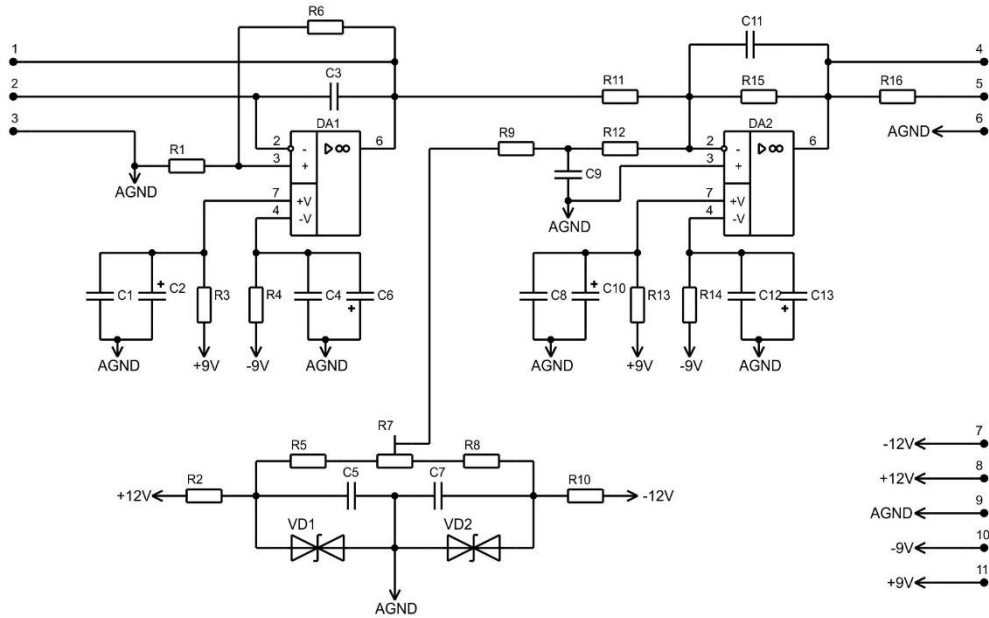
Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист	Листов 1	

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
		Лашин		
		Бобровский		
		Ильичев		
		Ильичев		

НСРАН 10.03.004 ЭЗ

Усилитель
предварительный,
схема электрическая
принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист	Листов 1	

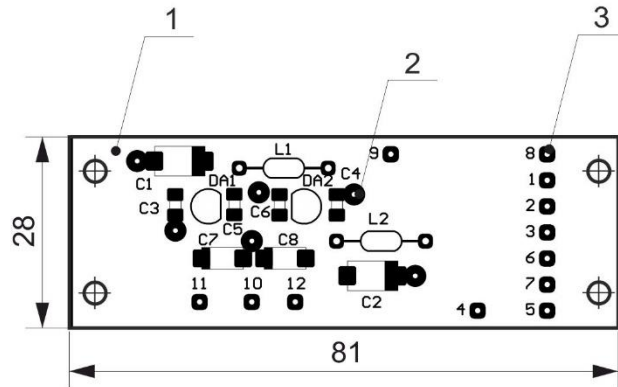
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.005 СБ

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

НСРАН 10.03.005 СБ

Стабилизатор
напряжения,
чертеж сборочный

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист	Листов 1	

Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата
		Лашин		
		Бобровский		

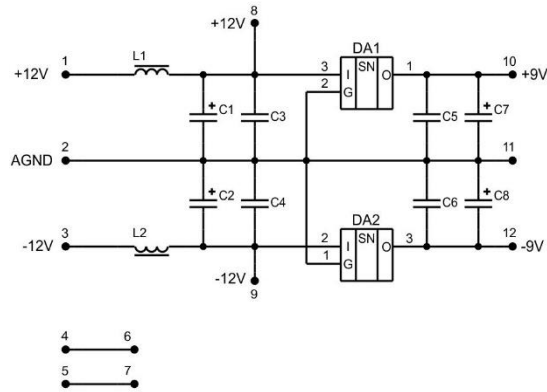
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.005 Э3

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инвар. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

НСРАН 10.03.005 Э3

Стабилизатор
напряжения,
схема электрическая
принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист	Листов 1	

Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лашин		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Ильичев		
Утв.		Ильичев		

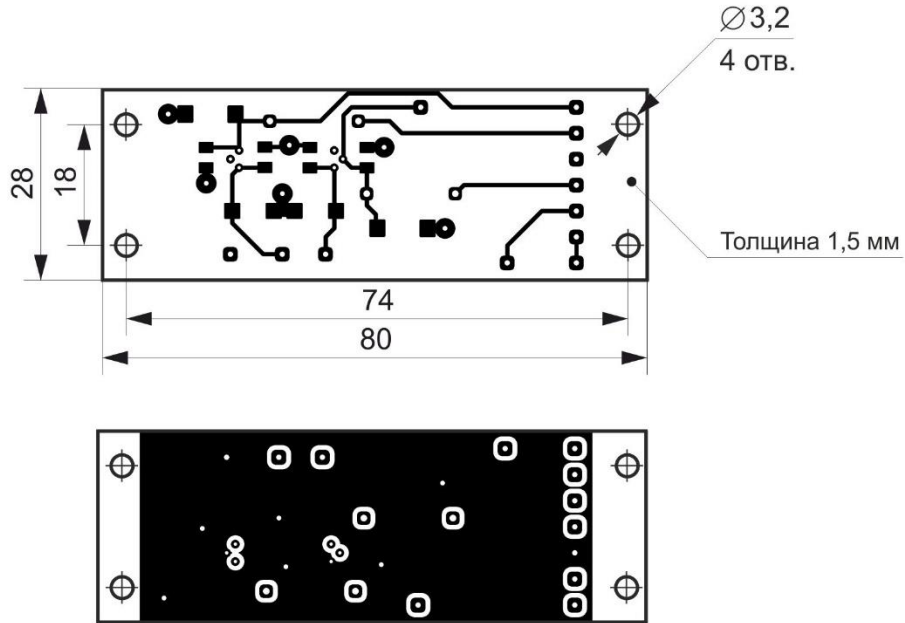
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.044

Перв. примен.

Справ. №



1. Диаметр отверстий для установки микросхем DA1, DA2 и индуктивностей L1, L2 равен 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата
		Лашин		
		Бобровский		

НСРАН 10.03.044

Плата печатная СН

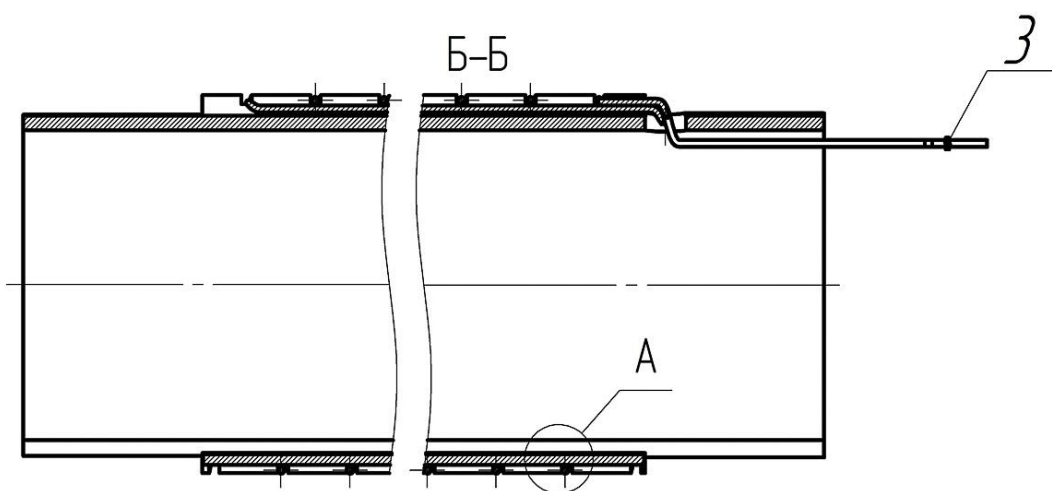
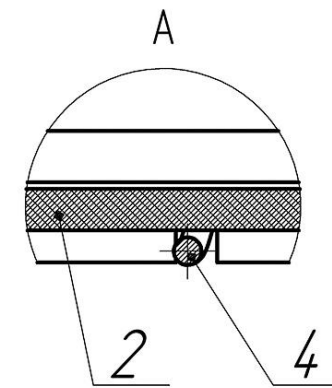
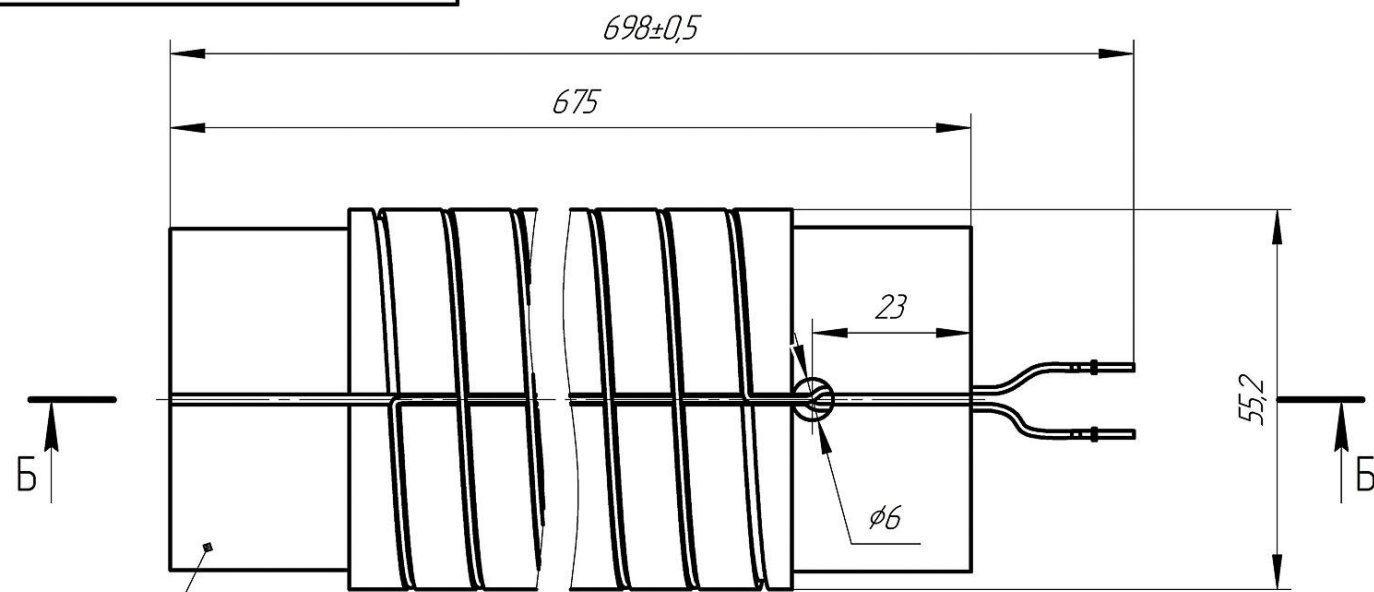
Стеклотекстолит фольгированный
двусторонний, толщина 1,5 мм
СФ-2-35Г

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов 1	

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.006 СБ



- 1 Катушка содержит 62 витка.
- 2 Провод катушки укладывается в пазы каркаса поз. 1.
- 3 Концы провода катушки зачистить, скрутить и припаять лепесток поз. 3, на место пайки надеть термоусадочный кембрик.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
		1	НСРАН 10.03.022	Каркас (экран)	1	
		2	НСРАН 10.03.019	Пластина изоляционно-ограничительная	1	
		3	НСРАН 10.03.035	Лепесток контактный		
				<u>Материалы</u>		
		4		Провод МС 16-13 1x0,2 ТУ 16-505.083-78		

НСРАН 10.03.006 СБ

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Лисимов			3		1:1
Проб.		Бодровский					
Т.контр.		Лашин					
Н.контр.		Савченко					
Утв.		Ильичев					

Копировал

Формат А3

НСРАН 10.03.022

Лист примен.

Справ. №

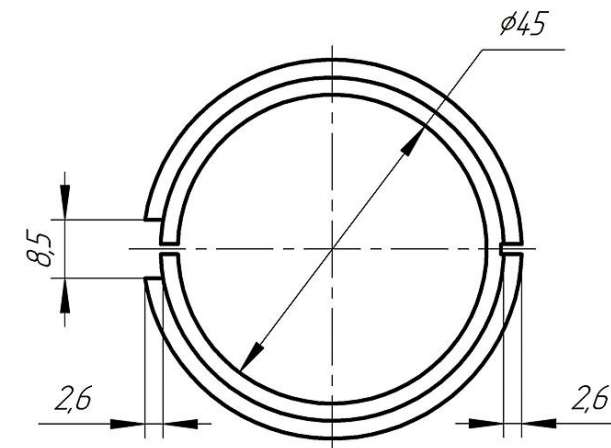
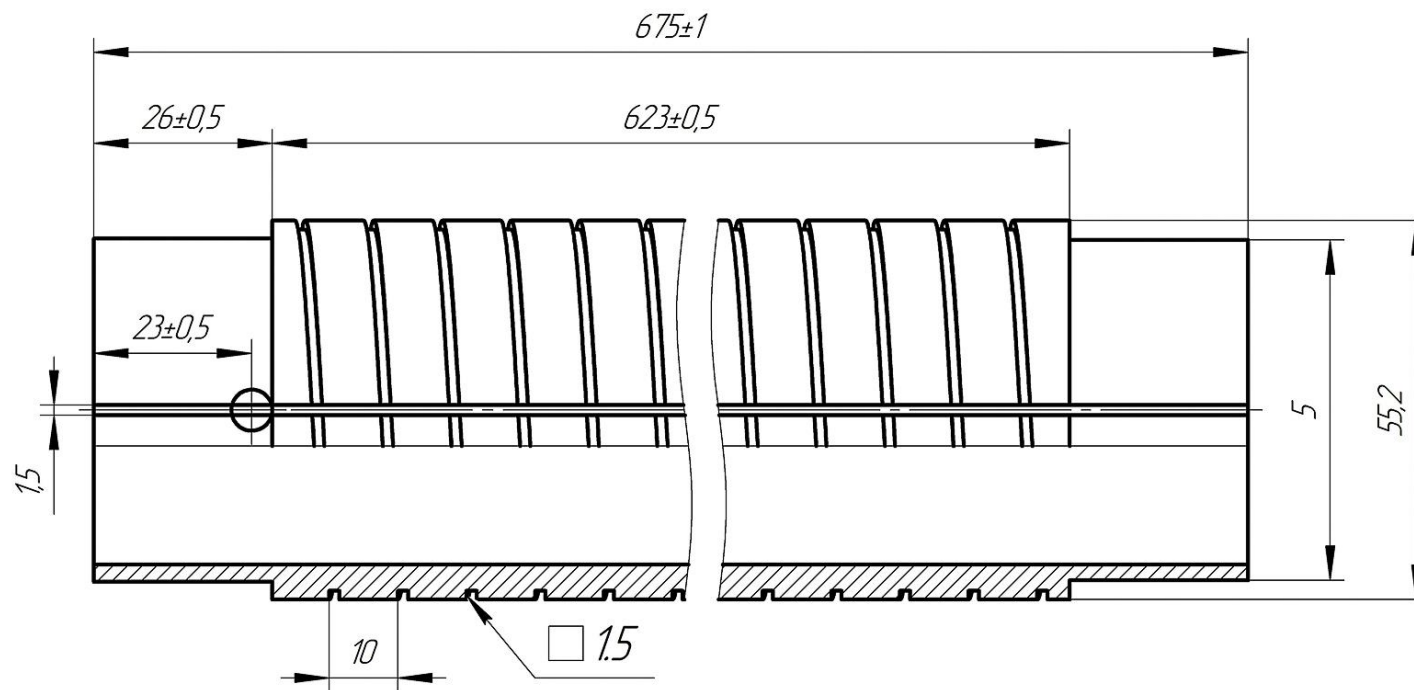
Подп. и дата

Инд. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



1 Неуказанные предельные отклонения размеров ± 0.3 мм.

				НСРАН 10.03.022			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов				3		1:1
Пров.	Байровский				Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин						
Н.контр.	Савченко						
Утв.	Ильичёв						
					АМ26 ГОСТ 4784-97		

Копировал

Формат А3

НСРАН 10.03.016 СБ

Перв. примен.

Справ. №

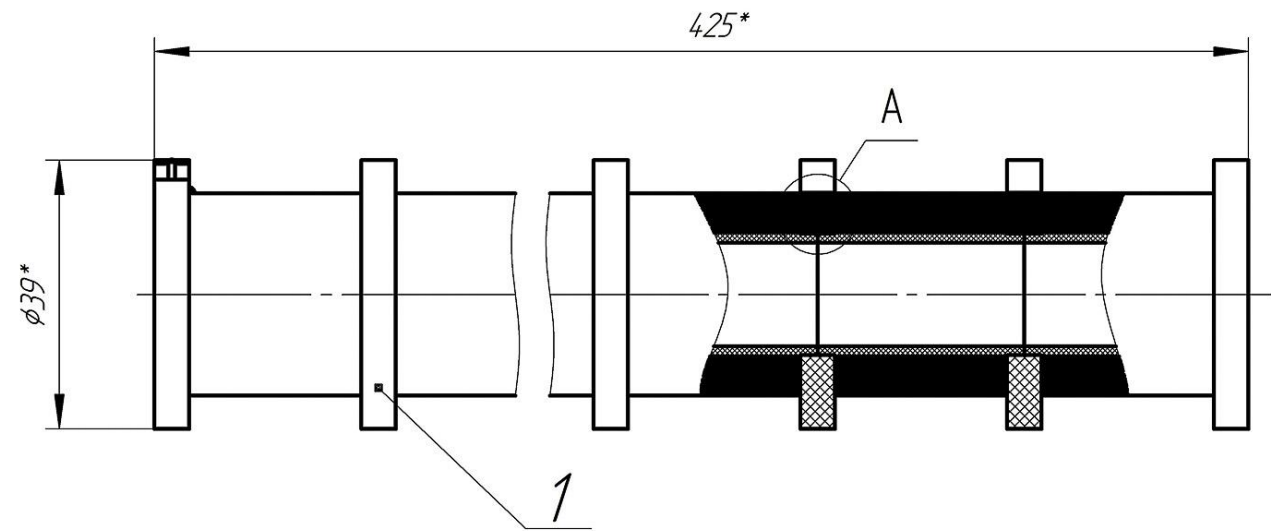
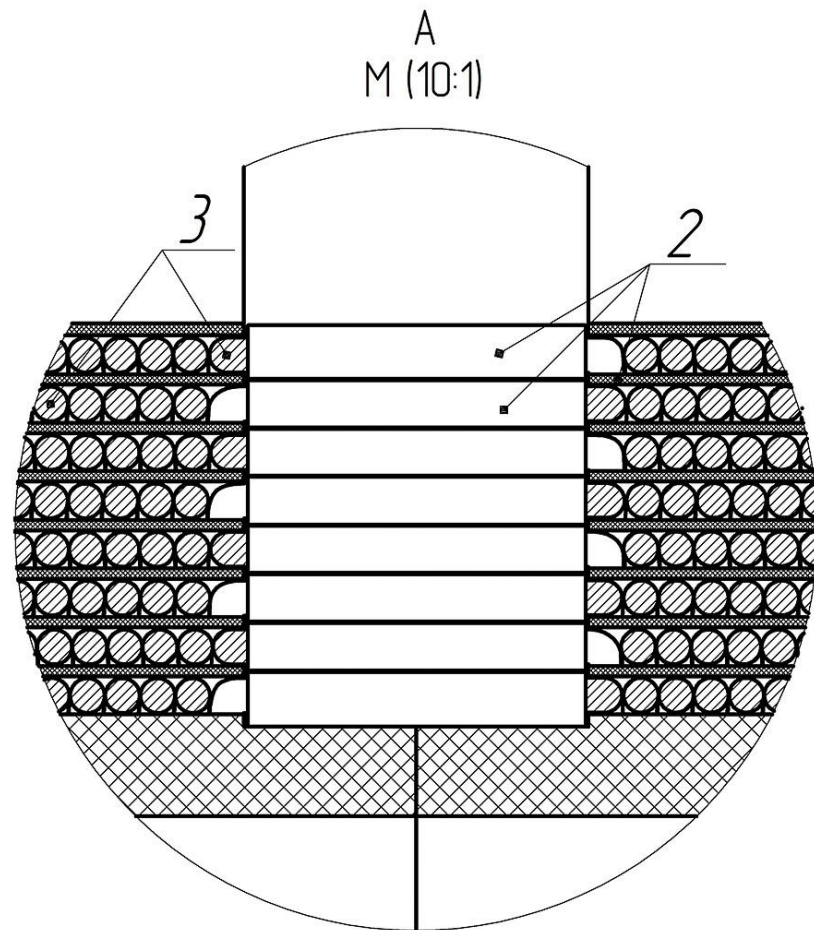
Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



1 *Размеры для справок.

№п/п	Параметр	Ед. изм.	Величина
1	Число секций	-	14
2	Количество слоев	-	8
3	Число витков	-	5000±100
4	Активное сопротивление	Ом	41±0,5
5	Индуктивность с сердечником	Гн	7,0±1,4
6	Индуктивность без сердечника	мГн	34

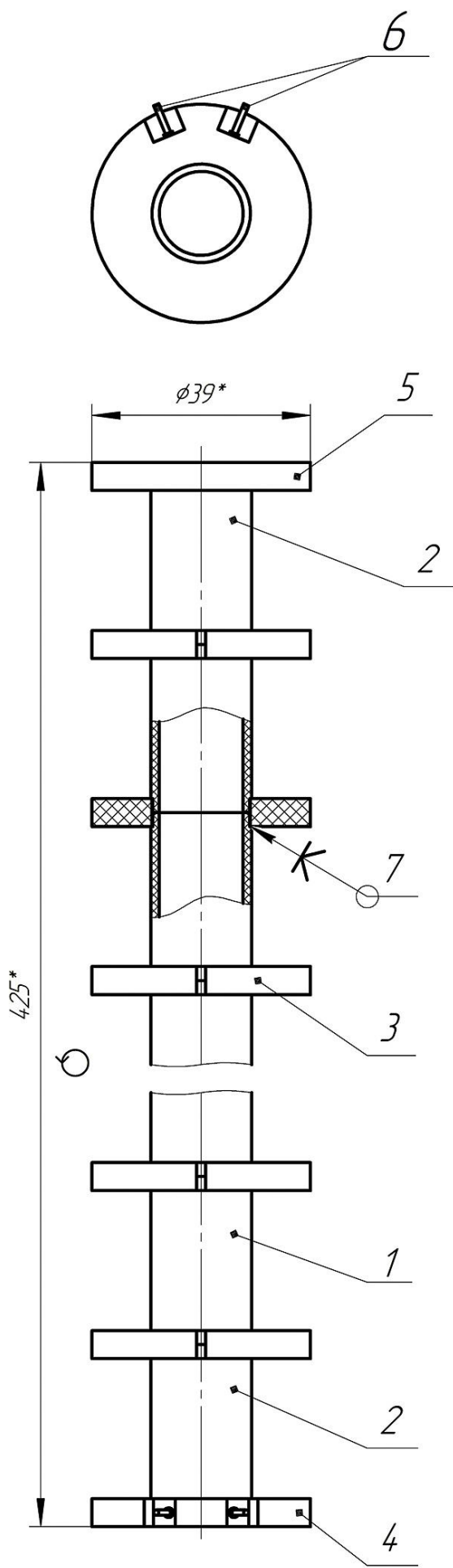
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
		1	НСРАН 10.03.040	Каркас катушки измерительной	1	
				<u>Материалы</u>		
		2		Провод ПЭТВ-2-0,45 ТУ 16-705.110-79		
		3		Кабельная бумага К-120 ГОСТ 645-67		

				НСРАН 10.03.016 СБ			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов				3		1:1
Проб.	Бабровский				Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин						
Н.контр.	Савченко						
Утв.	Ильичев						

Копировал

Формат А3

НСРАН 10.03.040 СБ



1 *Размеры для справок.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
		1	НСРАН 10.03.034	Трубка каркасная №1	12	
		2	НСРАН 10.03.034-01	Трубка каркасная №1	2	
		3	НСРАН 10.03.010-01	Шайба ограничительная №1	13	
		4	НСРАН 10.03.010-02	Шайба ограничительная №1	1	
		5	НСРАН 10.03.010	Шайба ограничительная №1	1	
		6	НСРАН 10.00.035	Лепесток контактный	2	
				<u>Материалы</u>		
		7		Клей эпоксидный ЭДП двухкомпонентный ТУ 2385-024-75678843-2010		

Перв. примен.
Справ. №
Инд. № подл.
Изм. инд. №
Инд. № дробл.
Изм. инд. №
Инд. № дробл.
Подп. и дата
Подп. и дата
Подп. и дата
Инд. № подл.

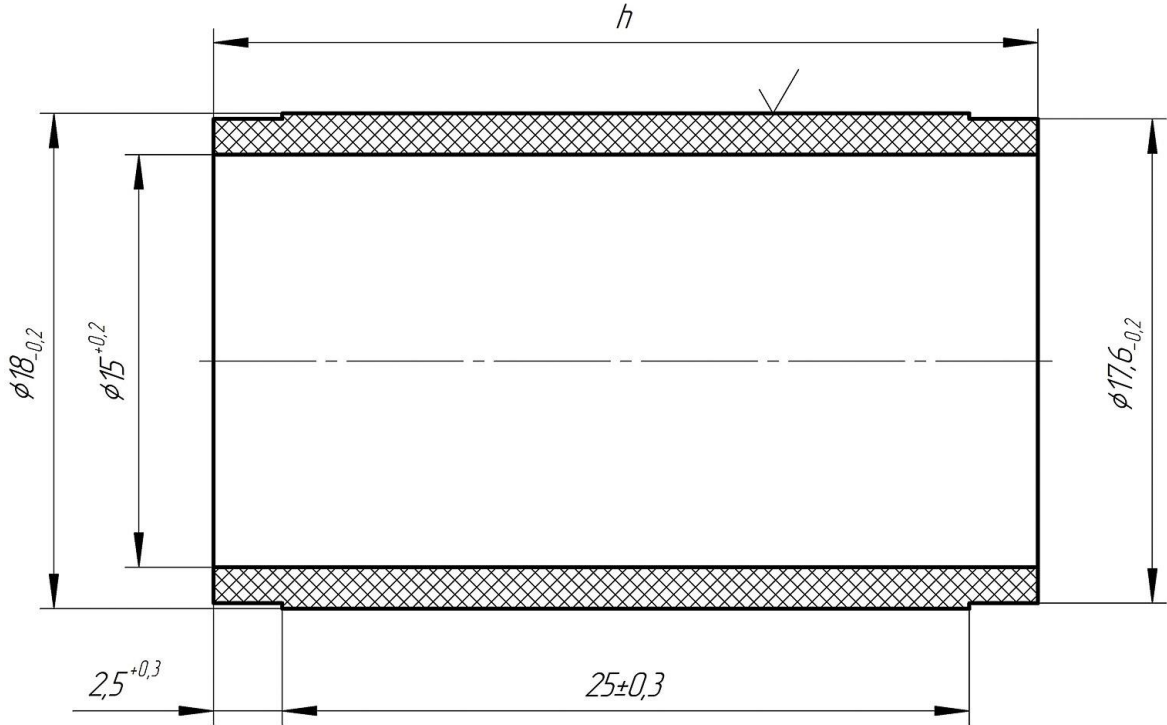
НСРАН 10.03.040 СБ			
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов		
Проб.	Бабровский		
Т.контр.	Лашин		
Н.контр.	Савченко		
Утв.	Ильичев		
Каркас катушки измерительной, чертеж сборочный		Лит.	Масса
		3	
		Лист	Листов
			1
		1:1	

Копировал

Формат А3

НСРАН 10.03.034

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



Обозначение	h, мм
НСРАН 10.03.034	30
НСРАН 10.03.034-1	32,5

Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Изм. № докл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Изм. № подл.	

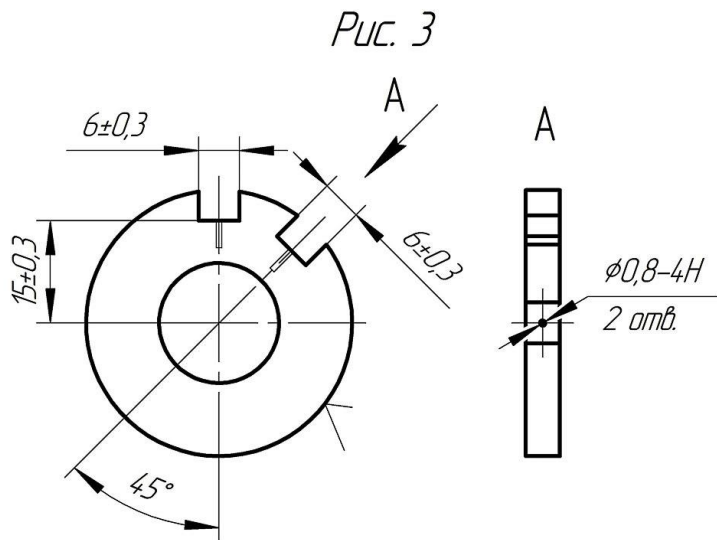
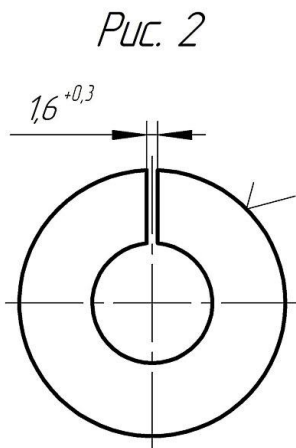
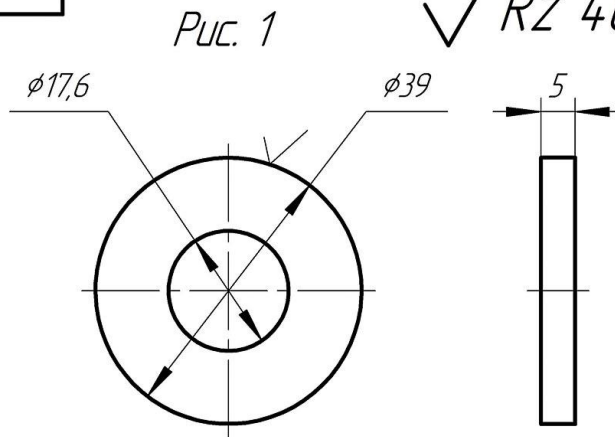
					НСРАН 10.03.034				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Трубка каркасная №1		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов						Э		4:1
Пров.	Бобровский						Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин				Текстолит, стержень 20 мм, ГОСТ 5385-74				
И.контр.	Савченко								
Утв.	Ильичев								

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.010

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



Обозначение	Рис.
НСРАН 10.03.010	1
НСРАН 10.03.010-01	2
НСРАН 10.03.010-02	3

Перв. примен.
Стр. №
Подп. и дата
Инв. № дробл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

НСРАН 10.03.010					Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	3		1:1
Разраб.	Лисимов						
Пров.	Бабровский						
Т.контр.	Лашин				Лист	Листов	1
Н.контр.	Савченко				Текстолит поделочный ПТ лист 5 мм, ГОСТ 5-78		
Утв.	Ильичев						

Шайба
ограничительная №1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.017 СБ

Перв. примен.

Справ. №

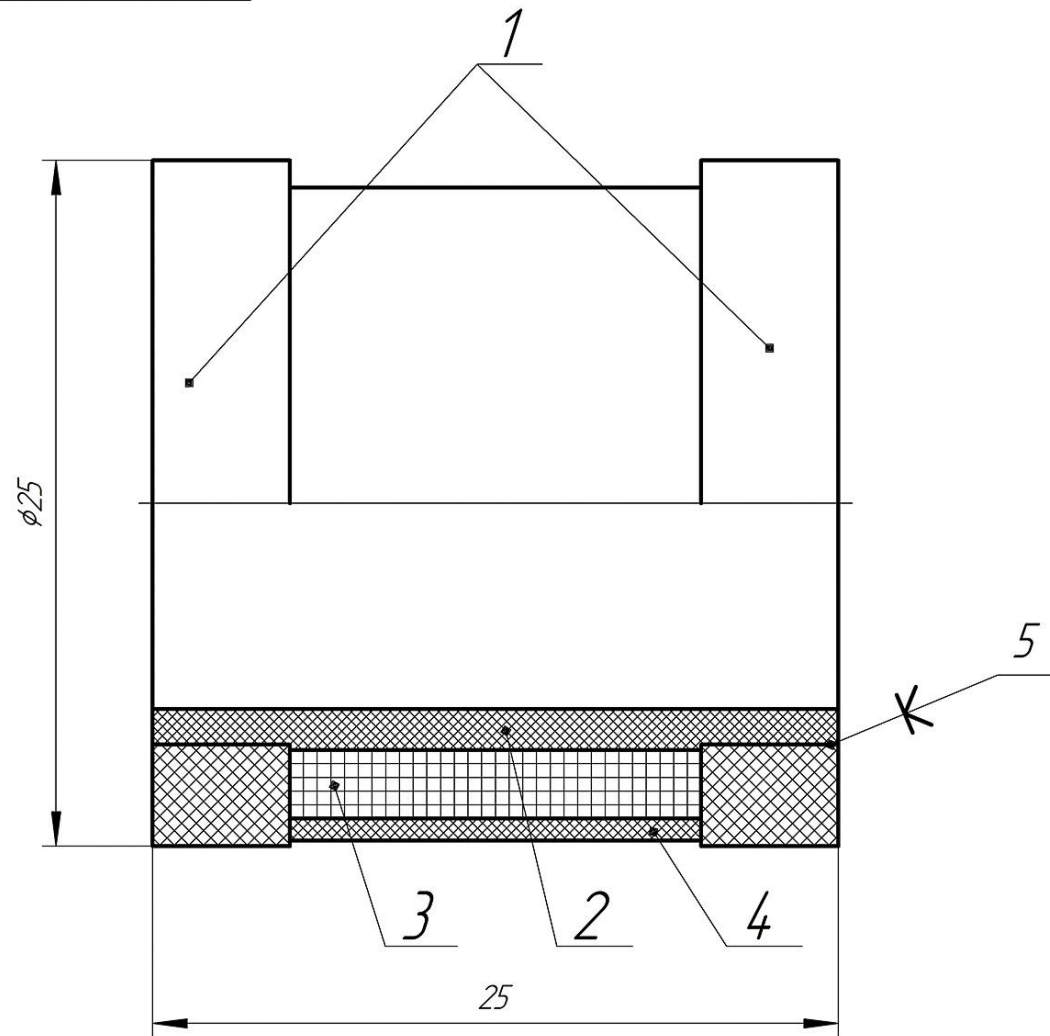
Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



1 *Размеры для справок.
2 Намотка провода на катушку осуществляется одновременно двумя проводами, но в разных направлениях.

№п/п	Параметр	Ед. изм.	Величина
1	Число витков	-	
2	Активное сопротивление	Ом	
3	Индуктивность на сердечнике (паразитная), не более	мкГн	20

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Детали		
		1	НСРАН 10.03.014	Шайба ограничительная №2	2	
		2	НСРАН 10.03.003	Трубка №2	1	
				Материалы		
		3		Провод ПЭТВ-2-0,063 ТУ 16-705,110-79		
		4		Кабельная бумага К120 ГОСТ 645-67		
		5		Клей эпоксидный ЭДП двухкомпонентный ТУ 2385-024-75678843-2010		

				НСРАН 10.03.017 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Лисимов			3		4:1
Пров.		Бабровский					
Т.контр.		Лашин			Лист	Листов	1
Н.контр.		Савченко					
Утв.		Ильичёв					

Копировал

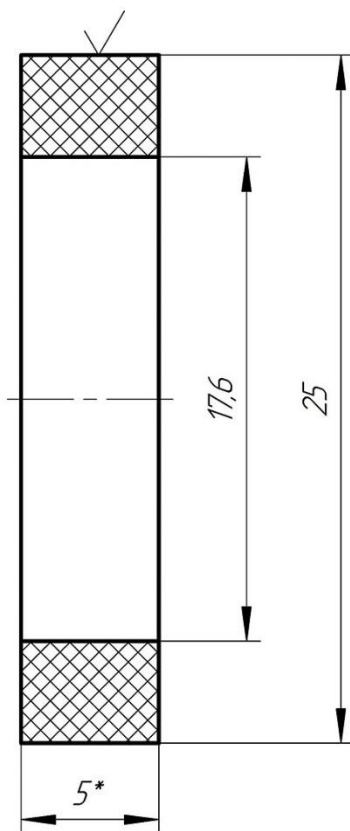
Формат А3

НСРАН 10.03.014

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

- 1 *Размеры для справок.
- 2 Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0.2\text{мм}$.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Проб.	Бодровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

НСРАН 10.03.014

Шайба
ограничительная №2
Текстолит подделочный ПТ лист 5 мм,
ГОСТ 5-78

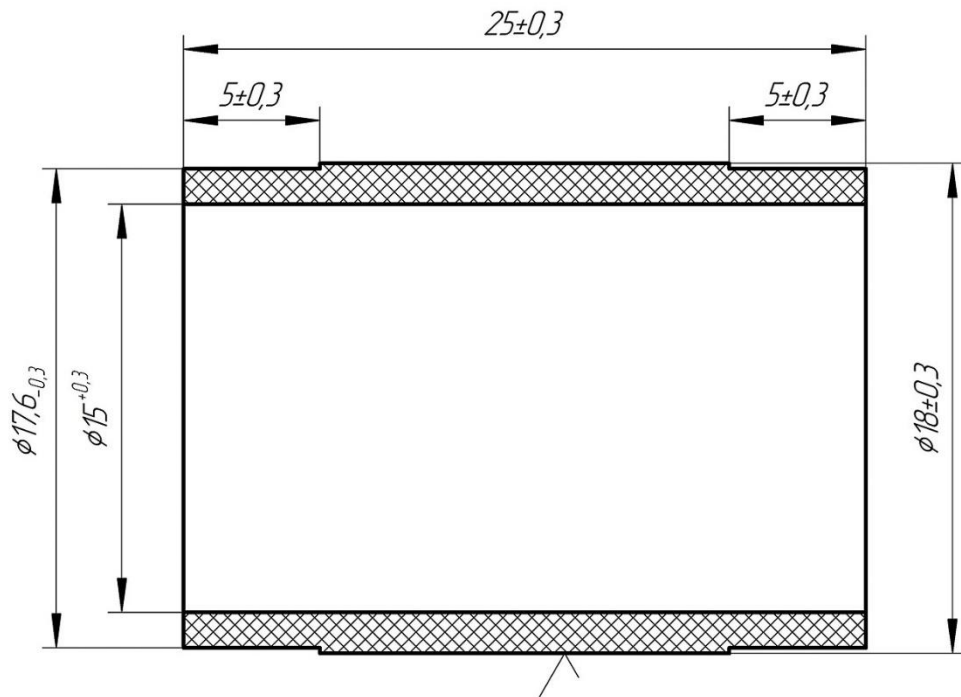
Лит.	Масса	Масштаб
Э		4:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.003

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Изм. № дил.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

НСРАН 10.03.003

Трубка №2

Текстолит, стержень 20 мм,
ГОСТ 5385-74

Лит.	Масса	Масштаб
Э		4:1
Лист	Листов	1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Пров.		Бобровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичёв		

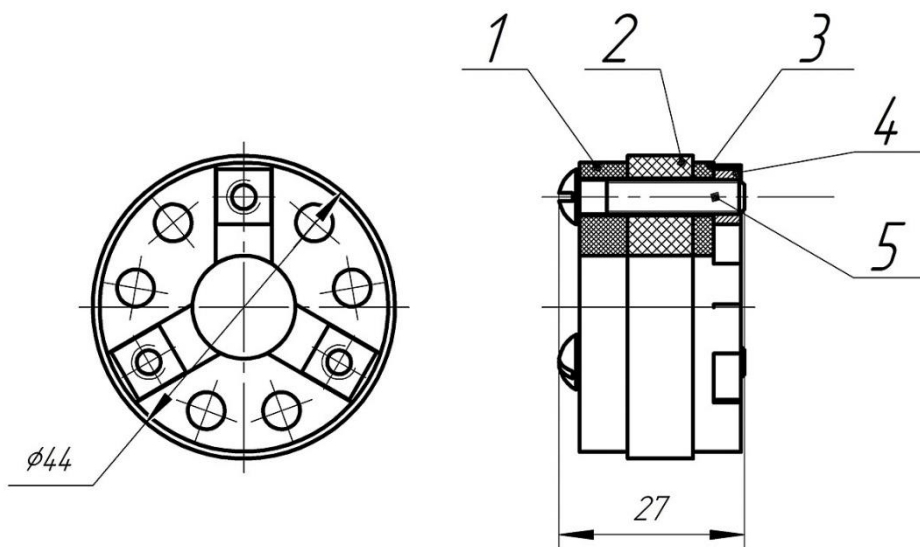
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.018 СБ

Перв. примен.

Справ. №



1 *Размеры для справок.

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

НСРАН 10.03.018 СБ

Амортизатор,
чертеж сборочный

Лист	Масса	Масштаб
------	-------	---------

3		1:1
---	--	-----

Лист	Листов	1
------	--------	---

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Пров.		Бобровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

Копировал

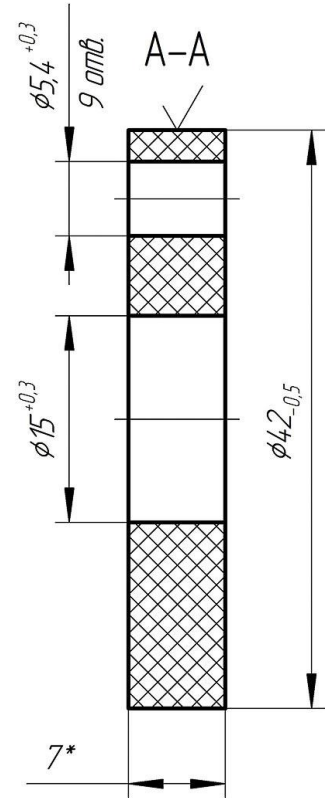
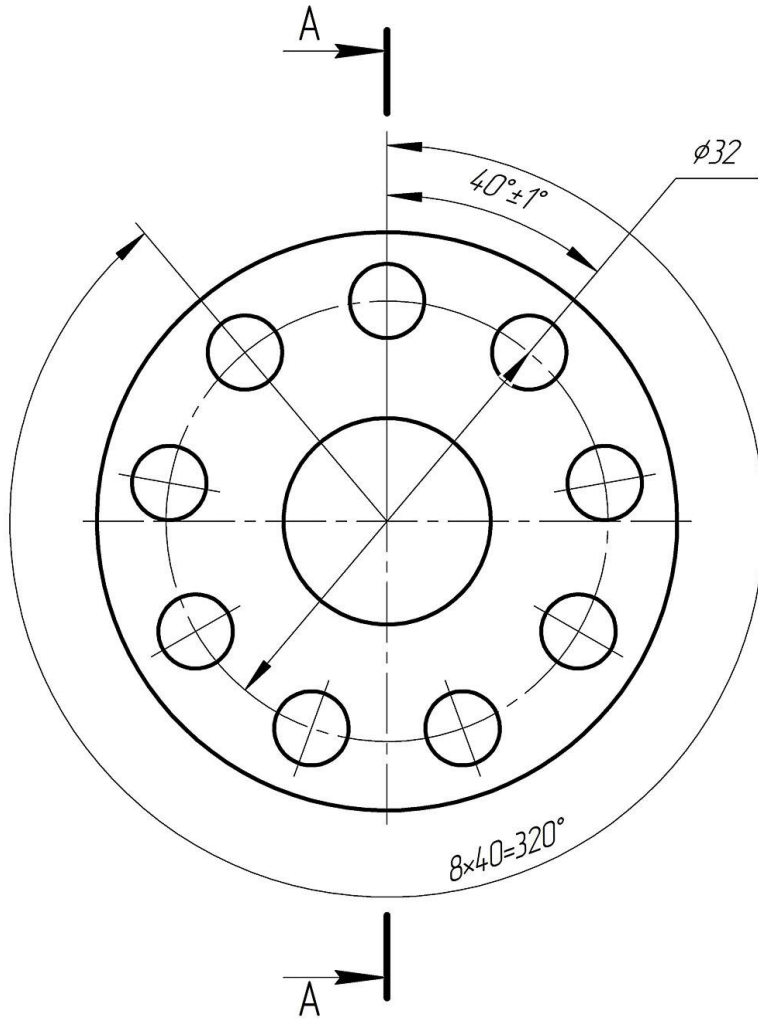
Формат А4

НСРАН 10.03.014

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № докл.

Взам. инв. №

1 *Размеры для справок.

Подп. и дата

Инв. № подл.

НСРАН 10.03.014

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Савченко		
Проб.		Бобровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

Шайба
текстолитовая №1
Текстолит подделочный ПТ лист 7 мм,
ГОСТ 5-78

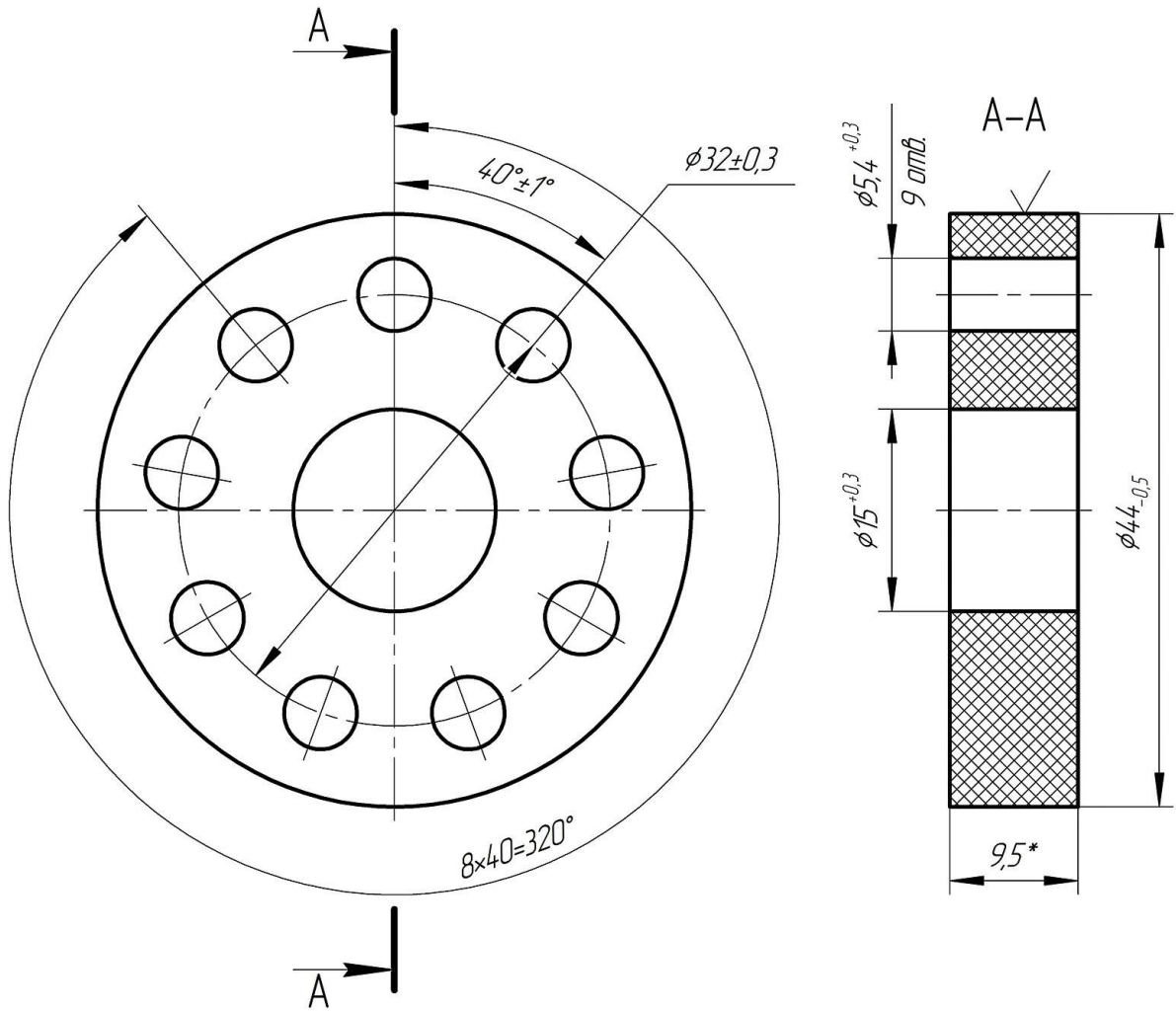
Лист	Масса	Масштаб
3		2:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.013

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



1 *Размеры для справок.

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

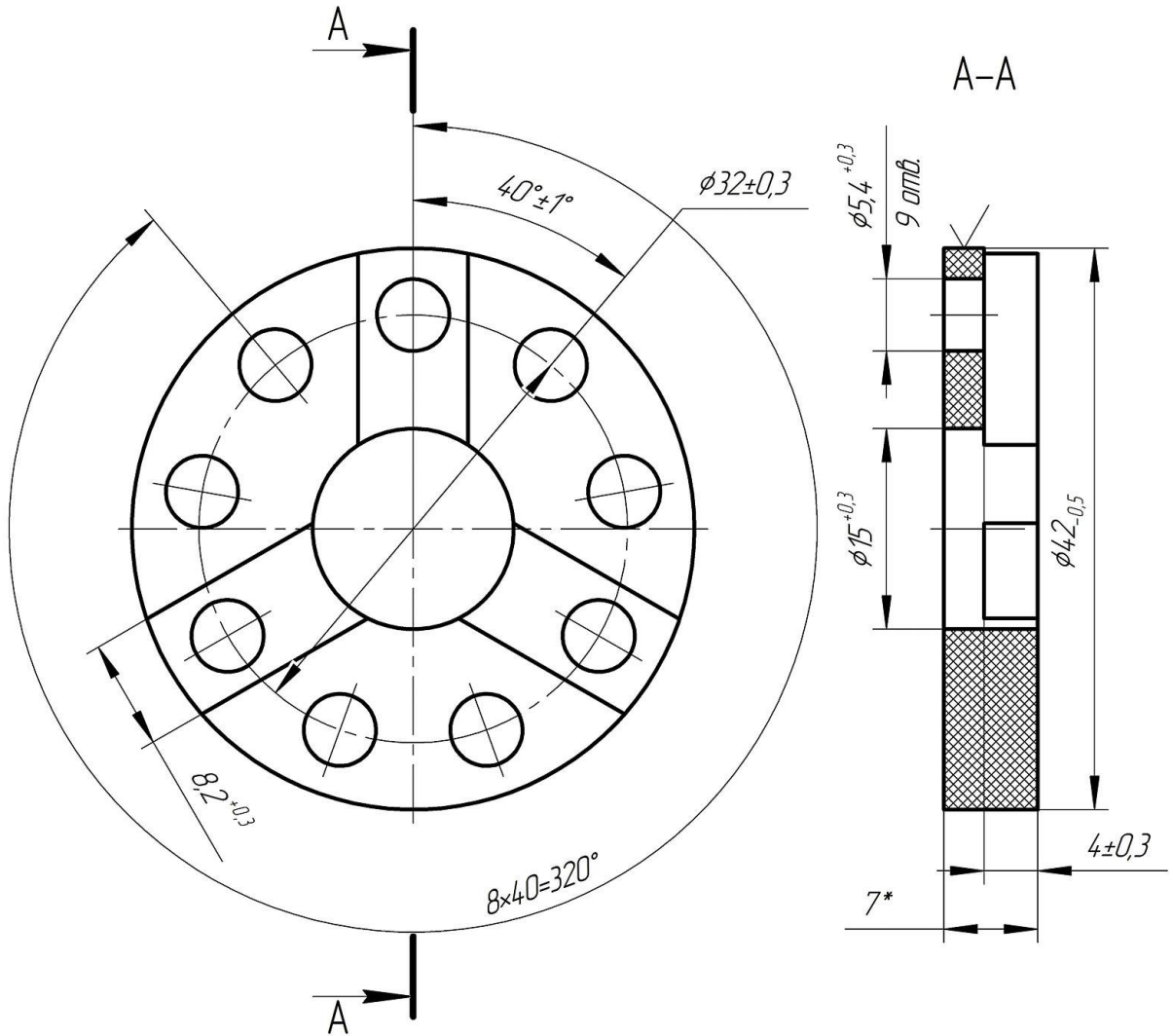
					НСРАН 10.03.013			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шайба резиновая	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Савченко					3		2:1
Пров.	Бабровский					Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин				Резина листовая толщина 10мм ГОСТ 7338-90			
И.контр.	Савченко							
Утв.	Ильичёв							

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.20

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



1 *Размер для справок.

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

					НСРАН 10.03.20			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шайба текстолитовая №2	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Савченко					Э		1:1
Проб.	Бобровский				Текстолит поделочный ПТ лист 7 мм, ГОСТ 5-78	Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин							
Н.контр.	Савченко							
Утв.	Ильичев							

Копировал

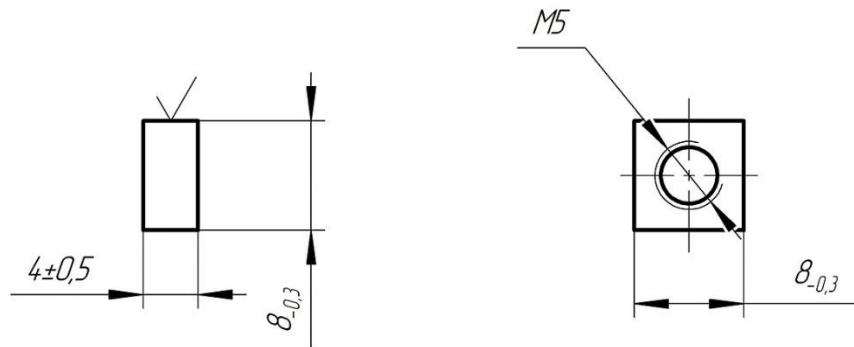
Формат А4

НСРАН 10.03.012

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Стр. №



Подп. и дата

Инв. № дц/дл

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Савченко		
Пров.		Бабровский		
Т.контр.		Лашин		
И.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.03.012

Гайка M5

Пруток ГКРНТ 10,0 НД 163
ГОСТ 2060-2006

Лит.	Масса	Масштаб
3		2:1
Лист	Листов	1

Копировал

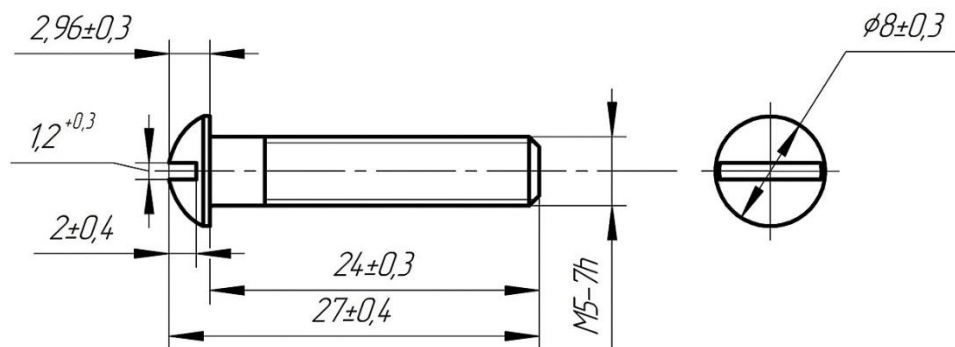
Формат А4

НСРАН 10.03.011

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дробл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.		Савченко		
Проб.		Бобровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичёв		

НСРАН 10.03.011

Винт М5

Пруток ГКРНТ 10,0 НД Л63
ГОСТ 2060-2006

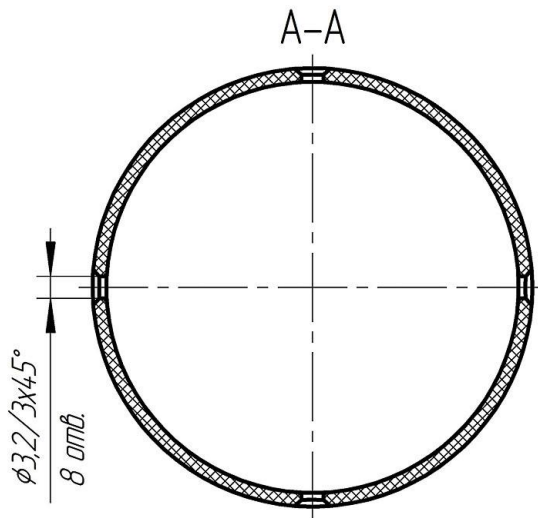
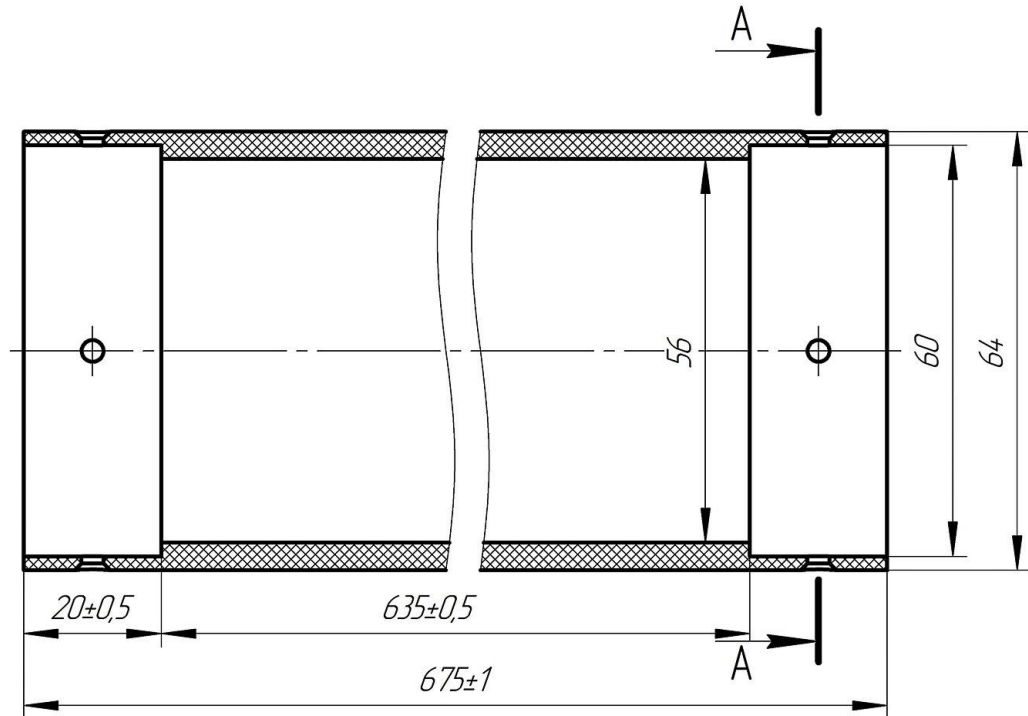
Лист	Масса	Масштаб
3		2:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.007

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



1 Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0.2\text{мм}$.

НСРАН 10.03.007

Кожух

Лист	Масса	Масштаб
3		1:1
Лист	Листов	1

Текстолит ПТК-20, сорт высший ГОСТ 5-78

Копировал

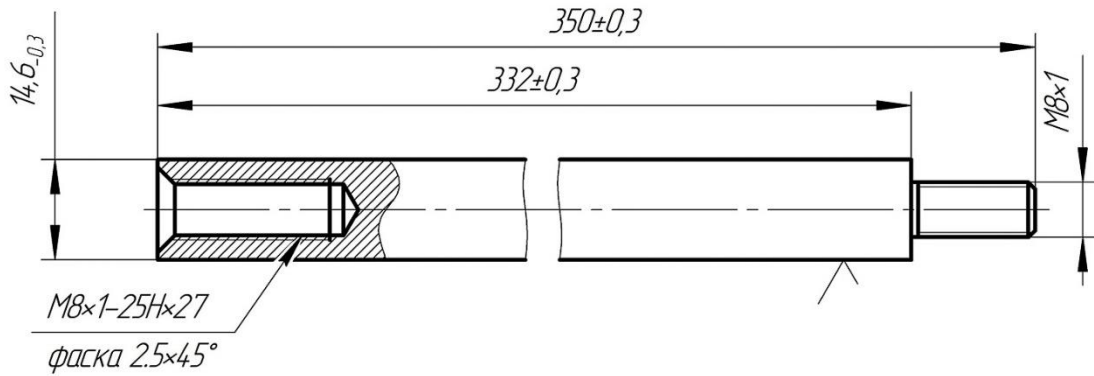
Формат А4

НСРАН 10.03.009

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Проб.		Бодровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичёв		

НСРАН 10.03.009

Сердечник
пермалоевый

Пермаллой 79НМ
ГОСТ 10160-75

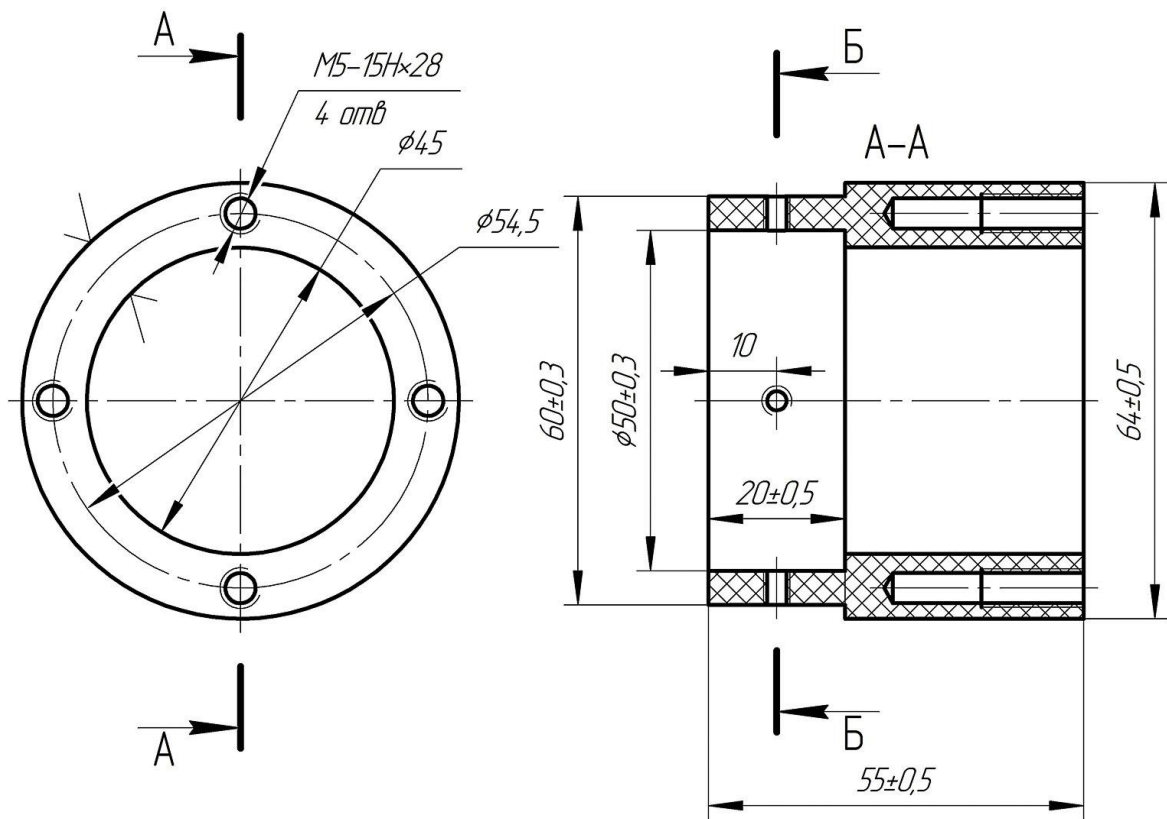
Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.024

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Изм. № дораб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Пров.		Бобровский		
Т.контр.		Лашин		
И.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичёв		

НСРАН 10.03.024

Цилиндр фиксирующий

Капрон PA-6 стержень $\Phi\ 80\ \text{мм}$
ТУ 6-05-988-87

Лит.	Масса	Масштаб
3		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

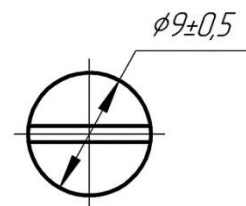
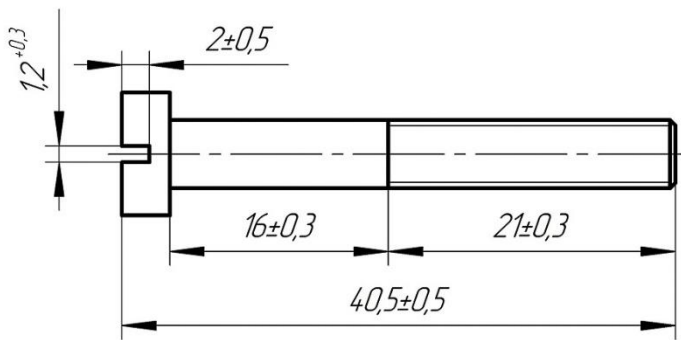
Формат А4

НСРАН 10.03.037

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Изм. № дораб.

Взам. изв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

НСРАН 10.03.037

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Пров.		Бабровский		
Т.контр.		Лашин		
И.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

Винт М5×37

Пруток ГКРНТ 10,0 НД Л63
ГОСТ 2060-2006

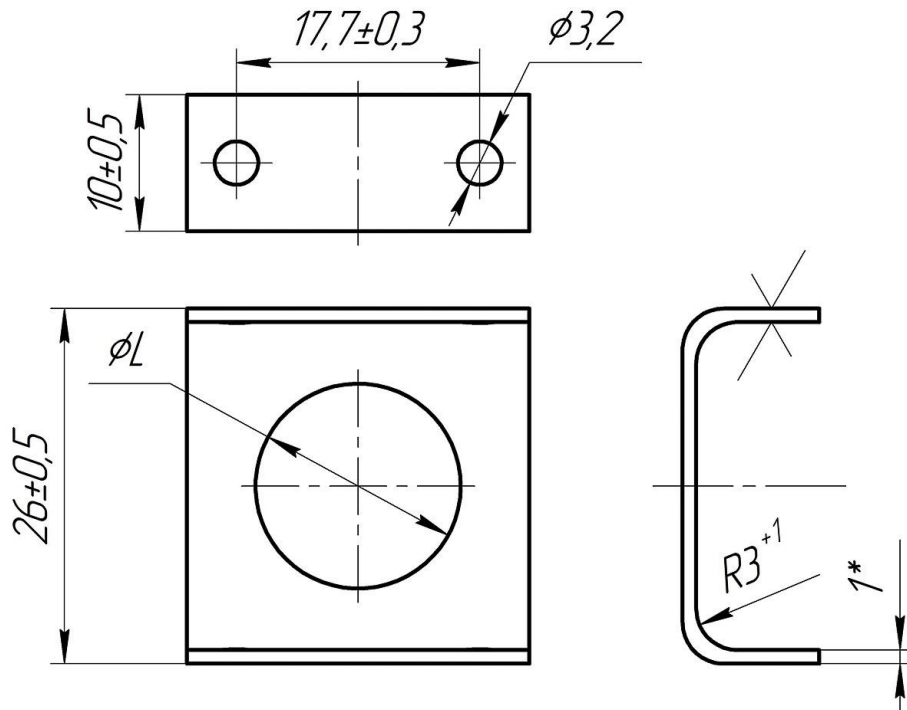
Лит.	Масса	Масштаб
З		2:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.027

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



Обозначение	ϕL , мм
НСРАН 10.03.027	8
НСРАН 10.03.027-1	15

1 *Размер для справок.

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

					НСРАН 10.03.027		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Скода</h1>		
Разраб.	Лисимов						
Пров.	Бабровский						
Т.контр.	Лашин						
И.контр.	Савченко				Лист	Листов	1
Утв.	Лисимов				Лист АМ26.Б.М 1 ГОСТ 21631-76		

Копировал

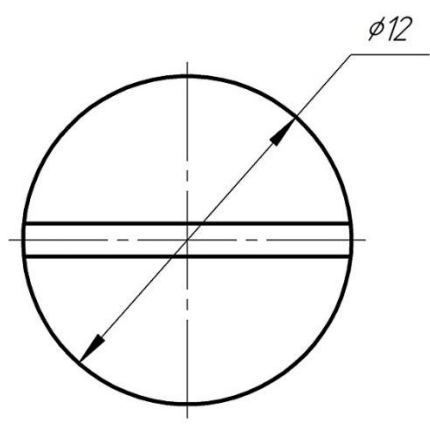
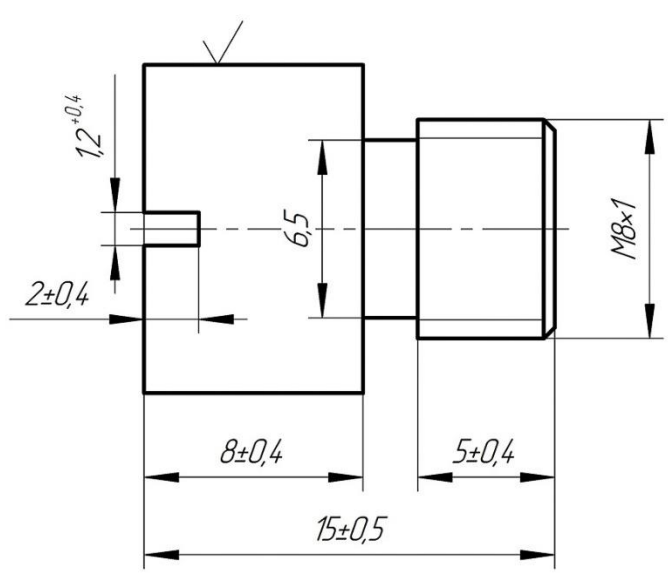
Формат А4

НСПАН 10.03.029

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № д/д

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бадровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

НСПАН 10.03.029

Винт М8

Пруток ГКРНТ 12 НД Л63
ГОСТ 2060-2006

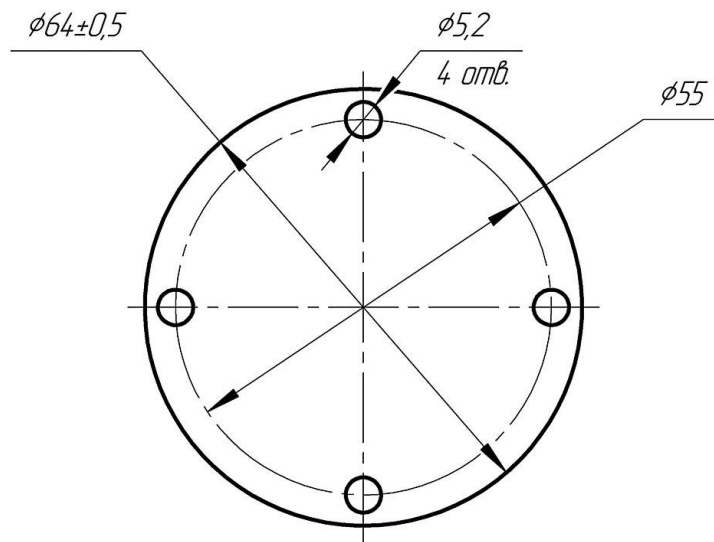
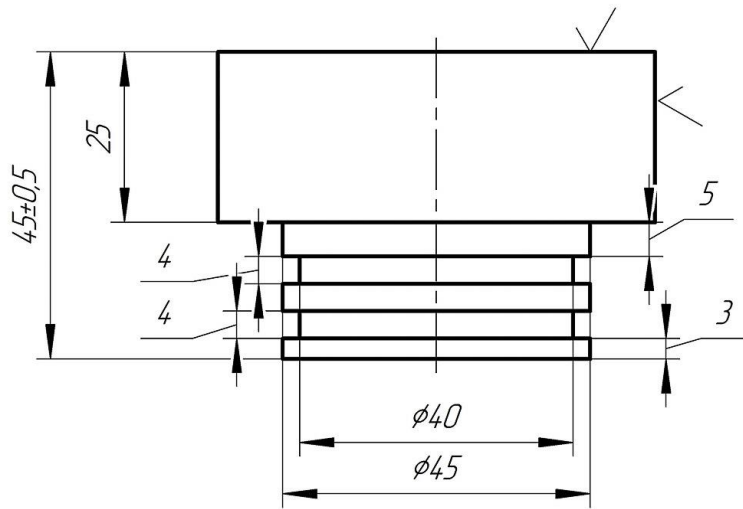
Лист	Масса	Масштаб
3		4:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.030

$\sqrt{Rz 40 (\sqrt{1})}$



1 Неуказанные предельные отклонения размеров ± 0.3 мм.

НСРАН 10.03.030

Заглушка №1

Капролон ПА-6 стержень $\Phi 80$ мм
ТУ 6-05-988-87

Лист	Масса	Масштаб
3		1:1
Лист	Листов	1

Перв. примен.
Стр. №
Подп. и дата
Инв. № дудл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

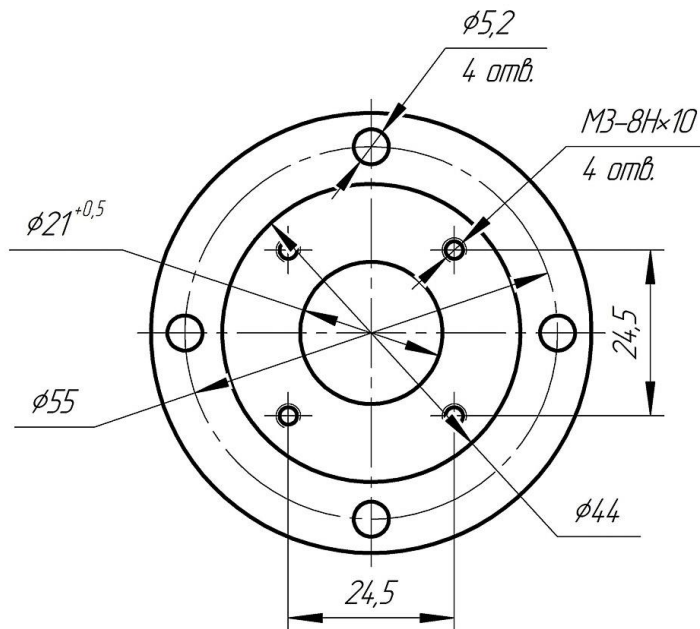
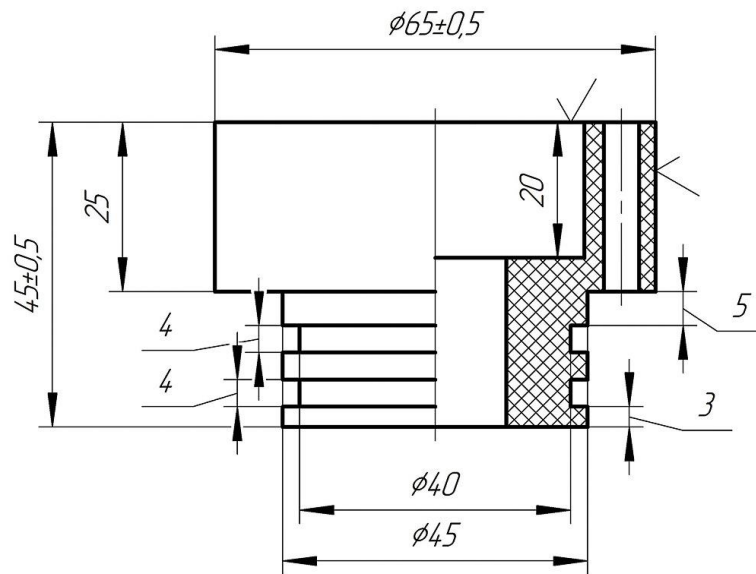
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Пров.		Бабровский		
Т.контр.		Лашин		
И.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.03.031

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



1 Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,3\text{мм}$.

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

НСРАН 10.03.031

Заглушка №2

Капралон ПА-6 стержень $\phi 80\text{ мм}$
ТУ 6-05-988-87

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бобровский			
Т.контр.	Лашин			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

Лист	Масса	Масштаб
3		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

Приложение Г

Утверждаю:

кандидат ф.м.н., зав. ЛКИ

 В.Д. Брагин

“ 14 ” декабря 2016 г.

Блок усиления и фильтрации сигналов

альбом схем и чертежей

НСРАН 010.04.000 АС

Проверил:

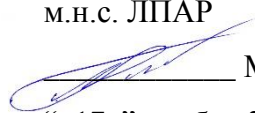
зав. ЛПАР

 П.В. Ильичев

“ 18 ” ноября 2016 г.

Разработали:

м.н.с. ЛПАР

 М.О. Лисимов

“ 17 ” ноября 2016 г.

Бишкек, 2016

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		8	НСРАН 10.04.008	Радиатор	1	
		9	НСРАН 10.04.009	Крышка	2	
		10	НСРАН 10.04.010	Ножка	4	
		11	НСРАН 10.04.011	Втулка	4	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		15		Винт с цилиндрической головкой ГОСТ Р ИСО 1207-МЗ x 10	10	
		16		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - МЗ x 6-Н	12	
		17		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - МЗ x 10-Н	20	
		18		Гайка МЗ-6Н ГОСТ 5916-70	8	
		19		Шайба А 3.37 ГОСТ 10450-78	4	
		20		Втулка изолирующая полипропиленовая (ТО220)	2	
		21		Подложка теплопроводящая диэлектрическая (ТО 220) 2А1813 с отверстием	2	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № д.ц.д.
Подп. и дата	

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

НСРАН 10.04.000

Лист
2

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Материалы</u>		
		25		Пластина резиновая 2 мм. ГОСТ 7338-90		
		26		Клей универсальный БФ-88 ГОСТ 12172-74		
				<u>Прочие изделия</u>		
		30		Батарея аккумуляторная Matrix NP1.2-12; 12В, 1.2Аh	2	G1; G2
		31		Тумблер малогабаритный ТМ-3	1	S1
		32		Розетка блочная 2РМТ-14Б-4Г1-В1-В	1	X1
		33		Диод световлучающий (сверх яркий) АЛ307 (синий)	2	VD1; VD2
		34		Клемма не изолированная КП-10	1	X3
		35		Розетка СР-50-73ФВ	4	X4-X7

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

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

НСРАН 10.04.000

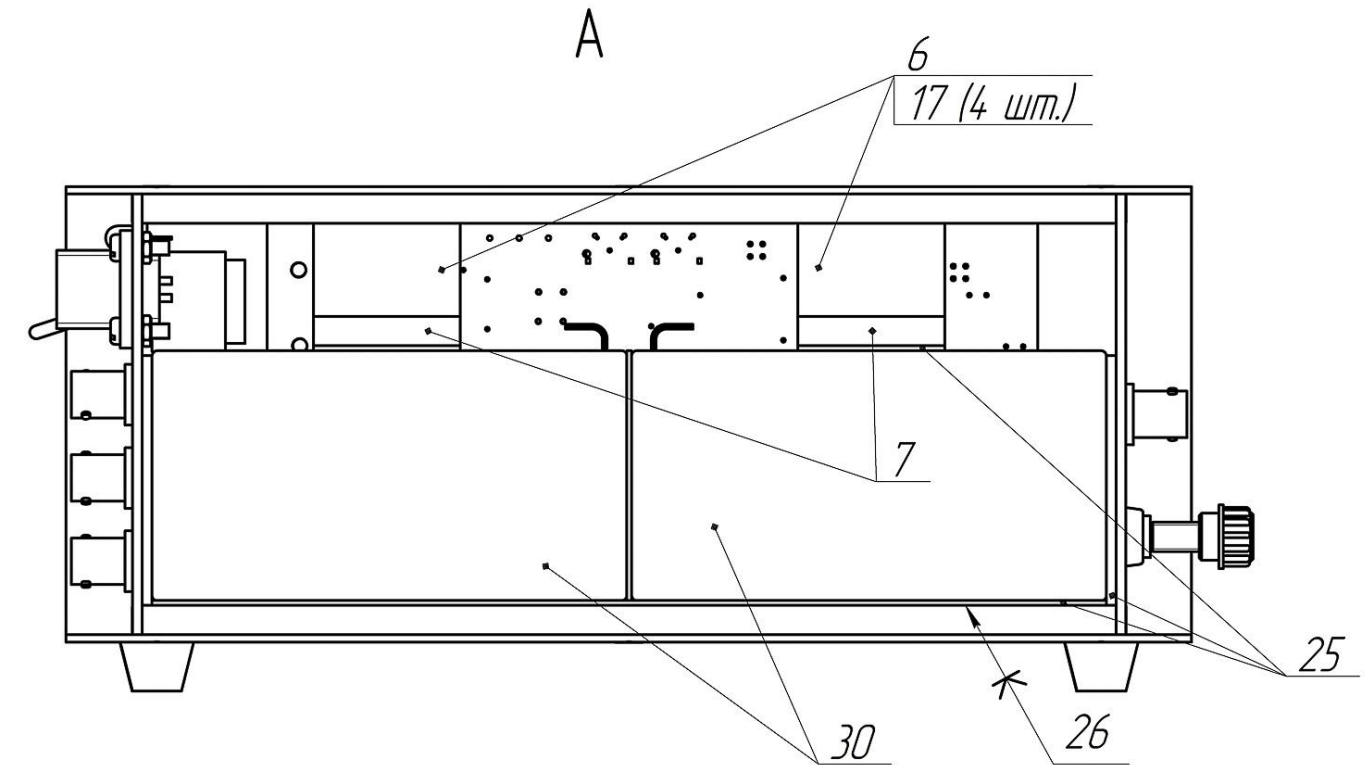
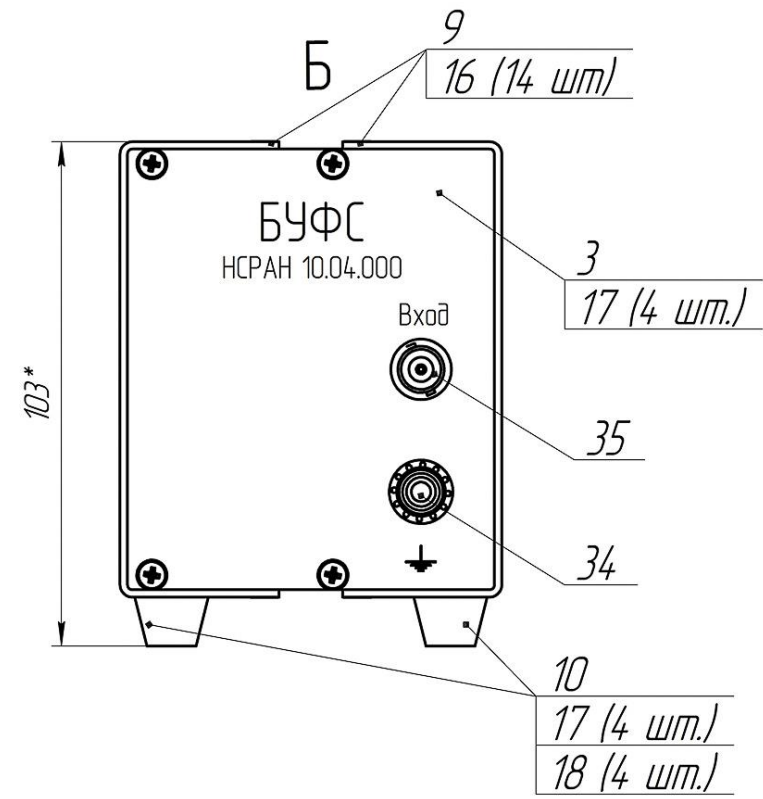
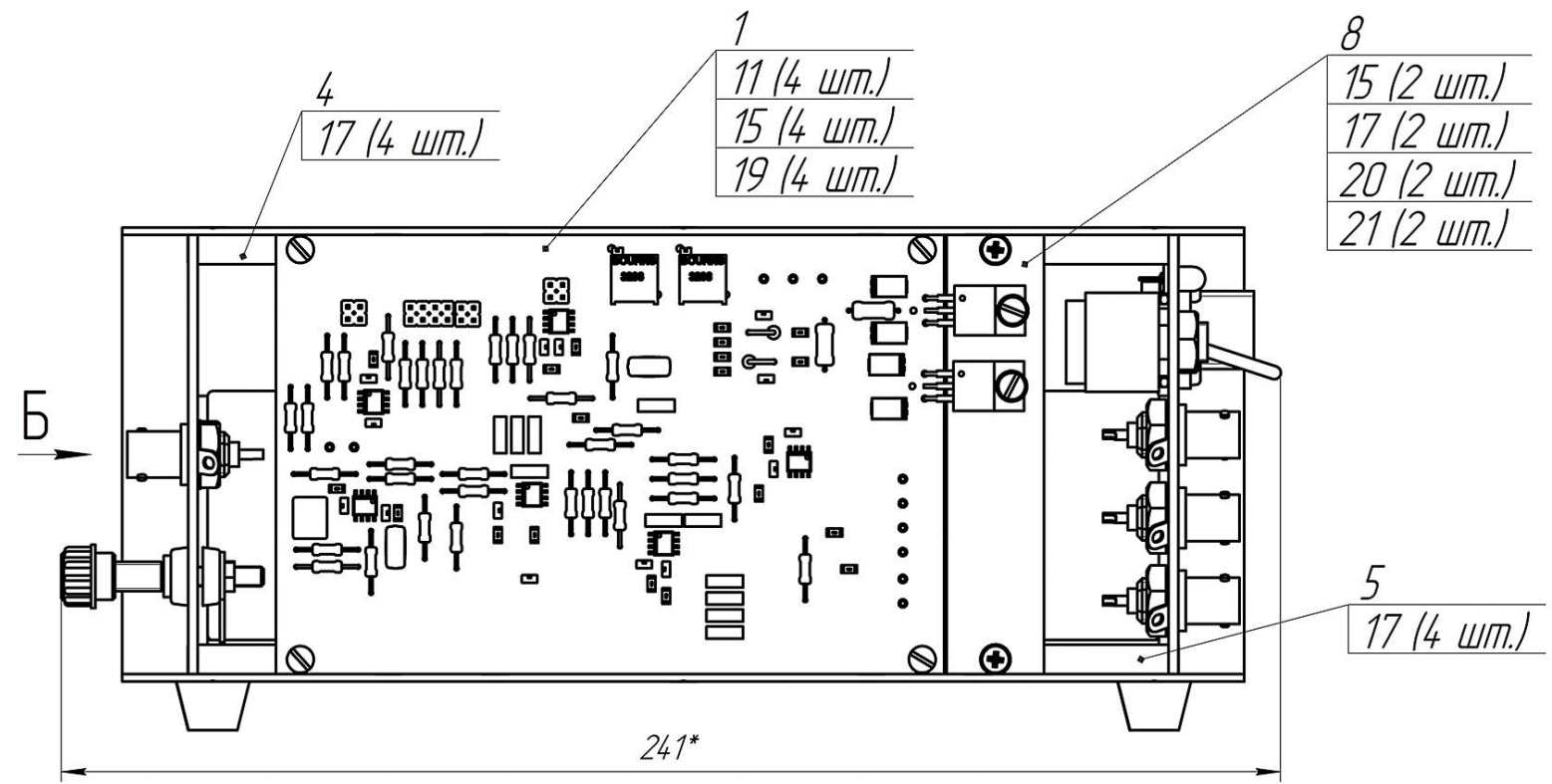
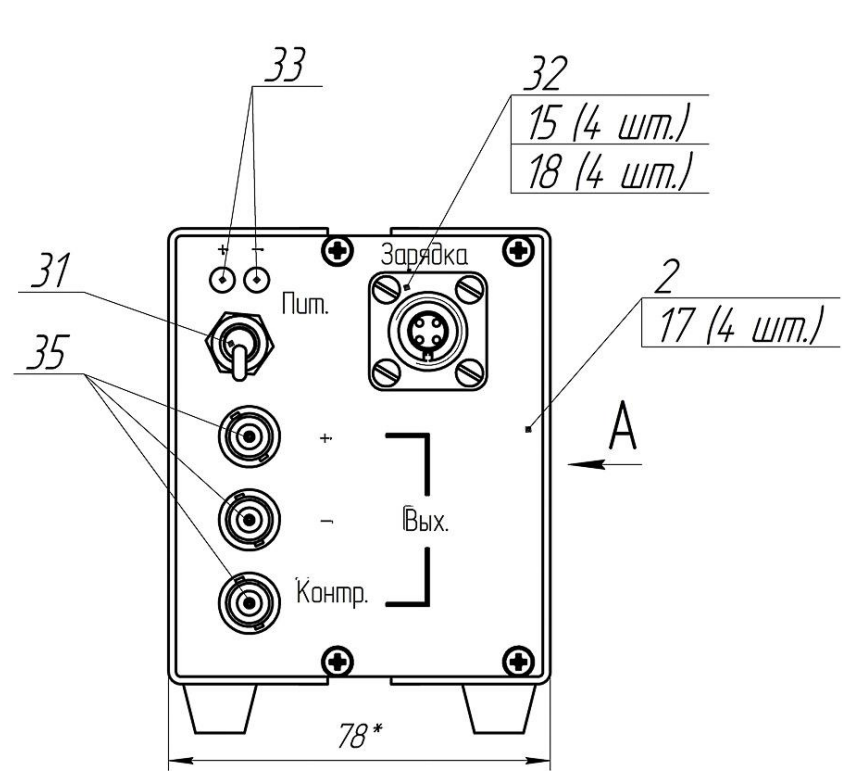
Лист

3

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.04.000 СБ



Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
№	№	№	№	№
1	2	3	4	5

1 *Размеры для справок.
2 Главный вид и вид А показаны со снятой крышкой (поз. 9).

НСРАН 10.04.000 СБ				Лист	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	3	2,25	1:1
Разраб.	Лисимов						
Проб.	Бадрабский						
Т.контр.	Ильичев						
И.контр.	Сабченко						
Утв.	Ильичев						
БУФС, чертеж сборочный				Лист	Листов	1	

Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование		Кол.	Примечание		
Справ. №	A1	Усилитель основной НСРАН 10.04.001		1			
	G1, G2	Батарея аккумуляторная Matrix ND1,2-12 (12V, 1,2Ah)		2			
	VD1, VD2	Диод светоизлучающий (сверх яркий) АЛ307 (синий)		2			
	S1	Тумблер малогабаритный МТ-3		1			
	X1	Розетка блочная 2РМТ-14Б-4Г1-В1-В		1			
	X2	Клемма не изолированная КП-1б		1			
	X3-X6	Розетка СР-50-73ФВ		4			
Подп. и дата							
Инв. №							
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.					НС РАН 10.04.000 ПЭЗ		
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.	Лисимов				Лит.	Лист
	Проб.	Бобровский				Э	1
Н.контр.	Ильичёв				Блок усиления и фильтрации сигналов, перечень элементов		
Утв.	Ильичёв						

Копировал

Формат А4

НС РАН 10.04.000 ЭЗ

Перв. примен.

Справ. №

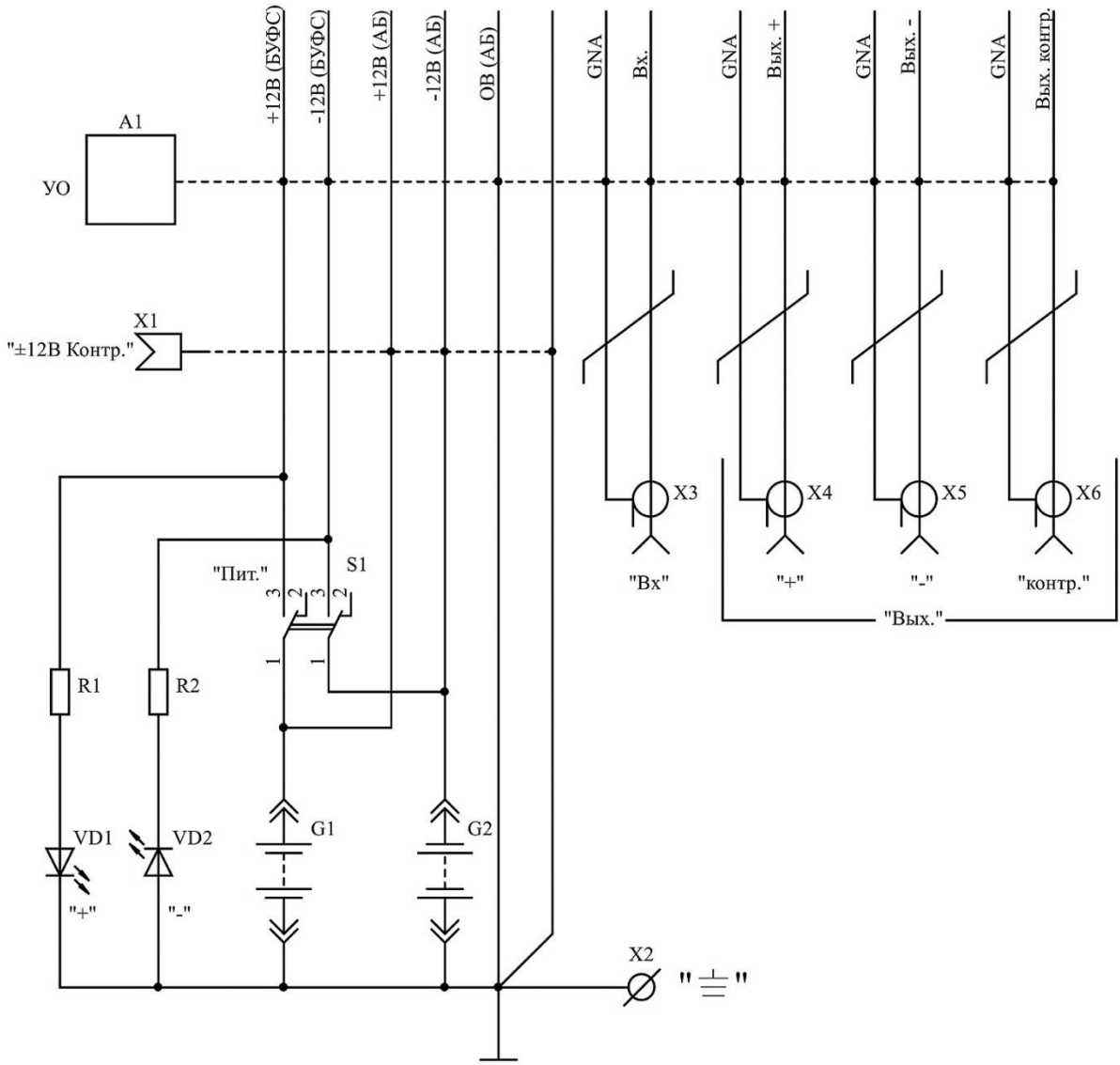
Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № докл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



НС РАН 10.04.000 ЭЗ

Блок усиления и
фильтрации сигналов,
схема эл. принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов	1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Проб.		Бобрровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Ильичёв		
Утв.		Ильичёв		

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Прочие изделия</i>		
				<i>Конденсаторы</i>		
				CMD-Y5V-50B-0,1 мкФ±20%-1206	22	C1-C6, C8, C9, C13, C14 C20, C21, C24-27, C30, C31, C37
				MKS2-16 B-10,0 мкФ-5% (WIMA)	1	C5
				CMD-Y5V-50B-1 мкФ±20%-1206	1	C6
				K10-17-M75-330 пФ±10%	2	C7
				MKT B32529-C103-J (EPCOS)	11	C10-C12, C15-C19, C22, C23, C28
				K10-17-M75-1500 пФ±10%	1	C29
				Тант. SMD-25 B-4,7,0 мкФ±20%-Д	2	C32, C33
				Тант. SMD-25 B-10,0 мкФ±20%-Д	2	C34, C35
				Дроссель EC24-221K 220 мкГн	2	L1, L2
				<i>Микросхемы</i>		
				ADA4898-2YRDZ	2	DA1, DA2
				ADA8610AR	4	DA3-DA6
				L7809CV	1	DA7
				L7909CV	1	DA8
				<i>Резисторы</i>		
				C2-33-0,25-51 Ом±5%	3	R1, R56, R57
				C2-36-0,125-1,5 кОм±0,5%	1	R2
				SMD-0,25-3,6 Ом±5%-1206	12	R3, R4, R21, R22, R36, R37, R44, R45, R48, R49, R50, R51
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НСРАН 10.04.001	
					Лист	2

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				C2-36-0,125-1,5 кОм±0,5%	1	R5*
				SMD-0,25-390 Ом±5%-1206	2	R6, R13
				C2-36-0,125-1,5 кОм±0,5%	4	R7, R8, R11, R12
				СП5-2-0,5-1 кОм±5%	2	R9, R10
				C2-33-0,125-30 кОм±5%	2	R14*, R17*
				C2-33-0,125-750 кОм±5%	2	R15*, R18*
				C2-36-0,125-1 кОм±0,5%	7	R16*, R20, R24, R25, R29*, R54, R55
				C2-36-0,125-2,05 кОм±0,5%	1	R19
				C2-36-0,125-20 кОм±0,5%	2	R23, R26*
				C2-36-0,125-10 кОм±0,5%	1	R27*
				C2-36-0,125-4,99 кОм±0,5%	1	R28*
				C2-36-0,125-28,7 Ом±0,5%	2	R30*, R34*
				C2-29B-0,125-523 Ом±0,1%	3	R31*, R32*, R33*
				C2-36-0,125-105 Ом±0,5%	1	R35*
				C2-36-0,125-590 Ом±0,5%	2	R38*, R40*
				C2-36-0,125-2,49 Ом±0,5%	2	R39*, R42*
				C2-36-0,125-690 Ом±0,5%	1	R41*
				C2-36-0,125-1,4 Ом±0,5%	1	R43*
				C2-36-0,125-1,05 кОм±0,5%	2	R46*, R52*
				Перемычка	2	R47*, R53*
				C2-36-0,125-2,49 кОм±0,5%	1	R58*
				Стабилитрон КС170А	2	VD1, VD2
				Вилка PLD-4	3	X1, X2, X4
				Вилка PLD-8	1	X3

И-в. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	И-в. № инв.
Подп. и дата	Подп. и дата

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

НСРАН 10.04.001

Лист
3

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.04.001 СБ

Перв. примен.

Справ. №

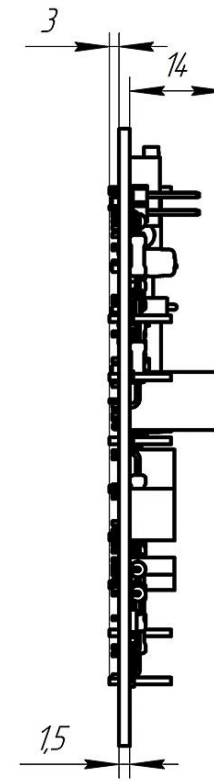
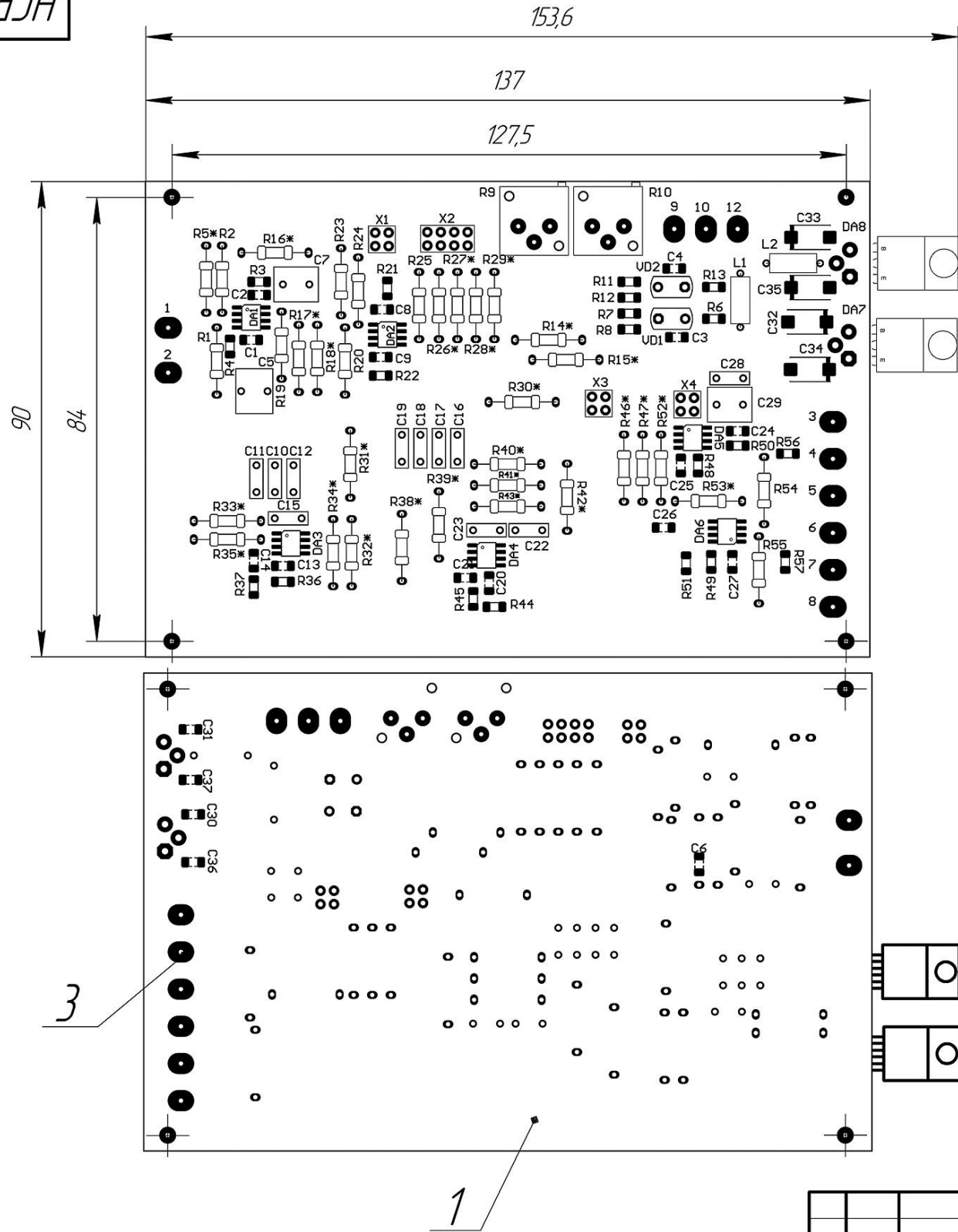
Подп. и дата

Инв. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



				НСРАН 10.04.001 СБ				
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Усилитель основной, чертеж сборочный	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов					3		1:1
Пров.	Бабровский					Лист	Листов	1
Т.контр.	Ильичёв							
Н.контр.	Савченко							
Утв.	Ильичёв							

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование			Кол.	Примечание		
Справ. №	<u>Конденсаторы</u>							
	C1-C6	СMD-Y5V-50B-0,1 мкФ±20%-1206			6			
	C5	MKS2-16 B-10,0 мкФ-5% (WIMA)			1			
	C6	СMD-Y5V-50B-1 мкФ±20%-1206						
	C7	K10-17-M75-330 пФ±10%			1	Измеряется		
	C8, C9	SMD-Y5V-50 B-0,1 мкФ±20%-1206			2			
	C10-C12	MKT B32529-C103-J (EPCOS)			3			
	C13, C14	SMD-Y5V-50 B-0,1 мкФ±20%-1206			2			
	C15-C19	MKT B32529-C103-J (EPCOS)			5			
	C20, C21	СMD-Y5V-50B-0,1 мкФ±20%-1206			2			
	C22, C23	MKT B32529-C103-J (EPCOS)			2			
	C24-C27	SMD-Y5V-50 B-0,1 мкФ±20%-1206			4			
	C28	MKT B32529-C103-J (EPCOS)			1	Измеряется		
	C29	K10-17-M75-1500 пФ±10%			1	Измеряется		
	C30, C31	SMD-Y5V-50 B-0,1 мкФ±20%-1206			2			
Подп. и дата	C32, C33	Тант. SMD-25 B-4,7,0 мкФ±20%-Д			2			
	C34, C35	Тант. SMD-25 B-10,0 мкФ±20%-Д			2			
	C36, C37	SMD-Y5V-50 B-0,1 мкФ±20%-1206			2			
	<u>Индуктивности</u>							
Инв. № дцкл.	L1, L2	Дросель EC24-221K 220 мкГн			2			
	<u>Микросхемы</u>							
Взам. инв. №	DA1, DA2	ADA4898-2YRDZ			2			
	DA3-DA6	ADA8610AR			4			
	DA7	L7809CV			1			
	DA8	L7909CV			1			
Подп. и дата	НСРАН 10.04.001 ПЭЗ							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Лисимов			Усилитель основной, перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Бобровский				Э	1	3
	Н.контр.	Ильичёв						
	Утв.	Ильичёв						

Копировал

Формат А4

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	C2-33-0,25-51 Ом±5%	1	
R2	C2-36-0,125-1,5 кОм±0,5%	1	
R3, R4	SMD-0,25-3,6 Ом±5%-1206	2	
R5*	C2-36-0,125-1,5 кОм±0,5%	1	
R6	SMD-0,25-390 Ом±5%-1206	1	
R7, R8	C2-36-0,125-1,5 кОм±0,5%	2	
R9, R10	СП5-2-0,5-1 кОм±5%	2	
R11, R12	C2-36-0,125-1,5 кОм±0,5%	2	
R13	SMD-0,25-390 Ом±5%-1206	1	
R14*	C2-33-0,125-30 кОм±5%	1	
R15*	C2-33-0,125-750 кОм±5%	1	
R16*	C2-36-0,125-1 кОм±0,5%	1	
R17*	C2-33-0,125-30 кОм±5%	1	
R18*	C2-33-0,125-750 кОм±5%	1	
R19	C2-36-0,125-2,05 кОм±0,5%	1	
R20	C2-36-0,125-1 кОм±0,5%	1	
R21, 22	SMD-0,25-3,6 Ом±5%-1206	2	
R23	C2-36-0,125-20 кОм±0,5%	1	
R24, R25	C2-36-0,125-1 кОм±0,5%	2	
R26	C2-36-0,125-4,99 кОм±0,5%	1	
R26*	C2-36-0,125-20 кОм±0,5%	1	
R27*	C2-36-0,125-10 кОм±0,5%	1	
R28*	C2-36-0,125-4,99 кОм±0,5%	1	
R29*	C2-36-0,125-1 кОм±0,5%	1	
R30*	C2-36-0,125-28,7 Ом±0,5%	1	
R31*	C2-29B-0,125-523 Ом±0,1%	1	
R32*	C2-29B-0,125-523 Ом±0,1%	1	
R33*	C2-29B-0,125-523 Ом±0,1%	1	
R34*	C2-36-0,125-28,7 Ом±0,5%	1	
R35*	C2-36-0,125-105 Ом±0,5%	1	

Подп. и дата

Инв. № д/дл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

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

НСРАН 10.04.001 ПЭЗ

Лист

2

Копировал

Формат А4

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
R36, R37	SMD-0,25-3,6 Ом±5%-1206	2	
R38*	C2-36-0,125-590 Ом±0,5%	1	
R39*	C2-36-0,125-2,49 Ом±0,5%	1	
R40*	C2-36-0,125-590 Ом±0,5%	1	
R41*	C2-36-0,125-690 Ом±0,5%	1	
R42*	C2-36-0,125-2,49 Ом±0,5%	1	
R43*	C2-36-0,125-1,4 Ом±0,5%	1	
R44, R45	SMD-0,25-3,6 Ом±5%-1206	2	
R46*	C2-36-0,125-1,05 кОм±0,5%	1	
R47*	Перемычка	1	
R48-R51	SMD-0,25-3,6 Ом±5%-1206	4	
R52*	C2-36-0,125-1,05 кОм±0,5%	1	
R53*	Перемычка	1	
R54, R55	C2-36-0,125-1 кОм±0,5%	2	
R56, R57	C2-33-0,25-51 Ом±5%	2	
R58	C2-36-0,125-2,49 кОм±0,5%	1	
VD1, VD2	Стабилитрон КС170А	2	
X1, X2	Вилка PLD-4	2	
X3	Вилка PLD-8	1	
X4	Вилка PLD-4	1	

Подп. и дата

Изм. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

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

НСРАН 10.04.001 ПЭЗ

Лист

3

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.04.001 ЭЗ

Лист. примен.

Справ. №

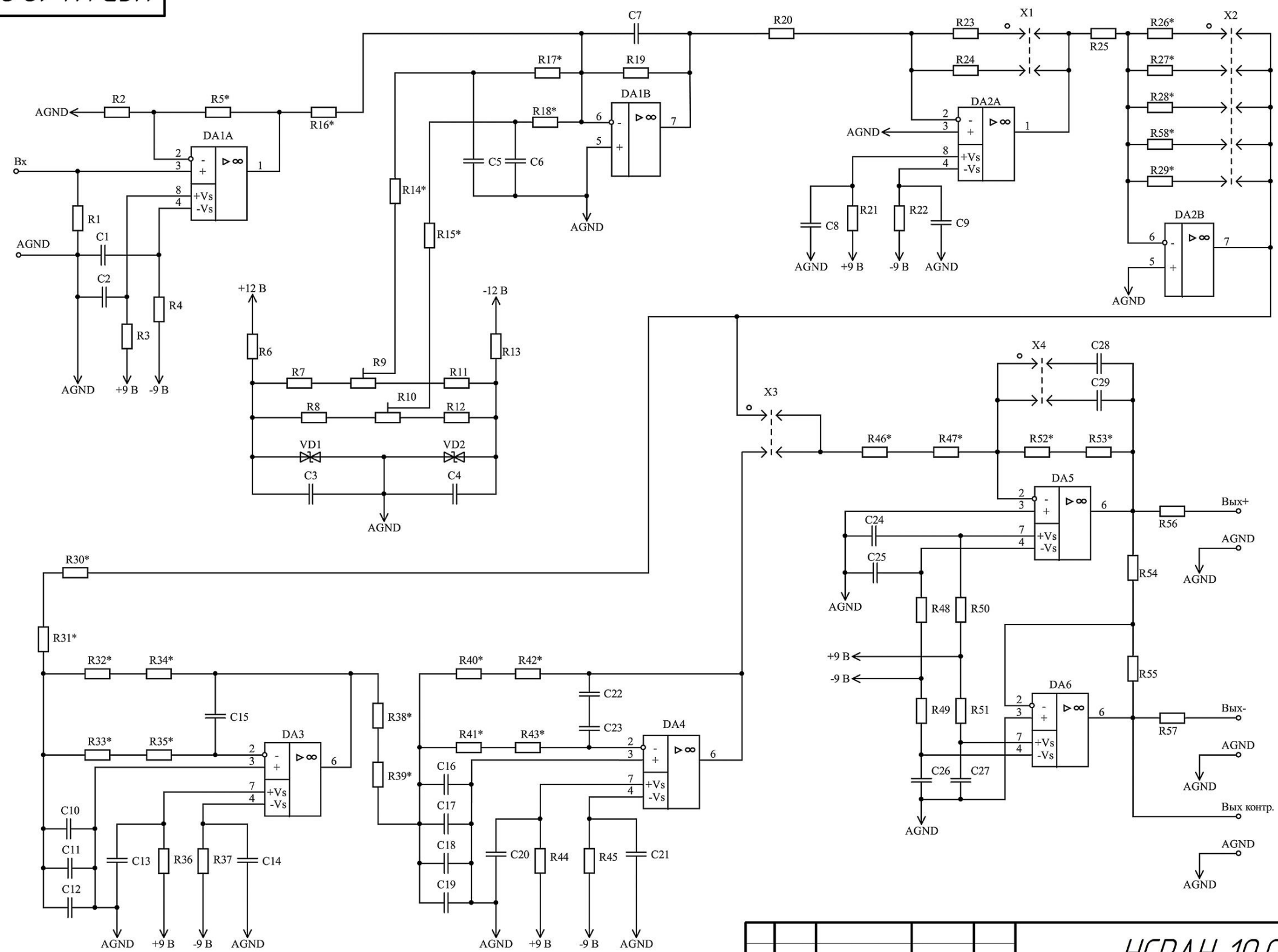
Подп. и дата

Имя. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

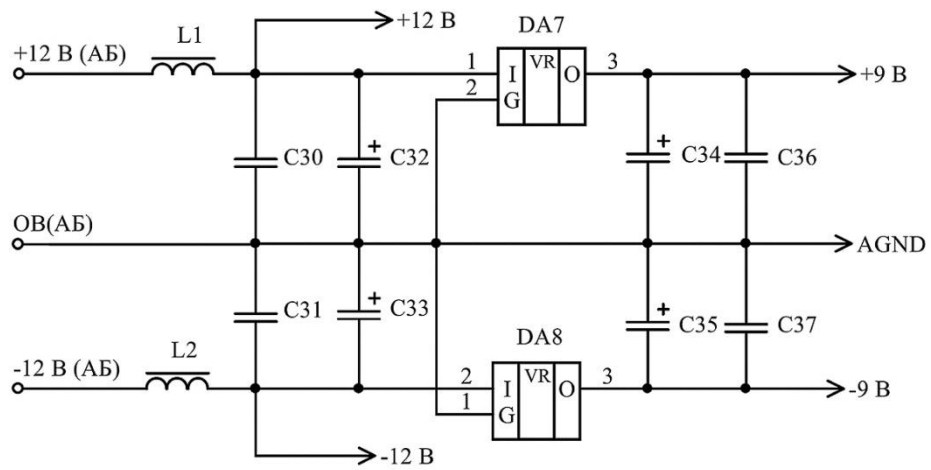
Имя. № подл.



				НСРАН 10.04.001 ЭЗ			
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Усилитель основной, Э	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов				3		1:1
Пров.	Бабровский				Лист 1	Листов 2	
Т.контр.	Лашин						
Н.контр.	Ильичёв						
Утв.	Ильичёв						

Копировал

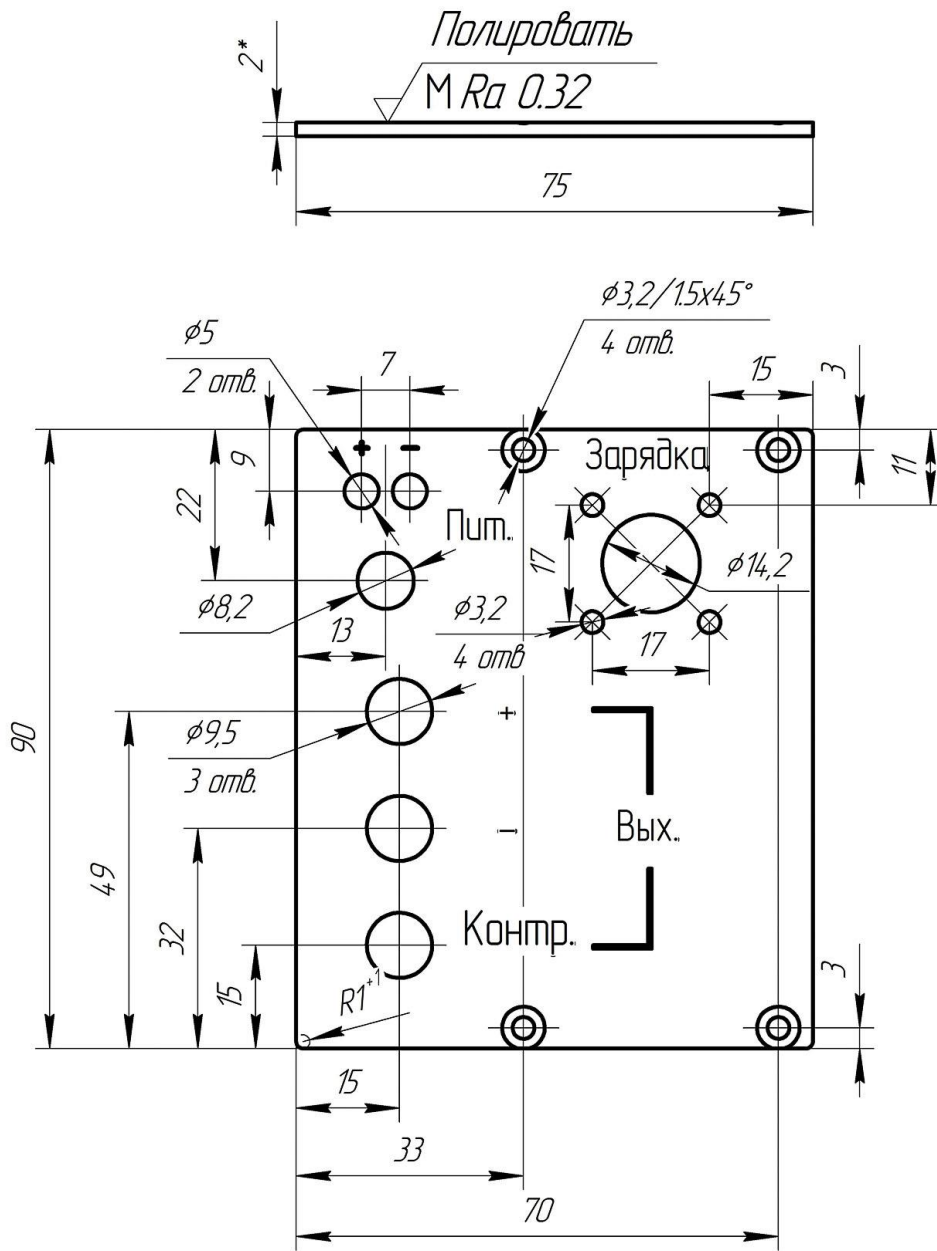
Формат А3



Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № докл.
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	

НСРАН 10.04.003

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



- 1 *Размер для справок.
- 2 Неуказанные предельные отклонения ± 0.3 мм.

Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № посл.	

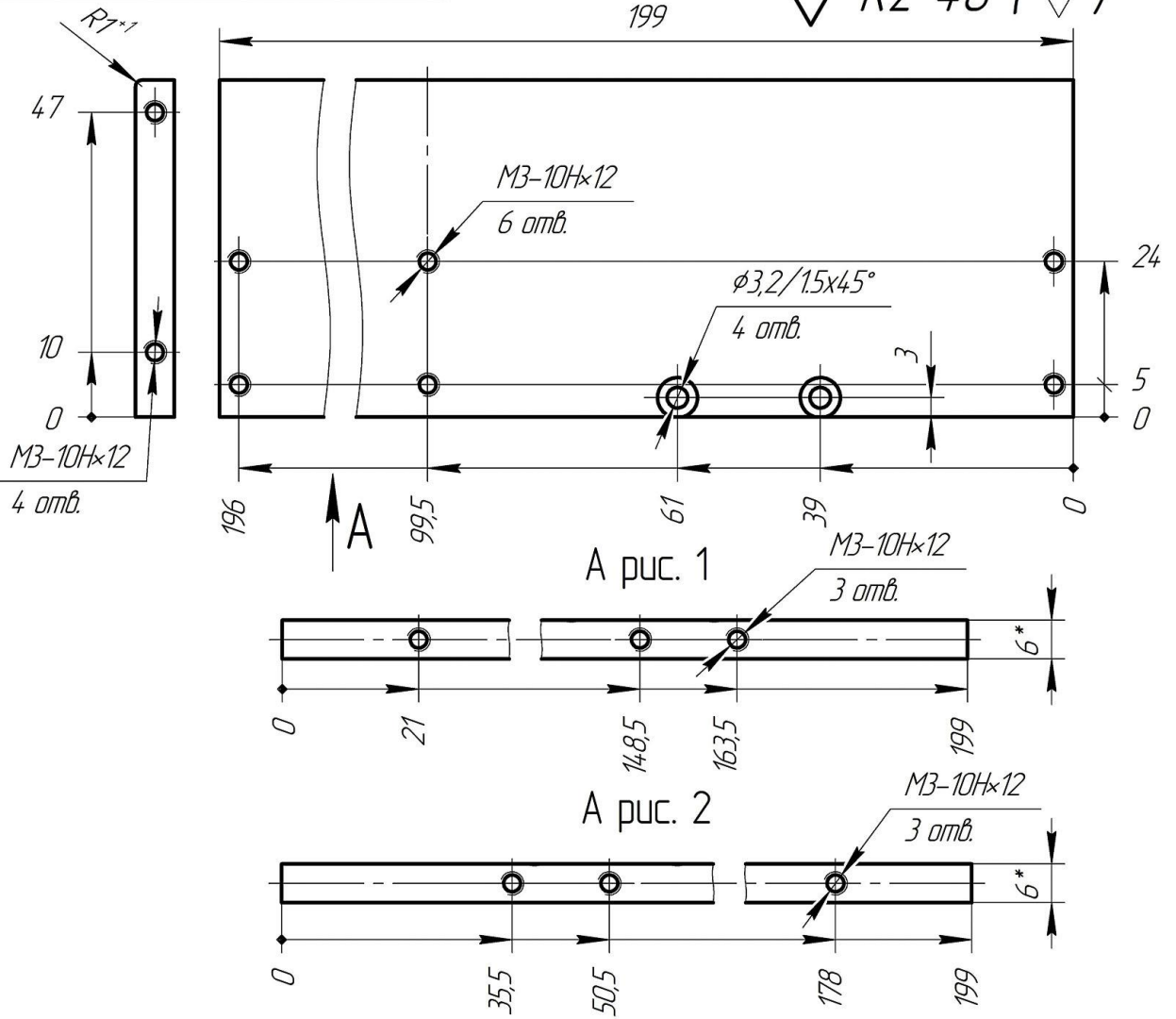
НСРАН 10.04.003				
				Панель задняя
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Проб.	Бодровский			
Т.контр.	Ильичёв			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			
Лист АМ26.Б.М 2 мм			ГОСТ 21631-76	
Лит.	Масса	Масштаб		
3		1:1		
Лист		Листов 1		

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.04.005

$\sqrt{Rz 40 (\checkmark)}$



Обозначение	Рис.
НСРАН 10.04.005	1
НСРАН 10.04.005-01	2

- 1 *Размер для справок.
 2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.

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

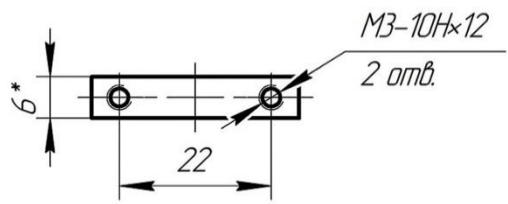
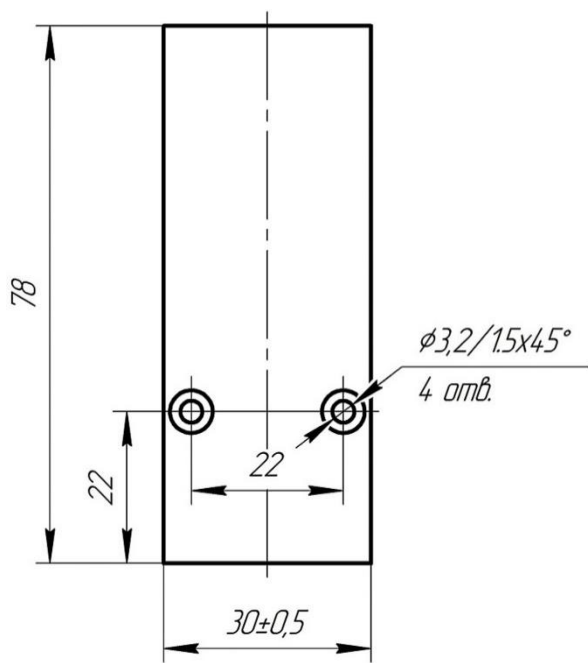
НСРАН 10.04.005				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Проб.	Бобровский			
Т.контр.	Ильичёв			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			
Планка каркасная			Лит.	Масса
Лист АМ26.Б.М 6 мм			3	
ГОСТ 21631-76			Листов	1
Копировал			Формат А4	

НСРАН 10.04.006

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



- 1 *Размер для справок.
- 2 Неуказанные предельные отклонения ±0.3 мм.

Подп. и дата

Инв. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лисимов		
Проб.		Бобровский		
Т.контр.		Ильичёв		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичёв		

НСРАН 10.04.006

Планка ограничительная
№1

Лист АМ26.Б.М 6 мм
ГОСТ 21631-76

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

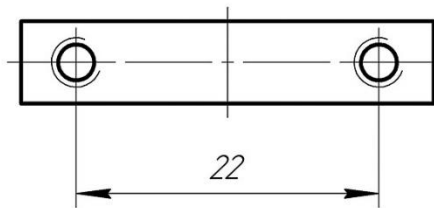
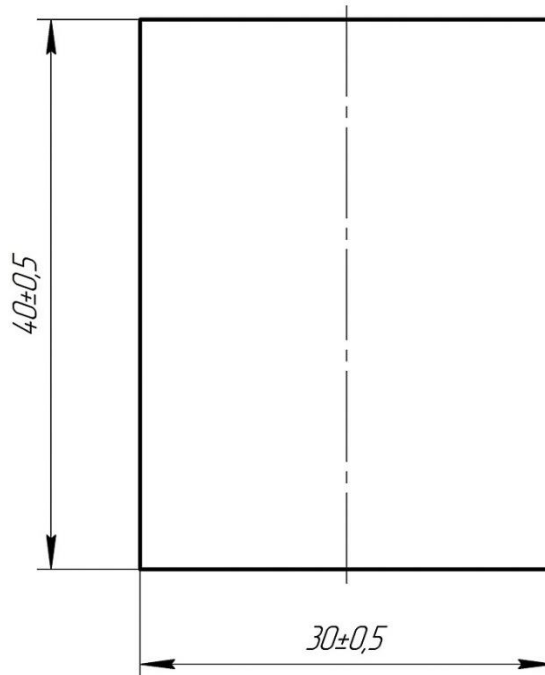
Формат А4

НСРАН 10.04.007

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Изм. № дубл.

Взам. инв. №

- 1 *Размер для справок.
- 2 Неуказанные предельные отклонения ± 0.3 мм.

Подп. и дата

Изм. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Проб.	Бадраевский			
Т.контр.	Ильичёв			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

НСРАН 10.04.007

Планка ограничительная
№2

Лист АМ26.Б.М 6 мм
ГОСТ 21631-76

Лит.	Масса	Масштаб
Э		2:1
Лист	Листов	1

Копировал

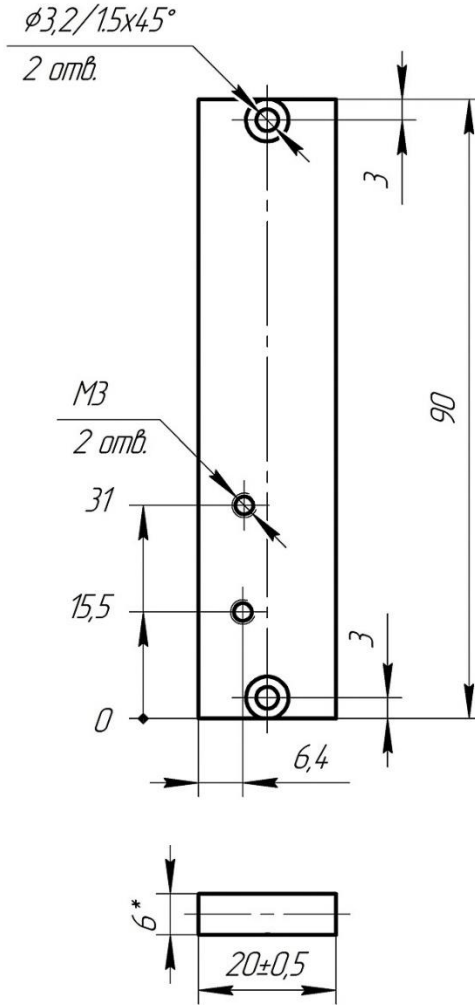
Формат А4

НСРАН 10.04.008

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



- 1 *Размер для справок.
- 2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Проб.	Бобровский			
Т.контр.	Ильичёв			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			

НСРАН 10.04.008

Радиатор

Лист АМ26.Б.М 6 мм
ГОСТ 21631-76

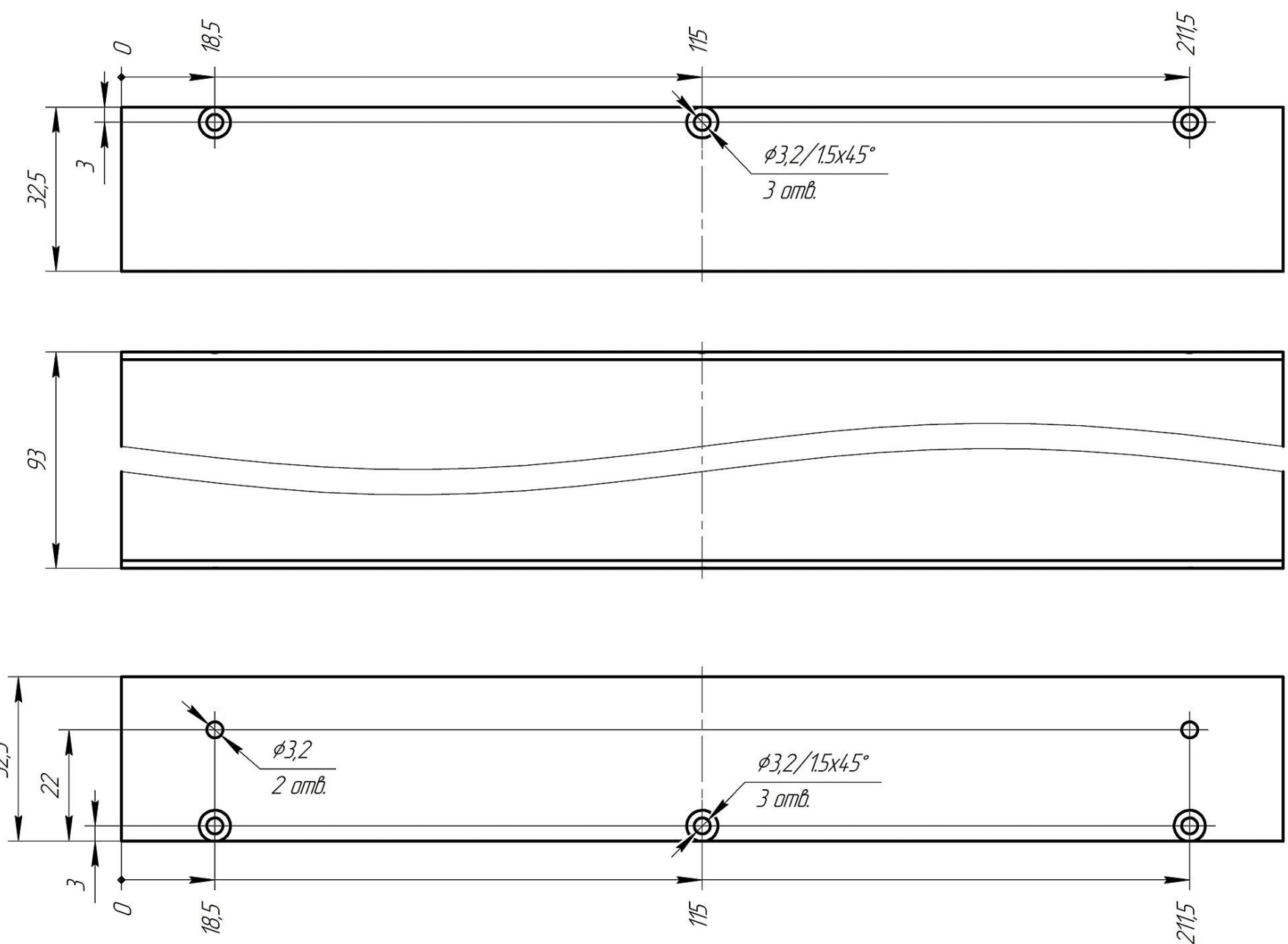
Лит.	Масса	Масштаб
3		1:1
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.04.009

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



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

1 *Размер для справок.
2 Неуказанные предельные отклонения ± 0.3 мм.

				НСРАН 10.04.009				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Крышка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лисимов					3		1:1
Пров.	Байровский					Лист	Листов	1
Т.контр.	Ильичев							
Н.контр.	Савченко				Лист АМзб.Б.М 1.5 мм ГОСТ 21631-76			
Утв.	Ильичев							

Копировал

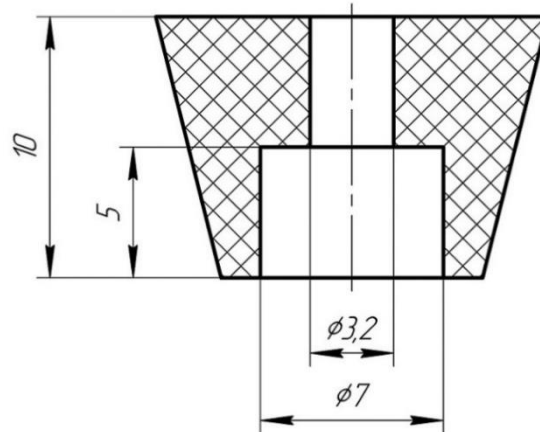
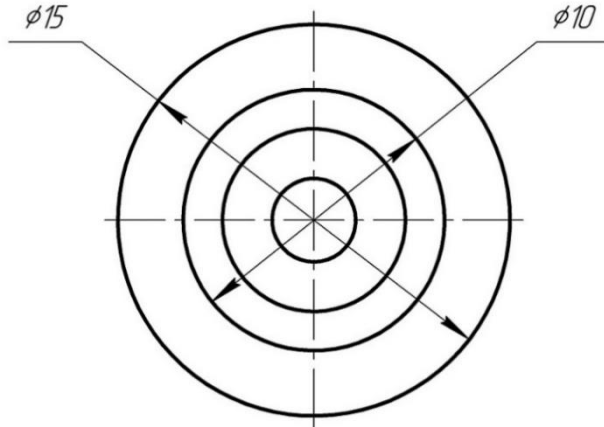
Формат А3

НСРАН 10.04.010

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



- 1 *Размер для справок.
- 2 Неуказанные предельные отклонения ± 0.3 мм.

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

НСРАН 10.04.010				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Лисимов			
Пров.	Бабровский			
Т.контр.	Ильичёв			
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичёв			
Ножка				
		Лист	Масса	Масштаб
		3		4:1
			Листов	1
Смесь резиновая 3063 ТУ 38-1051082-86				

Копировал

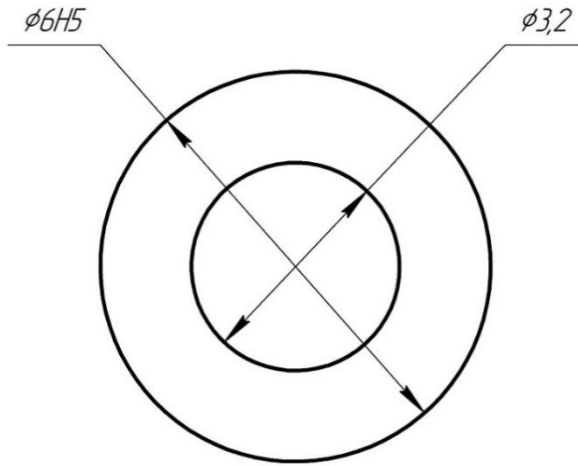
Формат А4

НСРАН 10.04.011

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

1 Неуказанные предельные отклонения ± 0.3 мм.

					НСРАН 10.04.011			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Втулка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Лисимов				Э		10:1
Пров.		Байровский				Лист	Листов	1
Т.контр.		Ильичёв						
Н.контр.		Савченко			Лист стекло органическое 5 мм			
Утв.		Ильичёв			ГОСТ 17622-72			

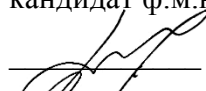
Копировал

Формат А4

Приложение Д

Утверждаю:

кандидат ф.м.н., зав. ЛКИ

 В.Д. Брагин

14 декабря 2016 г.

Имитатор сигналов
альбом схем и чертежей
НСРАН 010.05.000 АС

Проверил:

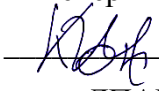
зав. ЛΠΑР

 П.В. Ильичев

6 декабря 2016 г.

Разработали:

инженер - исследователь ЛΠΑР

 Е. Ю. Копылов

м.н.с. ЛΠΑР

 М.О. Лисимов

5 декабря 2016 г.

Бишкек, 2016

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				<u>Документация</u>		
			НСРАН 10.05.000 СБ	Имитатор сигналов, чертеж сборочный		
	Справ. №		НСРАН 10.05.000 ЭЗ	Имитатор сигналов, схема электрическая принципиальная		
			НСРАН 10.05.000 ПЭЗ	Имитатор сигналов, перечень элементов		
				<u>Сборочные единицы</u>		
Подп. и дата		1	НСРАН 10.05.001	Имитатор зондирующих сигналов	1	A1
		2	НСРАН 10.05.002	Имитатор полевых сигналов	1	A2
		3	НСРАН 10.05.003	Имитатор сигналов датчика	1	A3
		4	НСРАН 10.05.004	Делитель напряжения декадный	1	A4
		5	НСРАН 10.05.019	Панель лицевая	1	
НСРАН 10.05.000						
Изм. Лист		№ док-м.	Подп.	Дата		
Разраб. Савченко					Имитатор сигналов, спецификация	
Пров. Бобровский						
Н.контр. Лосев					Лит.	Лист
Утв. Ильичёв					Э	1
					Листов 3	

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
		10	НСРАН 10.05.013	Основание	1	
		11	НСРАН 10.05.014	Кожух	1	
		12	НСРАН 10.04.010	Ножка	4	
		13	НСРАН 10.05.018	Панель задняя	1	
		14	НСРАН 10.05.023	Брусок	3	
		15	НСРАН 10.05.024	Скоба	4	
		16	НСРАН 10.05.025	Экран ИПС	1	
		17	НСРАН 10.05.026	Экран ИСД	1	
		18	НСРАН 10.05.027	Экран ДДН	1	
		19	НСРАН 10.05.028	Экран ИЗС	1	
		21	НСРАН 10.01.021	Втулка	16	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		20		Винт с цилиндрической головкой ГОСТ Р ИСО 1207-М3 х 6	32	
		21		Винт с цилиндрической головкой ГОСТ Р ИСО 1207-М3 х 8	10	

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

НСРАН 10.05.000

Лист
2

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		25		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М3 x 10-Н	18	
		26		Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М3 x 16-Н	20	
		27		Гайка М3-6Н ГОСТ 5916-70	24	
		28		Шайба пружинная ЗЛ ГОСТ 6402-70	20	
		29		Шайба А 3.37 ГОСТ 10450-78	20	
			<u>Материалы</u>			
		35		Пластина резиновая 2 мм. ГОСТ 7338-90		
		36		Клей универсальный БФ-88 ГОСТ 12172-74		
			<u>Прочие изделия</u>			
		40		Батарея аккумуляторная Ventura 6P12-7-S; 12В, 7Ah	2	G1, G2
		41		Клемма не изолированная КП-1б	1	X3
		42		Розетка блочная 2PM1254Г1В1В	1	X2

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

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

НСРАН 10.05.000

Лист
3

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.05.000 СБ

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

- 1
- 21 (4 шт.)
- 26 (4 шт.)
- 27 (4 шт.)
- 28 (4 шт.)
- 29 (4 шт.)

- 19
- 20 (6 шт.)

- 5
- 25 (9 шт.)

- 2
- 21 (4 шт.)
- 26 (4 шт.)
- 27 (4 шт.)
- 28 (4 шт.)
- 29 (4 шт.)

- 16
- 20 (6 шт.)

- 3
- 21 (4 шт.)
- 26 (4 шт.)
- 27 (4 шт.)
- 28 (4 шт.)
- 29 (4 шт.)

- 17
- 20 (6 шт.)

- 4
- 21 (4 шт.)
- 26 (4 шт.)
- 27 (4 шт.)
- 28 (4 шт.)
- 29 (4 шт.)

- 18
- 20 (6 шт.)

- 12
- 26 (4 шт.)
- 27 (4 шт.)

- 15 (4 шт.)
- 20 (2 шт.)
- 35
- 36

- 42

- 13
- 25 (9 шт.)

- 41

- 40

- 35

- 36

- 14

- 10

- 410

132

- 11
- 21 (6 шт.)

273

1 *Размеры для справок.
2 Основная проекция (вид сверху) показана со снятым кожухом (поз. 22).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лосев		
Пров.		Бабровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.05.000 СБ		
Имитатор сигналов, чертеж сборочный	Лист 3	Масштаб 1:2
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

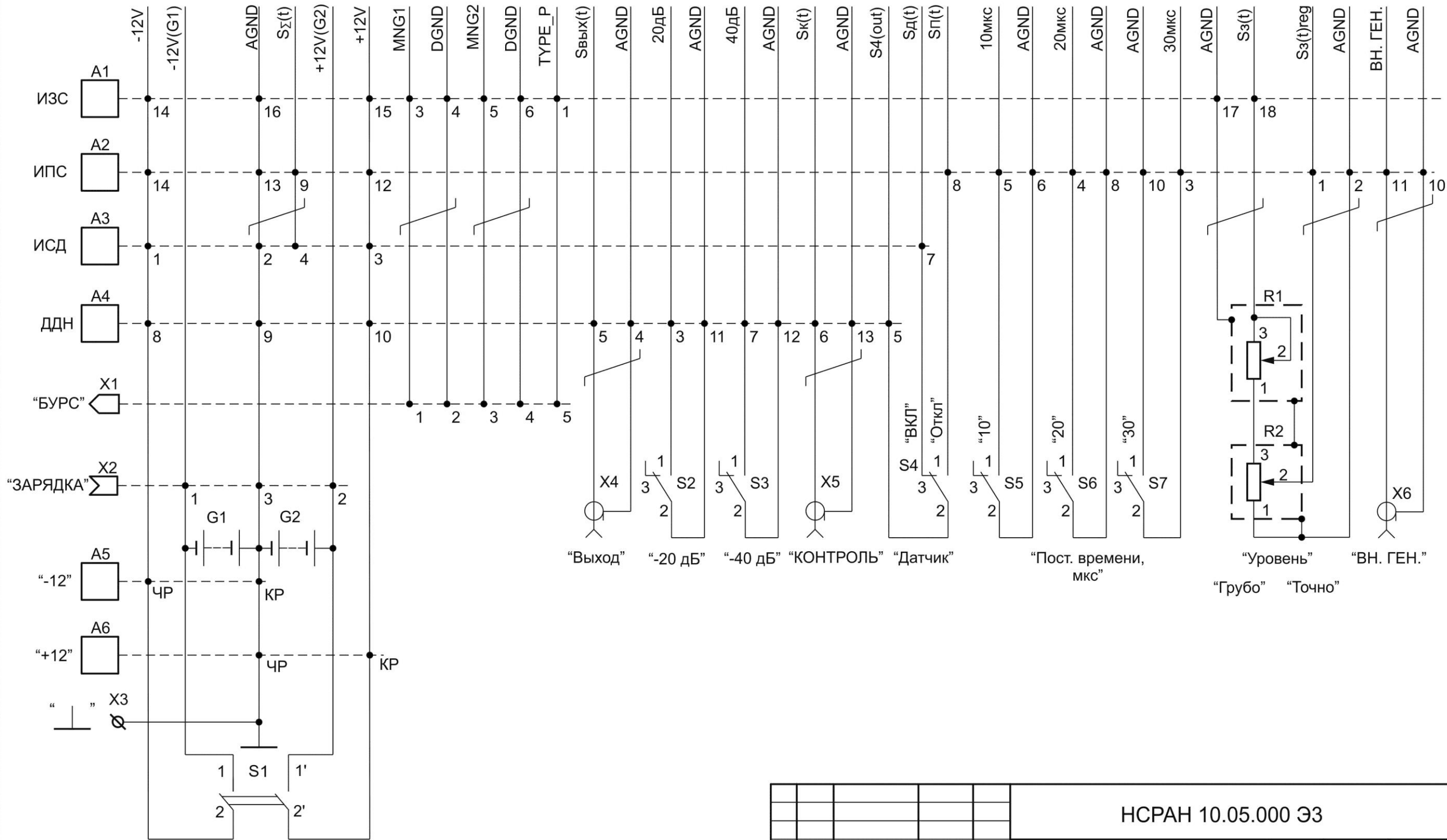
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



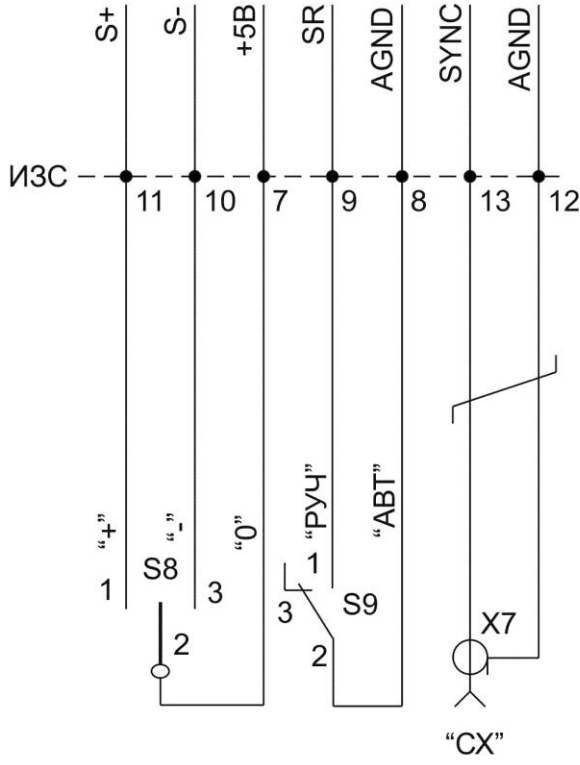
				НСРАН 10.05.000 Э3			
Изм. Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Имитатор сигналов, схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Копылов				Э		
Провер.	Бобровский				Лист 1	Листов 2	
Т.контр.							
Н.контр.	Ильичев						
Утв.	Ильичев						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №
									SMD - Y5V - 50B - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	4	C4, C18, C19		
											C28		
									MKT B32529 - 334 - J	9	C5 - C11,		
											C20, C21,		
									<u>Микросхемы</u>				
									AD8429ARZ	1	DA1		
									AMS1117 - 3,3	1	DA2		
									MC78L09ACP	1	DA3		
									MC79L09ACP	1	DA4		
									6N137	3	DA5 - DA7		
									MC7805CT	1	DA8		
									74ALS10AD	1	DD1		
									74ALS00AD	3	DD2, DD4,		
											DD6		
									74ALS132AD	1	DD3		
									74ALS08AD	1	DD5		
									74ALS32ADR	1	DD7		
									Перемычка коммутационная,	3	J1 - J3		
									2,54 мм 2x1				
									<u>Резисторы</u>				
									SMD - 0,25 - 2 кОм ± 5% - 0805	5	R1 - R5		
									C2 - 29B - 0,125 - 523 Ом ±0,1%	2	R6, R7		
									SMD - 0,25 - 1,6 Ом ± 5% - 1206	2	R8, R9		
									C2 - 36 - 0,125 - 36,1 кОм ±0,5%	2	R7, R8		
									C2 - 36 - 0,125 - 1 кОм ±0,5%	1	R10		
									SMD - 0,25 - 330 Ом ± 5% - 1206	3	R11 - R13		
									SMD - 0,25 - 150 Ом ± 5% - 1206	3	R14 - R16		
									SMD - 0,25 - 5,1 кОм ± 5% - 1206	3	R17 - R19		
									SMD - 0,25 - 510 Ом ± 5% - 1206	3	R20 - R22		
									НСРАН 10.05.001			Лист	

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

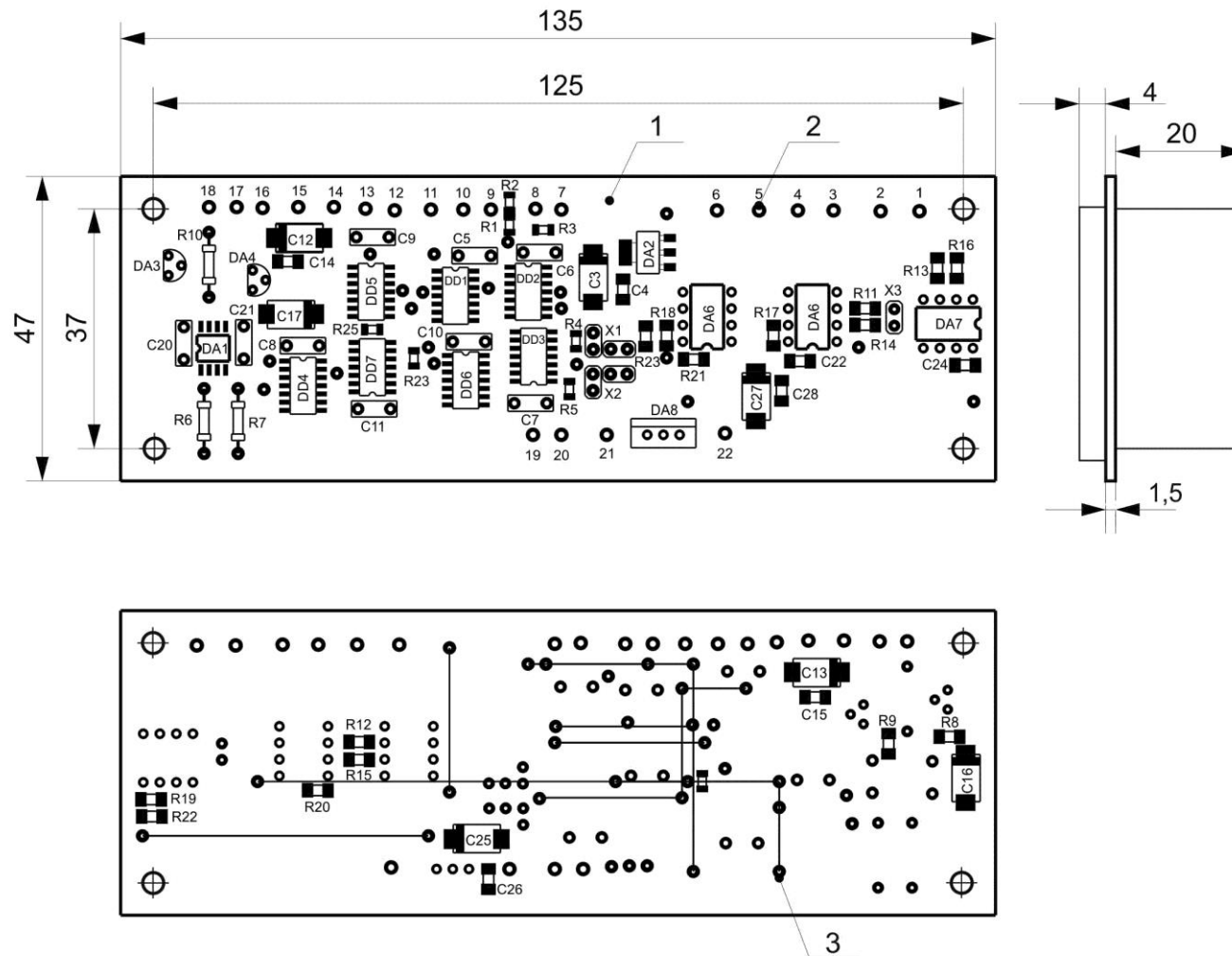
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



				НСРАН 10.05.001 СБ				
Изм	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Имитатор зондирующих сигналов, чертёж сборочный	Лит.	Масса	Масштаб
						Э		1:1
						Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Савченко						
Утв.		Ильичев						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование				Кол.	Примечание		
Справ. №		<u>Конденсаторы</u>							
	C1	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D				1			
	C2	SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206				1			
	C3	Тант. SMD - 35 В - 10,0 мкФ ± 20% - D				1			
	C4	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206				1			
	C5 - C11	МКТ В32529 - 334 - J				7	EPCOS		
	C12, C13	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D				2			
	C14, C15	SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206				2			
	C16, C17	Тант. SMD - 35 В - 10,0 мкФ ± 20% - D				2			
	C18, C19	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206				2			
	C20, C21	МКТ В32529 - 334 - J				2	EPCOS		
	C22 - C24	SMD - Y5V - 50В - 1 мкФ ± 20% - 1206				3			
	C25	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D				1			
	C26	SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206				1			
	C27	Тант. SMD - 35 В - 10,0 мкФ ± 20% - D				1			
	C28	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206				1			
Подп. и дата		<u>Микросхемы</u>							
	DA1	AD8429ARZ				1			
	DA2	AMS1117 - 3,3				1			
	DA3	МС78L09АСР				1			
	DA4	МС79L09АСР				1			
	DA5 - DA7	6N137				3			
	DA8	МС7805СТ				1			
	DD1	74ALS10AD				1			
	DD2	74ALS00AD				1			
	DD3	74ALS132AD				1			
Подп. и дата	НСРАН 10.05.001 ПЭЗ								
	Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Имитатор зондирующих сигналов, перечень элементов		Лит.	Масса
Разраб.	Копылов				Э				
Инв. № подл.	Провер.	Бобровский				Лист 1		Листов 2	
	Т.контр.								
	Н.контр.	Ильичев							
	Утв.	Ильичев							

Копировал

Формат А4

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Инв. № подл.		
				Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата
DD4	74ALS00AD	1																
DD5	74ALS08AD	1																
DD6	74ALS00AD	1																
DD7	74ALS32ADR	1																
J1 - J3	Переемычка коммутационная 2,54 мм 2x1	3																
<u>Резисторы</u>																		
R1 - R5	SMD - 0,25 - 2 кОм ± 5% - 0805	5																
R6, R7	C2 - 29B - 0,125 - 523 Ом ±0,1%	2																
R8, R9	SMD - 0,25 - 1,6 Ом ± 5% - 1206	2																
R10	C2 - 36 - 0,125 - 1 кОм ±0,5%	1																
R11 - R13	SMD - 0,25 - 330 Ом ± 5% - 1206	3																
R14 - R16	SMD - 0,25 - 150 Ом ± 5% - 1206	3																
R17 - R19	SMD - 0,25 - 5,1 кОм ± 5% - 1206	3																
R20 - R22	SMD - 0,25 - 510 Ом ± 5% - 1206	3																
R23 - R25	SMD - 0,125 - 0 Ом ± 5% - 0805	3																
X1, X2	Вилка штыревая 2,54 мм 4x1 прямая	2																
X3	Вилка штыревая 2,54 мм 2x1 прямая	1																
НСРАН 10.05.001 ПЭЗ																		
Лист																		
2																		

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

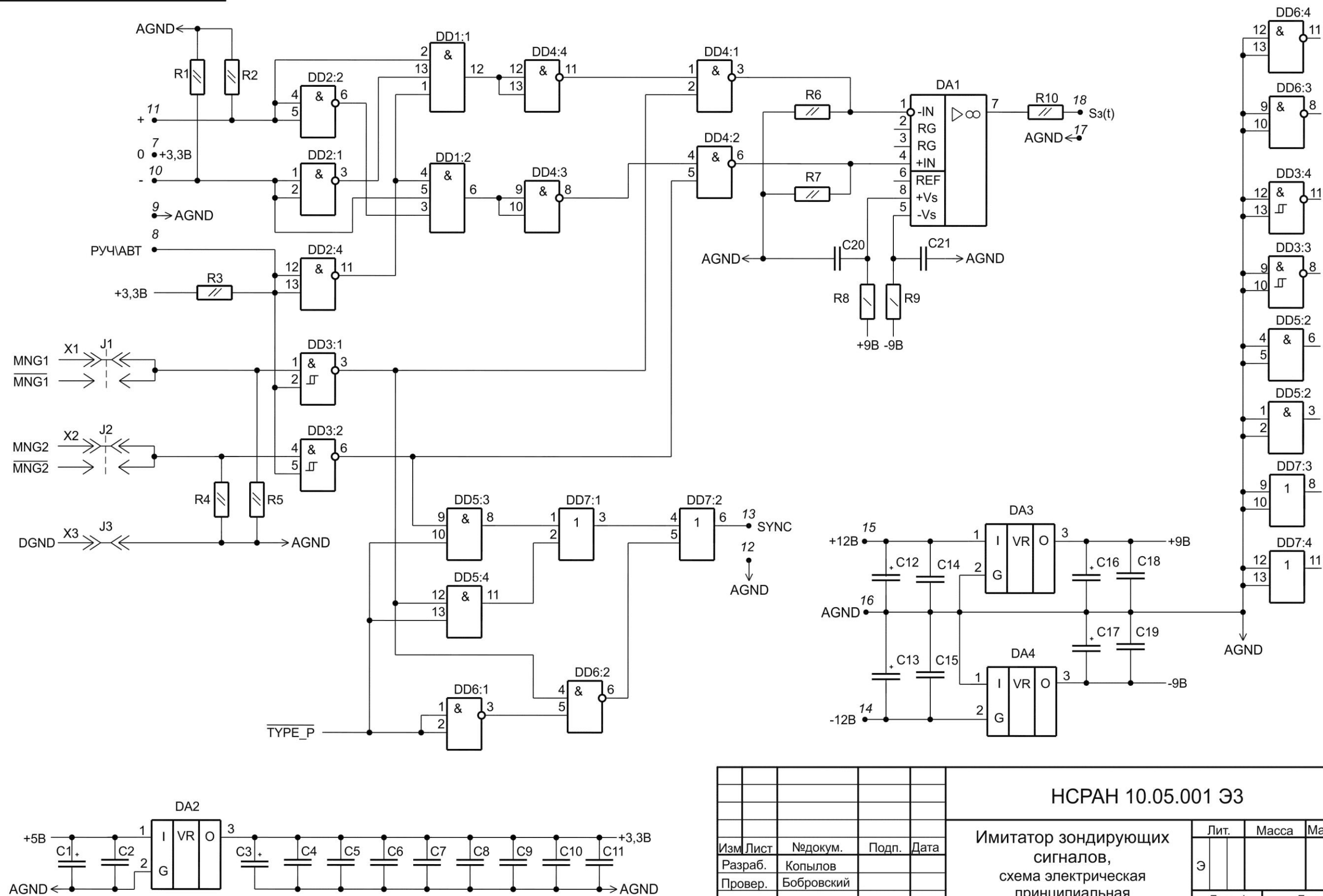
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



				НСРАН 10.05.001 Э3			
Изм. Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Имитатор зондирующих сигналов, схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Копылов				Э		
Провер.	Бобровский				Лист 1	Листов 2	
Т.контр.							
Н.контр.	Ильичев						
Утв.	Ильичев						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

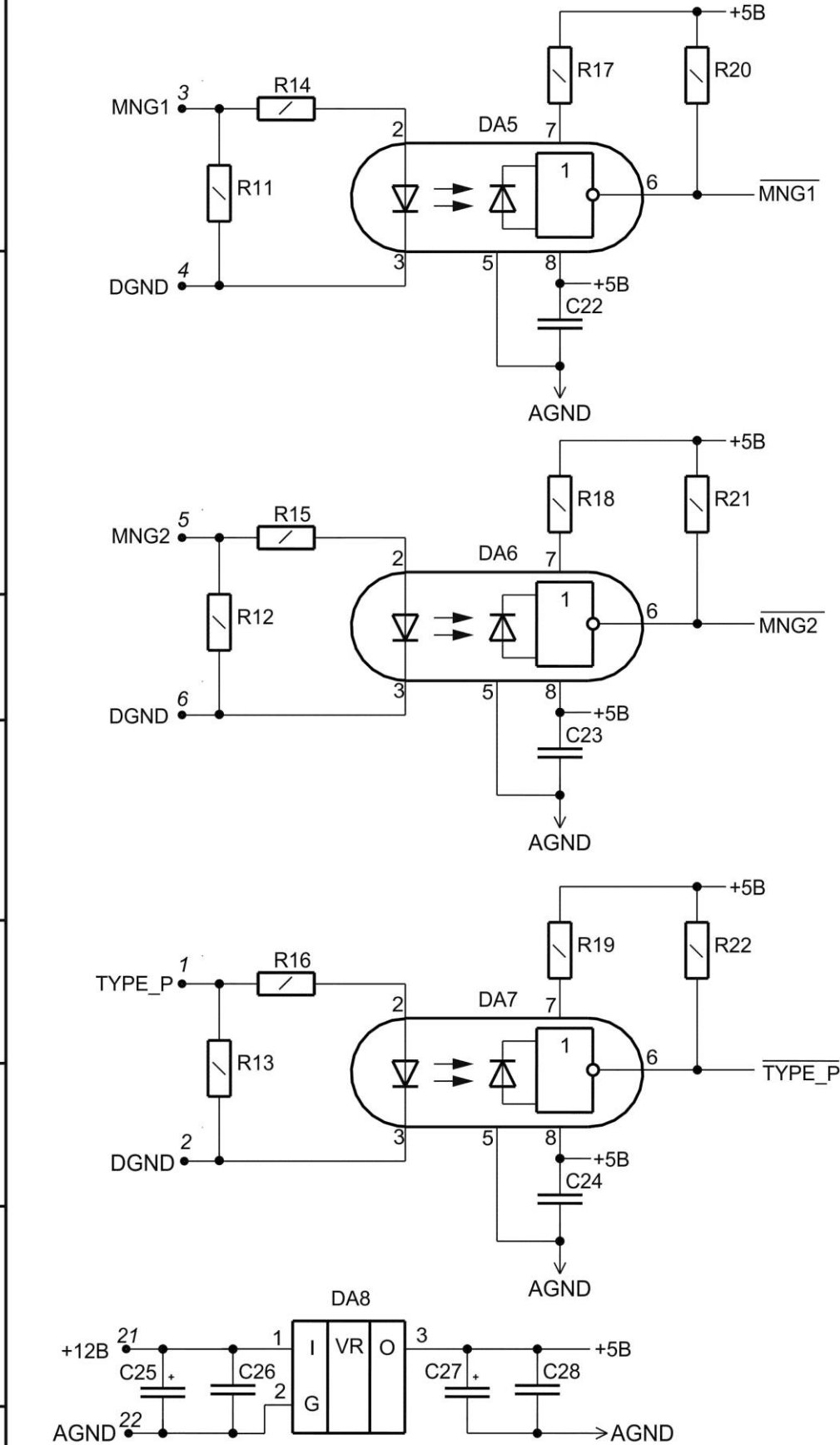
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

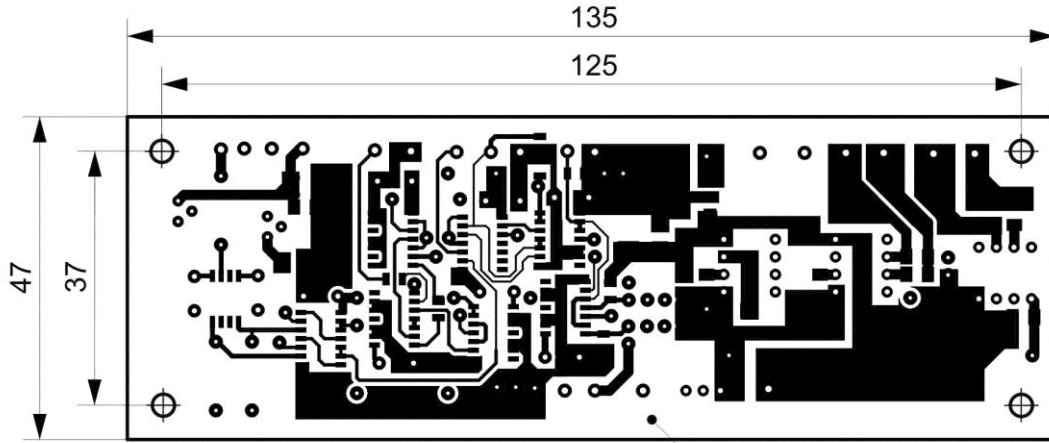


Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата

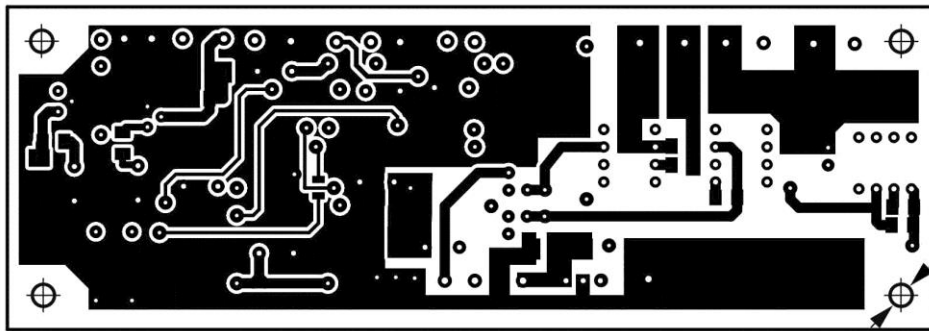
НСРАН 10.05.005

Перв. примен.

Справ. №



Толщина 1,5 мм



Ø3,2
4 ОТВ.

1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

Подп. и дата

Изн. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата
Разраб.		Копылов		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.05.005

Плата печатная ИЗС

Стеклотекстолит фольгированный
двусторонний, толщина 1,5 мм
СФ-2-35Г

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов 1	

Копировал

Формат А4

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
											Прочие изделия		
											Конденсаторы		
											Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	2	C1, C2
											Тант. SMD - 35 В - 10,0 мкФ ± 20% - D	2	C5, C6
											SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206	2	C3, C4
											SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	2	C7, C8
											MKT B32529 - 334 - J	6	C9, C10, C17, C18, C22, C23
											MKT B32529 - 103 - J	6	C11 - C16
											SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	3	C19 - C21
											Микросхемы		
											AD8610AR	3	DA1 - DA3
											MC78L09ACP	1	DA4
											MCL7909ACP	1	DA5
											Резисторы		
											SMD - 0,25 - 1,6 Ом ± 5% - 1206	6	R3, R4, R7, R8, R22, R23
											C2 - 36 - 0,125 - 1 кОм ±0,5%	3	R1, R6, R9
											SMD - 0,25 - 30 кОм ± 5% - 1206	1	R2
											C2 - 36 - 0,125 - 1,21 кОм ±0,5%	5	R5, R10, R11 R12, R22
											C2 - 36 - 0,125 - 36,1 кОм ±0,5%	2	R13, R15
											C2 - 33 - 0,5 - 56 Ом ±5%	1	R14
											C2 - 36 - 0,125 - 1,5 кОм ±0,5%	2	R16, R18
											СП5 - 2 - 1 - 3,3 кОм ±5%	1	R17
											C2 - 36 - 0,125 - 388 Ом ±0,5%	2	R19, R20
											Стабилитрон КС 170А	2	VD1, VD2
											НСРАН 10.05.002		Лист
Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата									

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.05.002 СБ

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. №

Подп. и дата

Изм. Лист

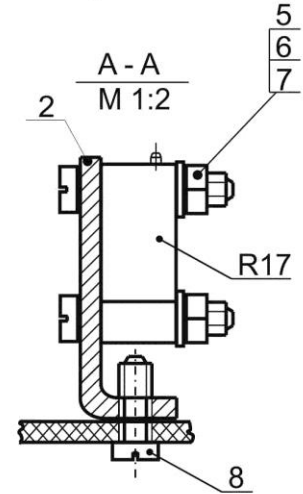
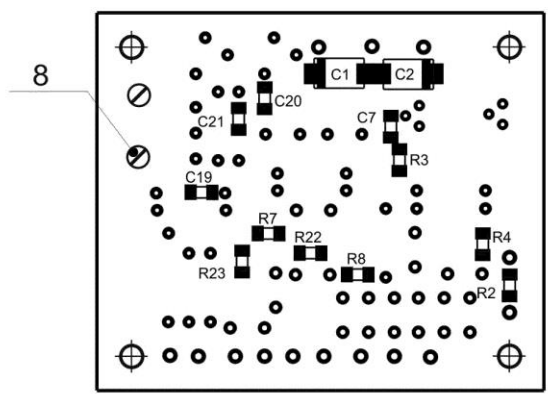
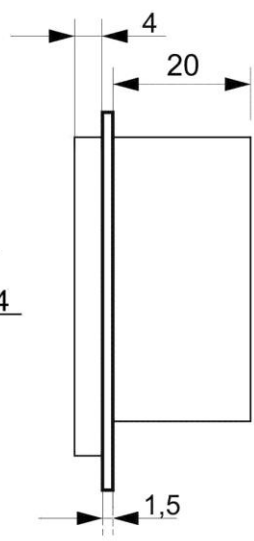
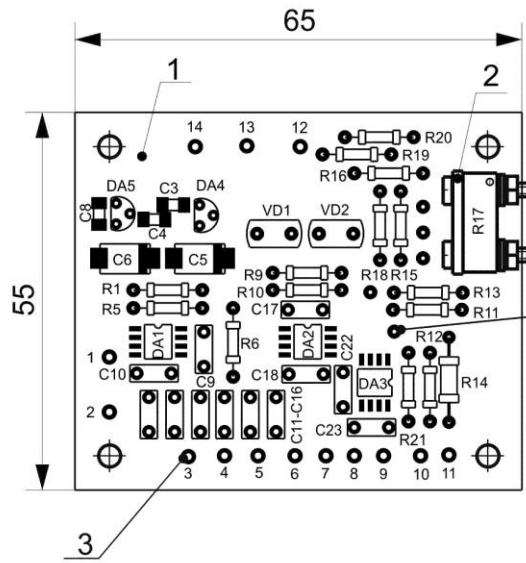
Т.контр.
Н.контр.
Утв.

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
	Разраб.	Копылов		
	Провер.	Бобровский		
	Т.контр.			
	Н.контр.	Савченко		
	Утв.	Ильичев		

НСРАН 10.05.002 СБ

**Имитатор полевых сигналов,
чертеж сборочный**

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист		Листов 1



Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
		<u>Конденсаторы</u>						
	C1, C2	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	2					
	C3, C4	SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206	2					
	C5, C6	Тант. SMD - 25 В - 10,0 мкФ ± 20% - D	2					
	C7, C8	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	2					
	C9, C10	MKT B32529 - 334 - J	2	EPCOS				
	C11 - C16	MKT B32529 - 103 - J	6	EPCOS				
	C17, C18	MKT B32529 - 334 - J	2	EPCOS				
	C19 - C21	SMD - Y5V - 50В - 1 мкФ ± 20% - 1206	3					
	C22, C23	MKT B32529 - 334 - J	2	EPCOS				
		<u>Микросхемы</u>						
	DA1 - DA3	AD8610AR	3					
	DA4	MC78L09	1					
	DA5	MC79L09	1					
	Справ. №		<u>Резисторы</u>					
R1		C2 - 36 - 0,125 - 1 кОм ±0,5%	1					
R2		SMD - 0,25 - 30 кОм ± 5% - 1206	1					
R3, R4		SMD - 0,25 - 1,6 Ом ± 5% - 1206	2					
R5		C2 - 36 - 0,125 - 1,21 кОм ±0,5%	1					
R6		C2 - 36 - 0,125 - 1 кОм ±0,5%	1					
R7, R8		SMD - 0,25 - 1,6 Ом ± 5% - 1206	2					
R9		C2 - 36 - 0,125 - 1 кОм ±0,5%	1					
R10 - R12		C2 - 36 - 0,125 - 1,21 кОм ±0,5%	3					
R13		C2 - 36 - 0,125 - 36,1 кОм ±0,5%	1					
R14		C2 - 33 - 0,5 - 56 Ом ±5%	1					
Подп. и дата		НСРАН 10.05.002 ПЭЗ						
		Имитатор полевых сигналов, перечень элементов						
Взам. инв. №		Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса
	Разраб.	Копылов				Э		
Инв. № подл.	Провер.	Бобровский				Лист 1		Листов 2
	Т.контр.							
Подп. и дата	Н.контр.	Ильичев						
	Утв.	Ильичев						

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

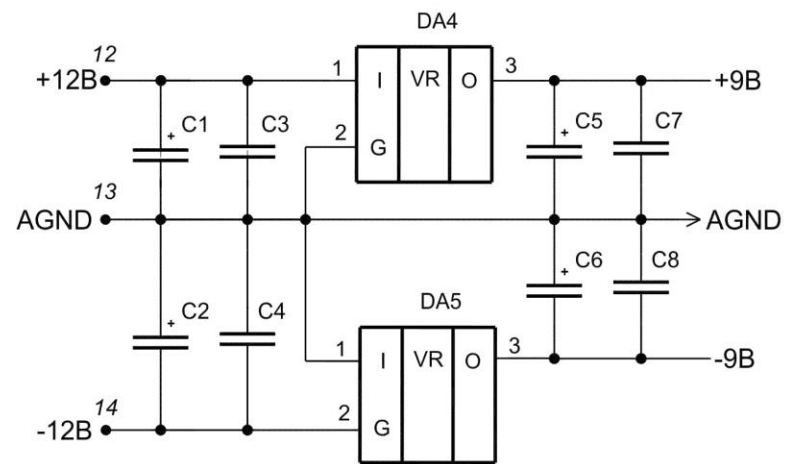
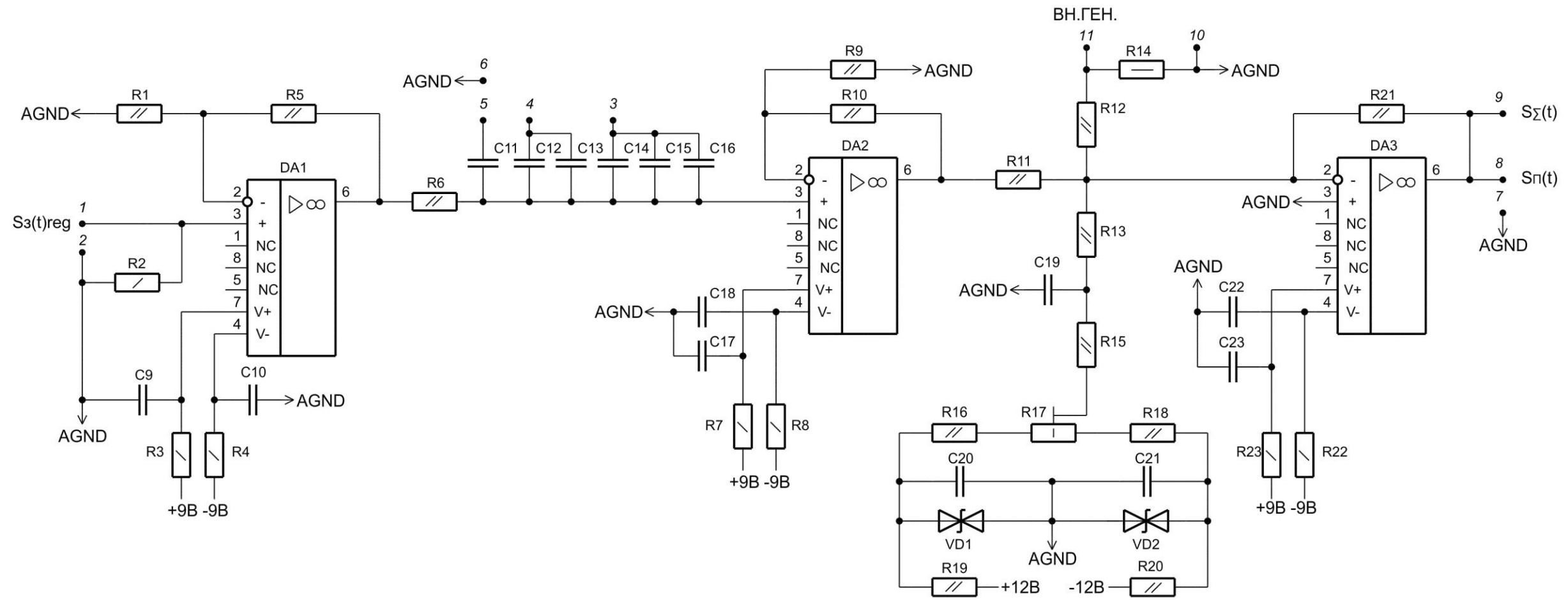
Справ. №

Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.



				НСРАН 10.05.002 Э3				
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Имитатор полевых сигналов, схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Копылов				Э		
Провер.		Бобровский				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Ильичев						
Утв.		Ильичев						

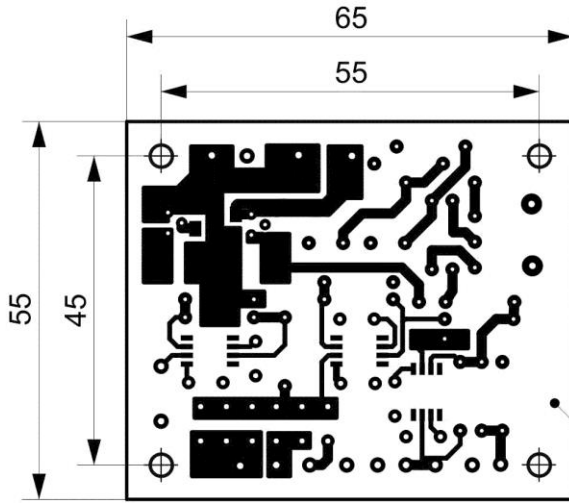
Копировал

Формат А3

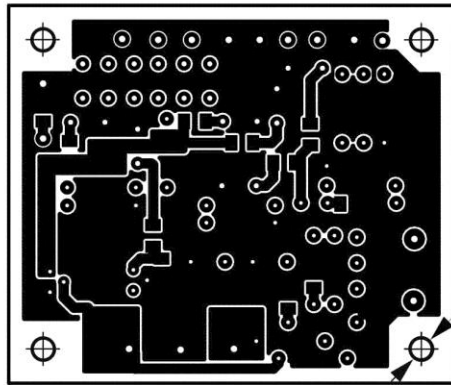
НСРАН 10.05.006

Перв. примен.

Справ. №



Толщина 1,5 мм



Ø3,2
4 отв.

1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

Подп. и дата

Изн. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изн. № подл.

Изн. № подл.

Подп. и дата

Изн. № подл.

Изн. № подл.

Изн. № подл.

Изн. № подл.

НСРАН 10.05.006

Плата печатная ИПС

Стеклотекстолит фольгированный
двусторонний, толщина 1,5 мм
СФ-2-35Г

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист		Листов 1

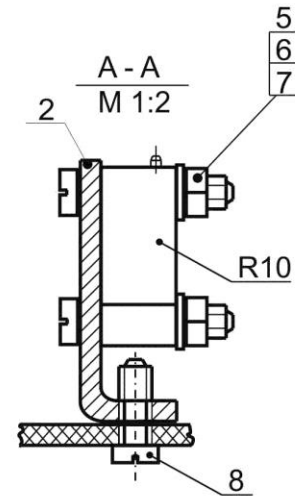
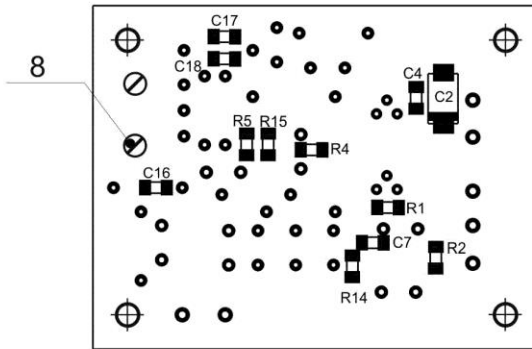
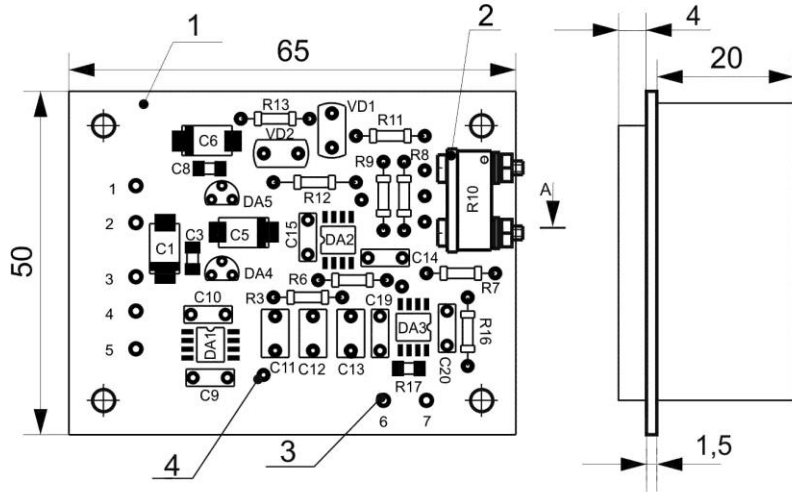
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.05.003 СБ

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Изм. Лист

Т.контр.

Н.контр.

Изм. Лист	Недокум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Копылов			
Провер.	Бобровский			
Т.контр.				
Н.контр.	Савченко			
Утв.	Ильичев			

НСРАН 10.05.003 СБ

Имитатор сигналов датчика,
чертеж сборочный

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов 1	

Копировал

Формат А4

Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
		<u>Конденсаторы</u>				
	C1, C2	Тант. SMD - 25 В - 47,0 мкФ ± 20% - D	2			
	C3, C4	SMD - Y5V - 50В - 1,0 мкФ ± 20% - 1206	2			
	C5, C6	Тант. SMD - 25 В - 10,0 мкФ ± 20% - D	2			
	C7, C8	SMD - Y5V - 50В - 0,1 мкФ ± 20% - 1206	2			
	C9, C10	MKT B32529 - 334 - J	2	EPCOS		
	C11 - C13	MKS 2 10/20/16 ROLL 18.5	3	WIMA		
	C14, C15	MKT B32529 - 334 - J	2	EPCOS		
	C16 - C18	SMD - Y5V - 50В - 1 мкФ ± 20% - 1206	3			
Справ. №	C19, C20	MKT B32529 - 334 - J	2	EPCOS		
		<u>Микросхемы</u>				
	DA1	AD8597ARZ	1			
	DA2	AD8610AR	1			
	DA3	AD8597ARZ	1			
	DA4	MC78L09	1			
	DA5	MC79L09	1			
		<u>Резисторы</u>				
Подп. и дата	R1, R2	SMD - 0,25 - 1,6 Ом ± 5% - 1206	2			
	R3	C2 - 36 - 0,125 - 51,1 кОм ± 0,1%	1			
	R4, R5	SMD - 0,25 - 1,6 Ом ± 5% - 1206	2			
	R6	C2 - 29В - 0,125 - 1,8 кОм ± 0,1%	1			
	R7, R8	C2 - 36 - 0,125 - 36,1 кОм ± 0,5%	2			
	R9	C2 - 33 - 0,125 - 3,3 кОм ± 5%	1			
	R10	СП5 - 3 - 1- 3,3 кОм ± 5%	1			
	R11	C2 - 33 - 0,125 - 3,3 кОм ± 5%	1			
	R12, R13	C2 - 36 - 0,125 - 388 Ом ± 0,5%	2			
	Взам. инв. №					
Инв. № подл.						
НСРАН 10.05.003 ПЭЗ						
Имитатор сигналов датчика, перечень элементов				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Э	
Разраб.	Копылов					
Провер.	Бобровский					
Т.контр.					Лист 1	Листов 2
Н.контр.	Ильичев					
Утв.	Ильичев					

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

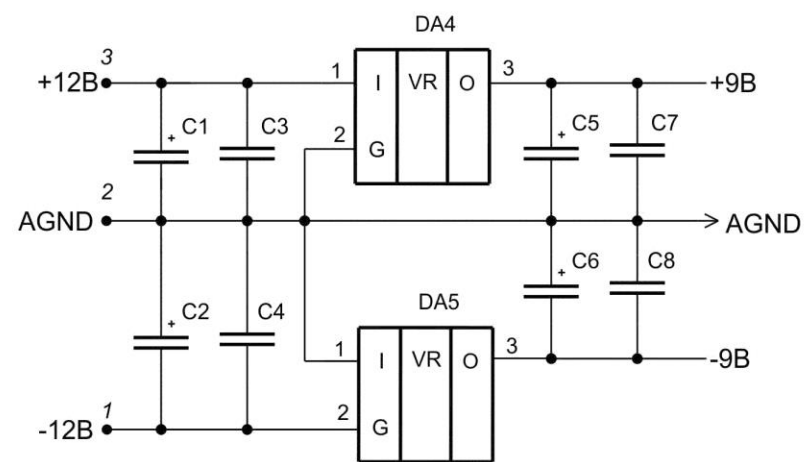
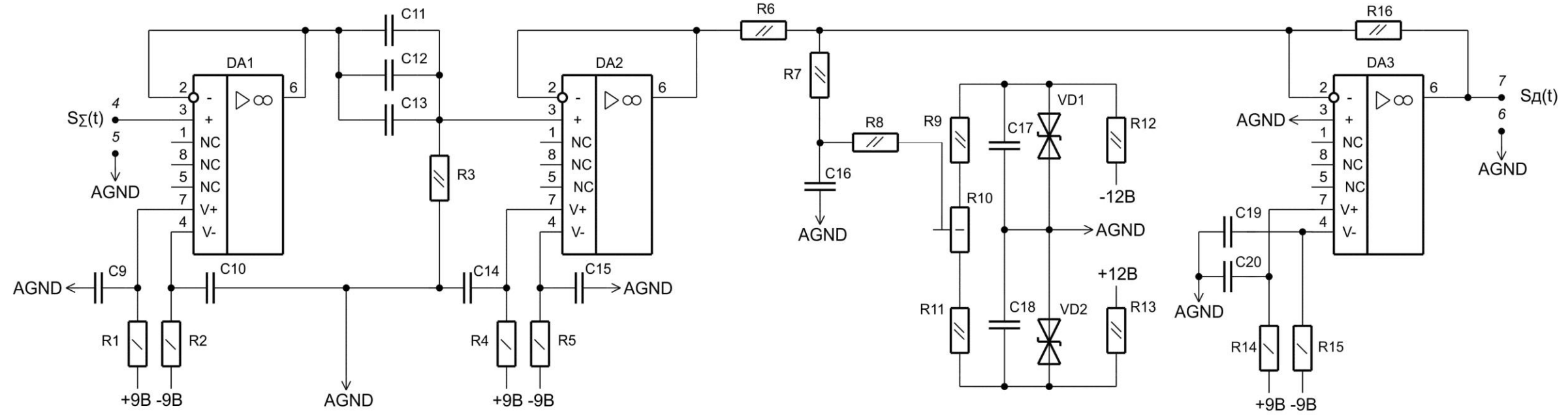
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



				НСРАН 10.05.003 Э3			
Изм. Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Имитатор сигналов датчика, схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Копылов				Э		
Провер.	Бобровский				Лист	Листов 1	
Т.контр.							
Н.контр.	Ильичев						
Утв.	Ильичев						

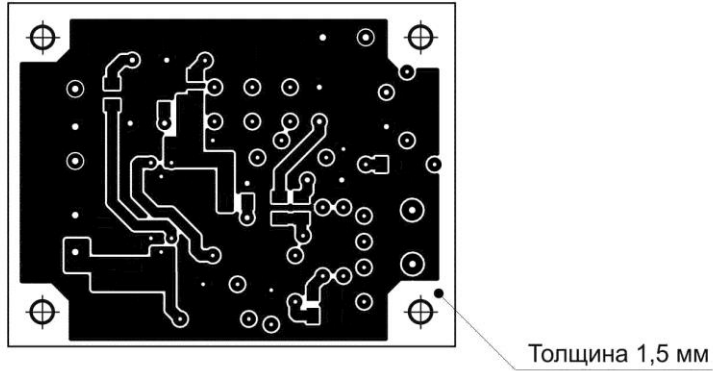
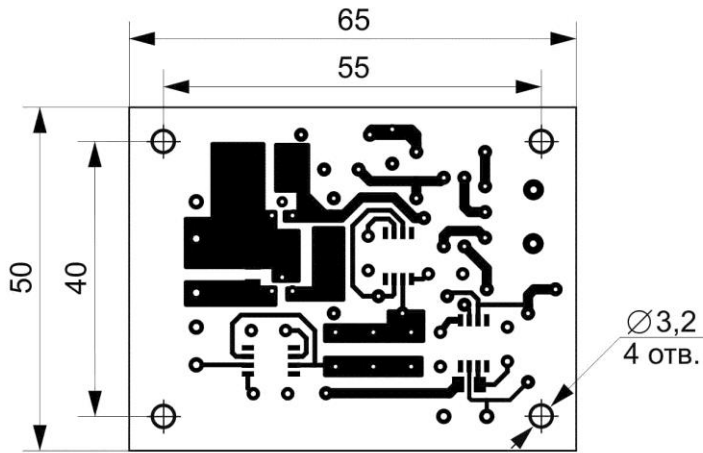
Копировал

Формат А3

НСРАН 10.05.007

Перв. примен.

Справ. №



1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков и заклепок 1,2 мм.

Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Инв. №

Подп. и дата

Изм. №

Подп. и дата

Изм. №

Подп. и дата

Изм. №

Подп. и дата

НСРАН 10.05.007

					НСРАН 10.05.007		
					Лит.	Масса	Масштаб
Изм. Лист	Недокум.	Подп.	Дата	Плата печатная ИСД	Э		1:1
Разраб.	Копылов						
Провер.	Бобровский						
Т.контр.					Лист	Листов 1	
Н.контр.	Савченко				Стеклотекстолит фольгированный двусторонний, толщина 1,5 мм СФ-2-35Г		
Утв.	Ильичев						

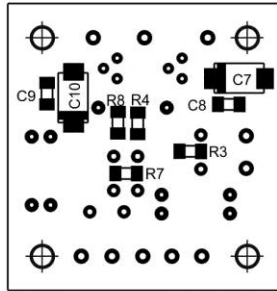
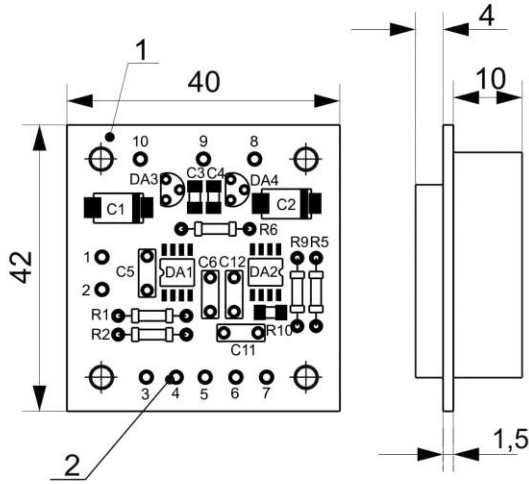
Копировал

Формат А4

НСРАН 10.05.004 СБ

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

НСРАН 10.05.004 СБ

Делитель напряжения
декадный,
чертеж сборочный

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов 1	

Инв. № подл.

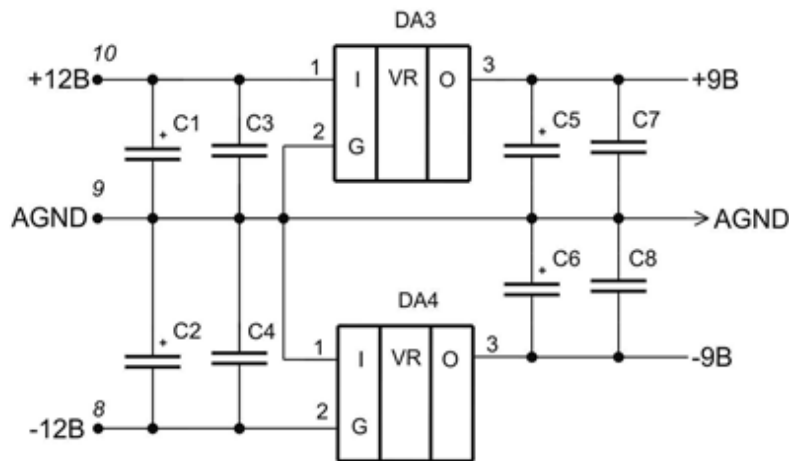
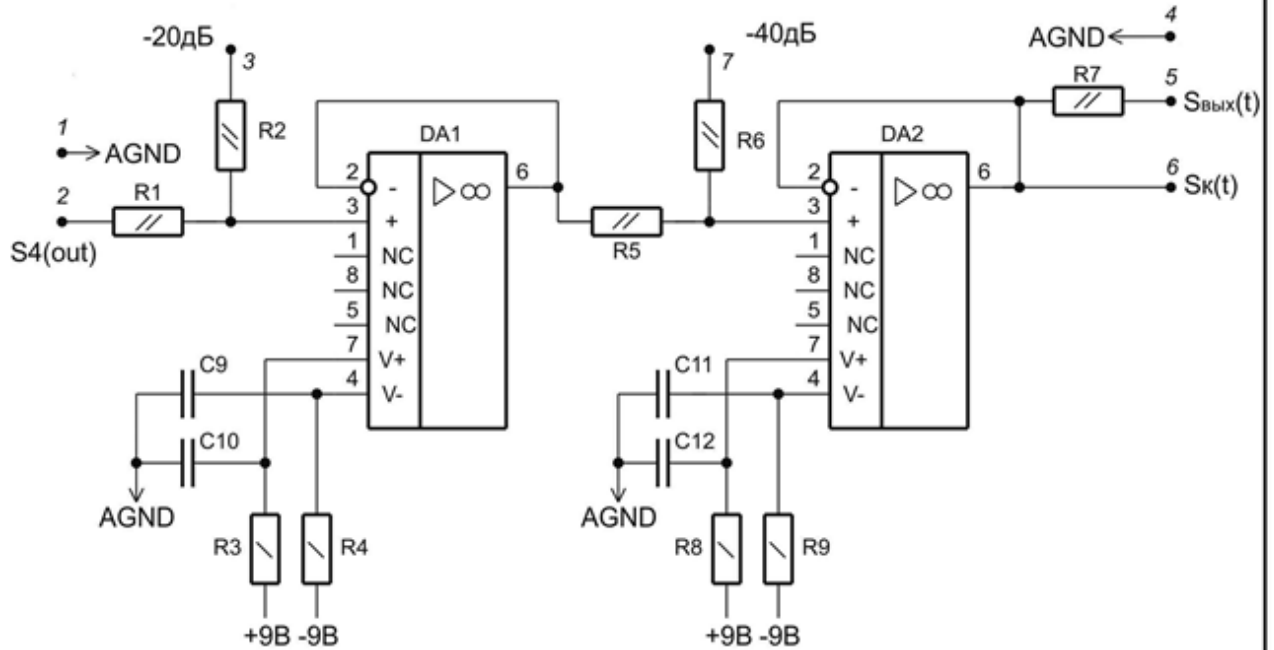
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Копылов		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Копылов		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Ильичев		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.05.004 ЭЗ

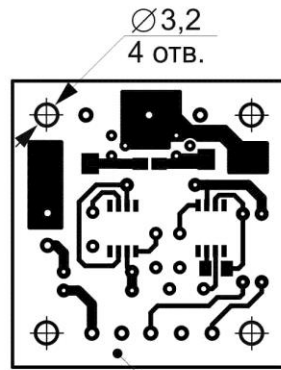
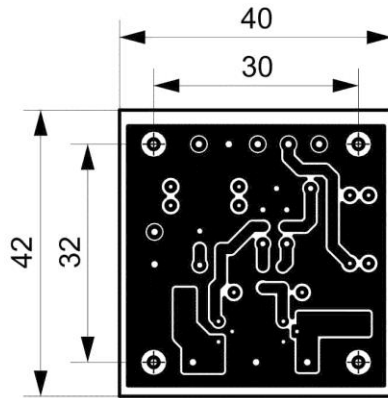
Делитель напряжения
декадный,
схема электрическая
принципиальная

Лит.	Масса	Масштаб
Э		
Лист	Листов 1	

НСРАН 10.05.008

Перв. примен.

Справ. №



Толщина 1,5 мм

1. Диаметр отверстий для установки микросхем 0,9 мм.
2. Диаметр отверстий для установки контактных лепестков 1,2 мм.

Подп. и дата

Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	Недокум.	Подп.	Дата
Разраб.		Копылов		
Провер.		Бобровский		
Т.контр.				
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

НСРАН 10.05.008

Плата печатная ДДН

Стеклотекстолит фольгированный
двусторонний, толщина 1,5 мм
СФ-2-35Г

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов 1	

Копировал

Формат А4

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Н.контр.	Утв.	Ильичёв	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
															Э	1	2				
																			<u>Документация</u>		
																		НСРАН 10.05.019 СБ	Панель лицевая, чертеж сборочный		
																			<u>Детали</u>		
																		1 НСРАН 10.05.017	Панель лицевая	1	
																		2 НСРАН 10.05.021	Панель изоляционная	4	
																			<u>Стандартные изделия</u>		
																		5	Винт с потайной головкой ГОСТ Р ИСО 7046-1 - М3 x 10-Н	8	
																		6	Гайка М3-6Н ГОСТ 5916-70	8	
																		7	Шайба пружинная ЗЛ ГОСТ 6402-70	8	
																		8	Шайба А 3.37 ГОСТ 10450-78	8	
																			<u>Прочие изделия</u>		
																		10	Тумблер SW-41В/1	1	
										НСРАН 10.05.019											
										Панель лицевая, спецификация											
										Лит.			Лист			Листов					
										Э			1			2					

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		11		Вольтметр цифровой TOWON CV580	2	S1
		12		Розетка блочная CP50-73ФВ	4	X4-X7
		13		Тумблер малогабаритный MTS102-A2 3A 250V	7	S2-S7, S9
		14		Резистор переменный СП-1А-1Вт 470 Ом±20%	1	R2
		15		Резистор переменный СП-1А-1Вт 10 кОм±20%	1	R1
		16		Вилка блочная 1-562-5mic5pin	1	X1
		17		Тумблер малогабаритный MTS223-6A-125V	1	S8

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

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

НСРАН 10.05.019

Лист
2

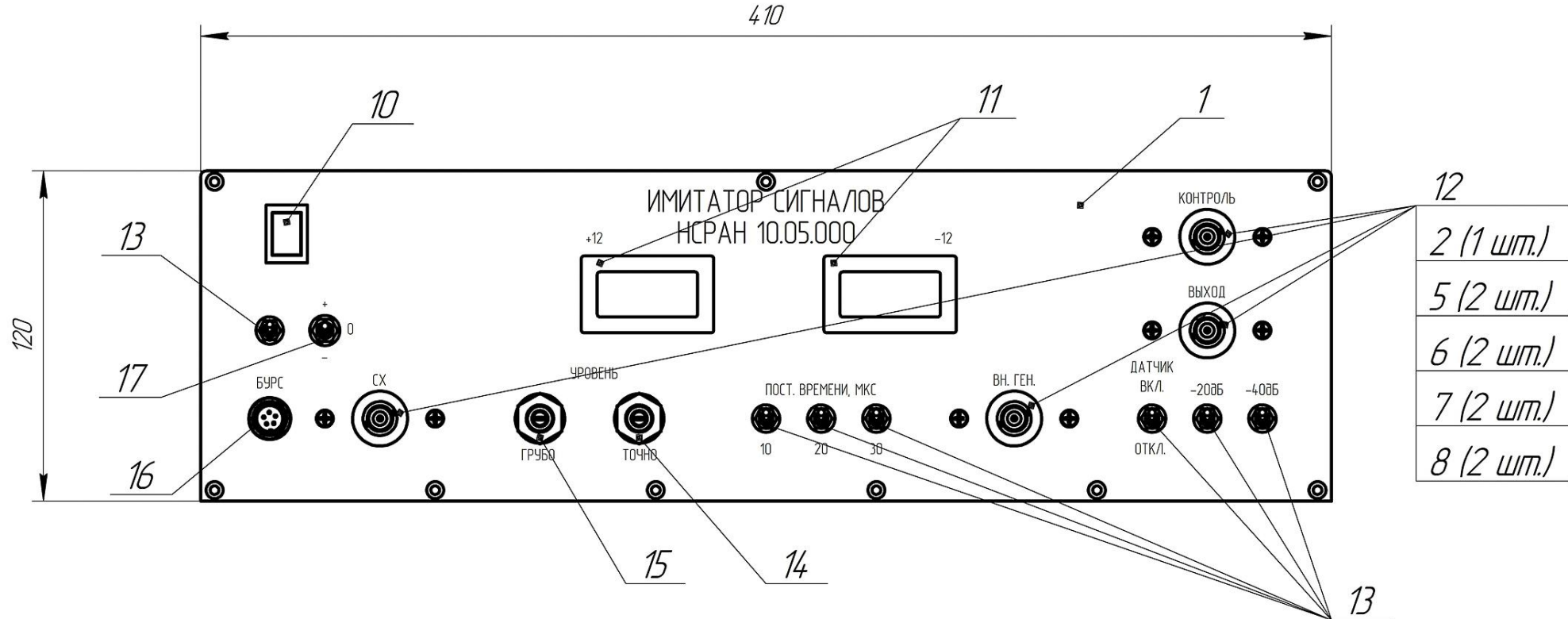
Копировал

Формат А4

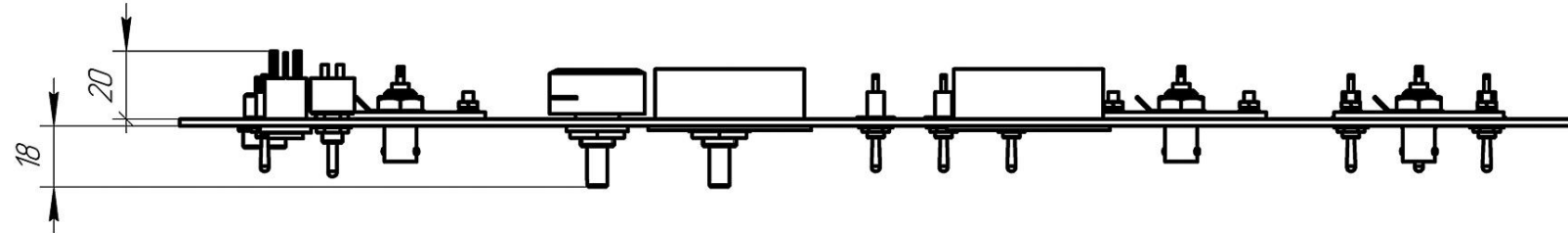
НСРАН 10.05.019 СБ

Перв. примен.

Справ. №



- 12
- 2 (1 шт.)
- 5 (2 шт.)
- 6 (2 шт.)
- 7 (2 шт.)
- 8 (2 шт.)



1 *Размеры для справок.

Подп. и дата

Инв. № дудл.

Взам. инв. №

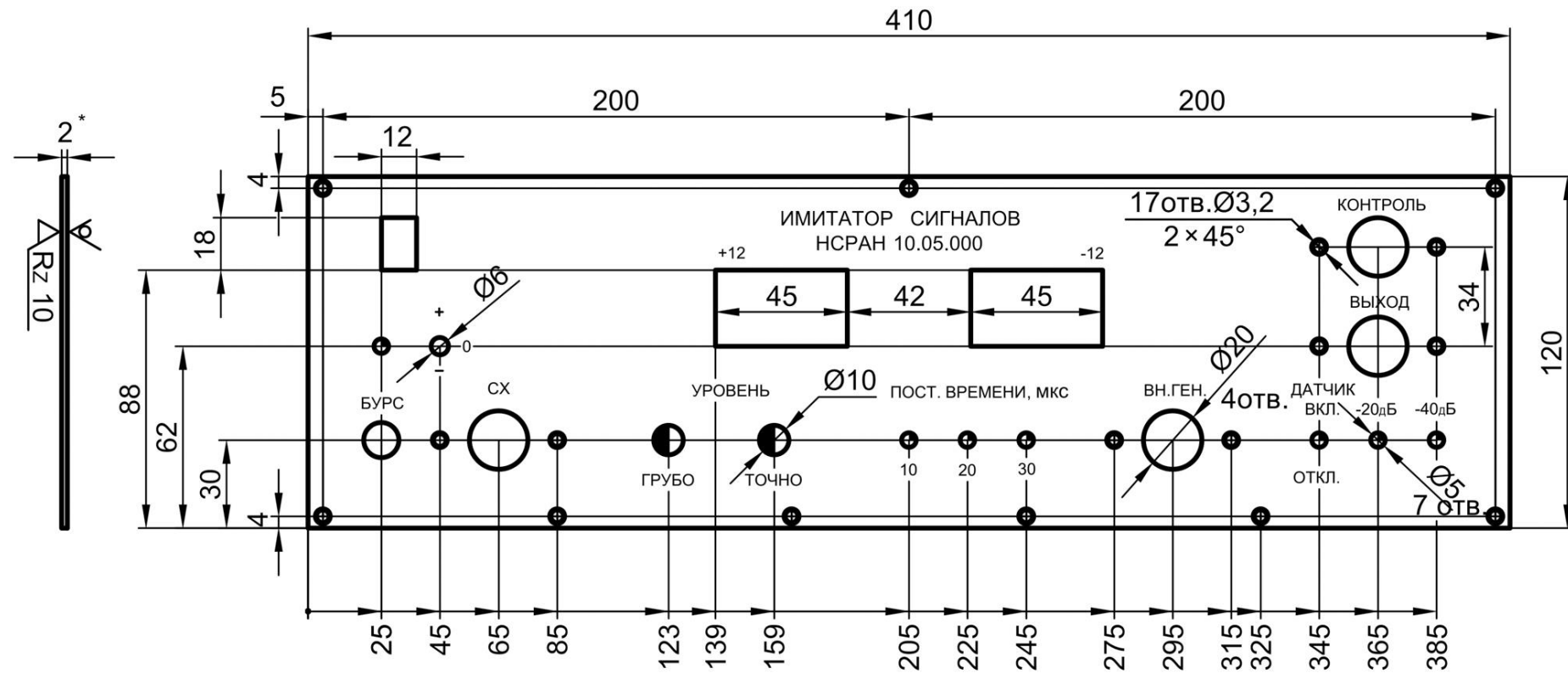
Подп. и дата

Инв. № подл.

				НСРАН 10.05.019 СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Панель лицевая, чертеж сборочный	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Лосев				3		1:2
Пров.		Бадировский				Лист	Листов	1
Т.контр.		Лашин						
Н.контр.		Савченко						
Утв.		Ильичев						

Копировал

Формат А3



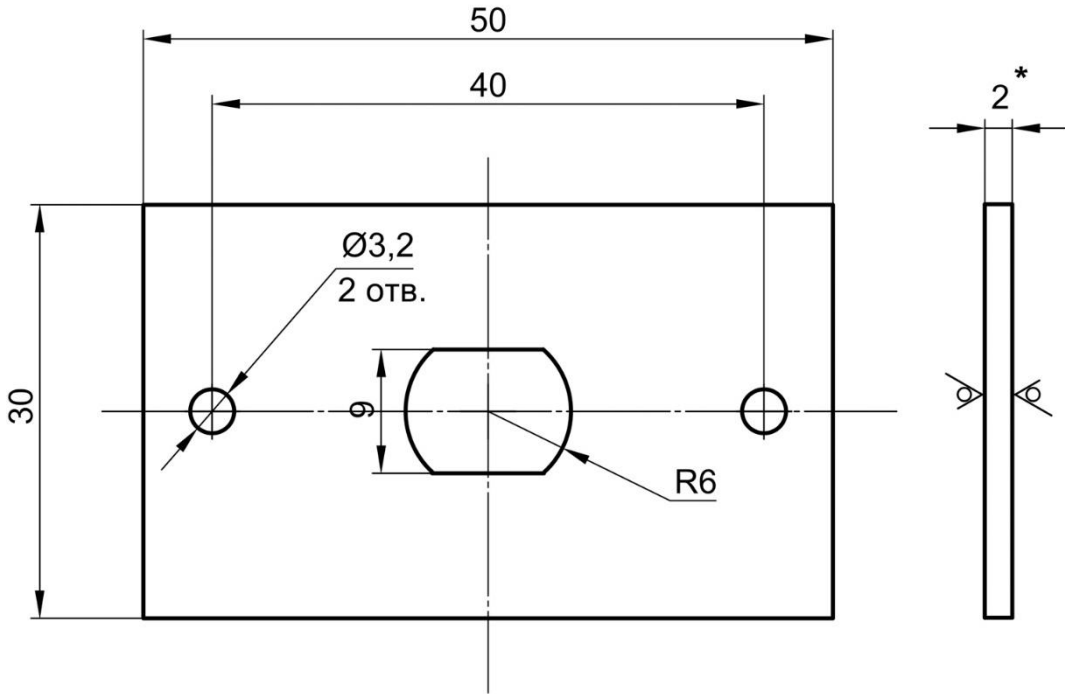
Име.№ подл.	Подп.и дата
Взам.име.№	Име.№ дубл.
Подп.и дата	Подп.и дата

- 1.* Размер для справок
- 2. Неуказанные предельные отклонения размеров ± 0,2 мм

					НСРАН 10.05.017			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Панель лицевая	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лосев					э		М 1:2
Провер.	Савченко					Лист	Листов 1	
Т.контр.	Лашин							
Принял								
Н.контр.	Савченко				Лист АМг6, толщина 2 мм			
Утв.	Ильичёв							

НС РАН 10.05.021

Rz 40
√ (√)

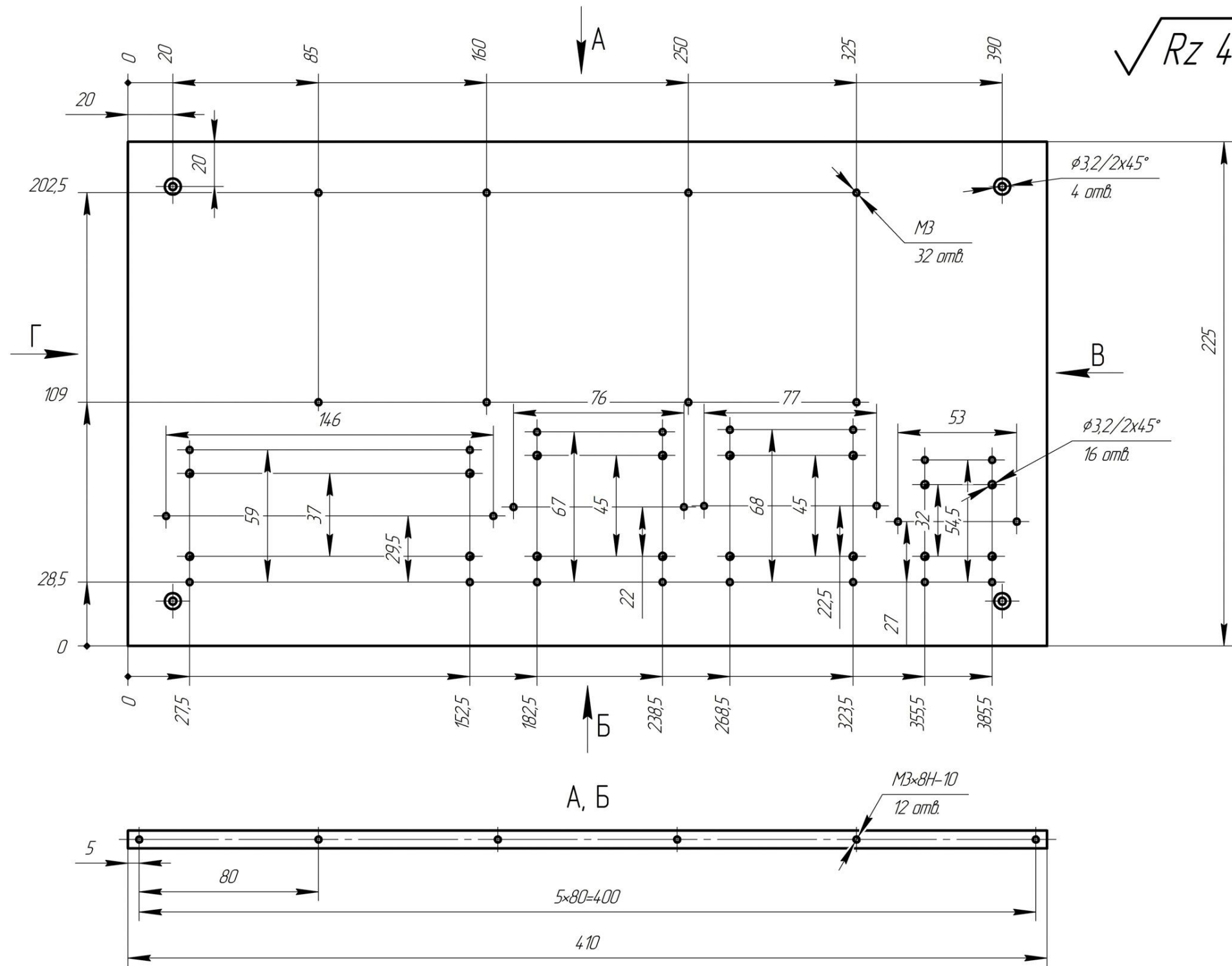
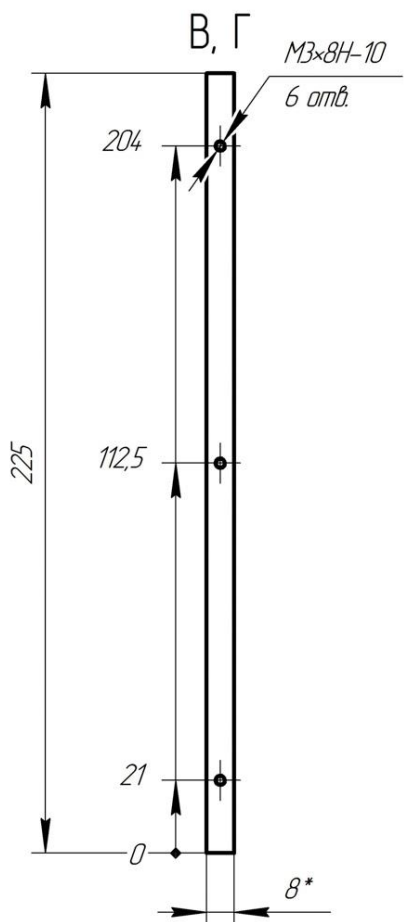


* Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm 0,2$ мм

Перв. примен.					НСРАН 10.05.021				
Справ. №									
Подп. и дата									
Изм. № дубл.									
Взам. инв. №									
Подп. и дата					НСРАН 10.05.021				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Панель ИЗОЛЯЦИОНАЯ		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лосев						э		M 2:1
Провер.	Савченко								
Т.контр.	Лашин								
Принял									
Изм. № подл.	Н.контр.	Савченко			Лист текстолит, толщина 2 мм ГОСТ 2910 - 67		Листов 1		
	Утв.	Ильичёв							

НСРАН 10.05.013

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



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

1 *Размер для справок.
2 Неуказанные предельные отклонения ± 0.3 мм.

				НСРАН 10.05.013			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Лосев				3		1:2
Пров.	Бабровский				Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин						
Н.контр.	Савченко						
Утв.	Ильичев						
					Основание		
					Лист АМзб.Б.М 8 мм ГОСТ 21631-76		

Копировал

Формат А3

НСРАН 10.05.014

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №

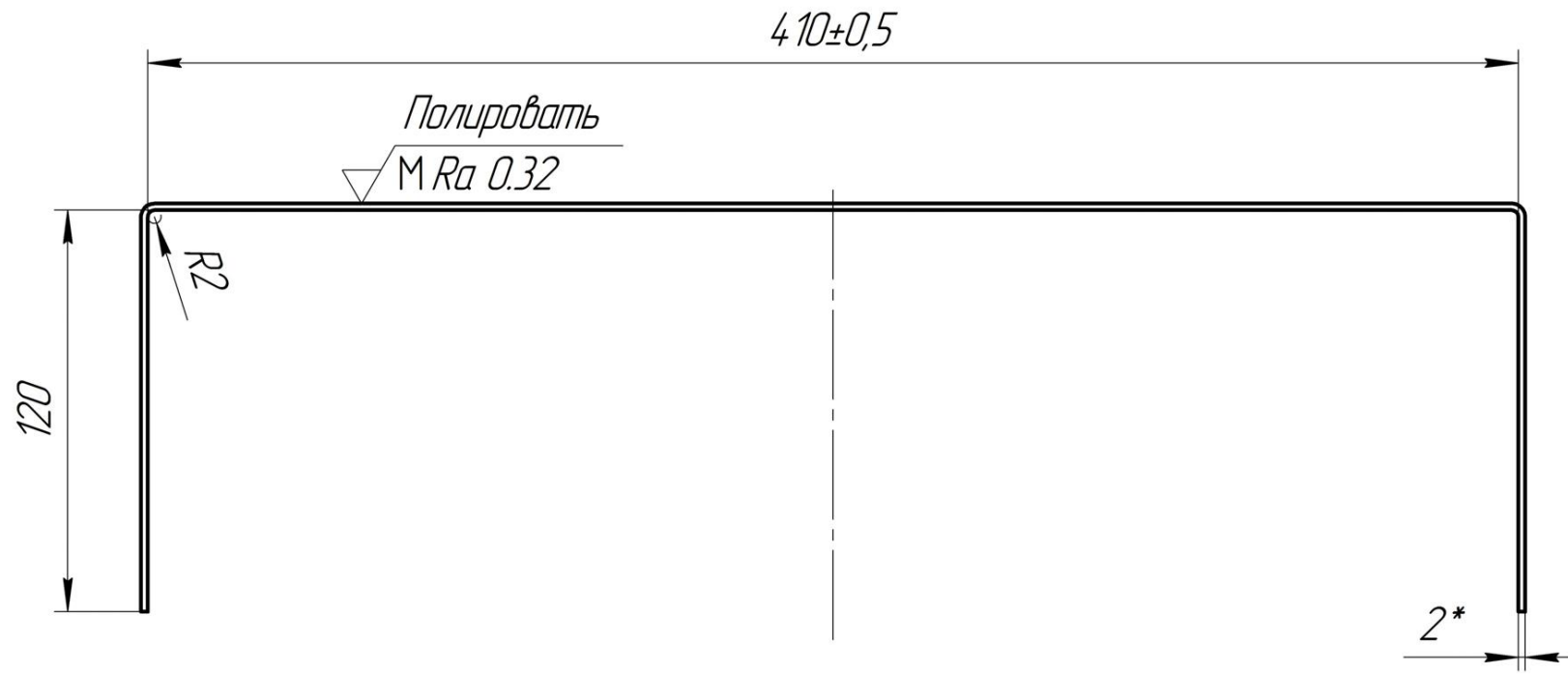
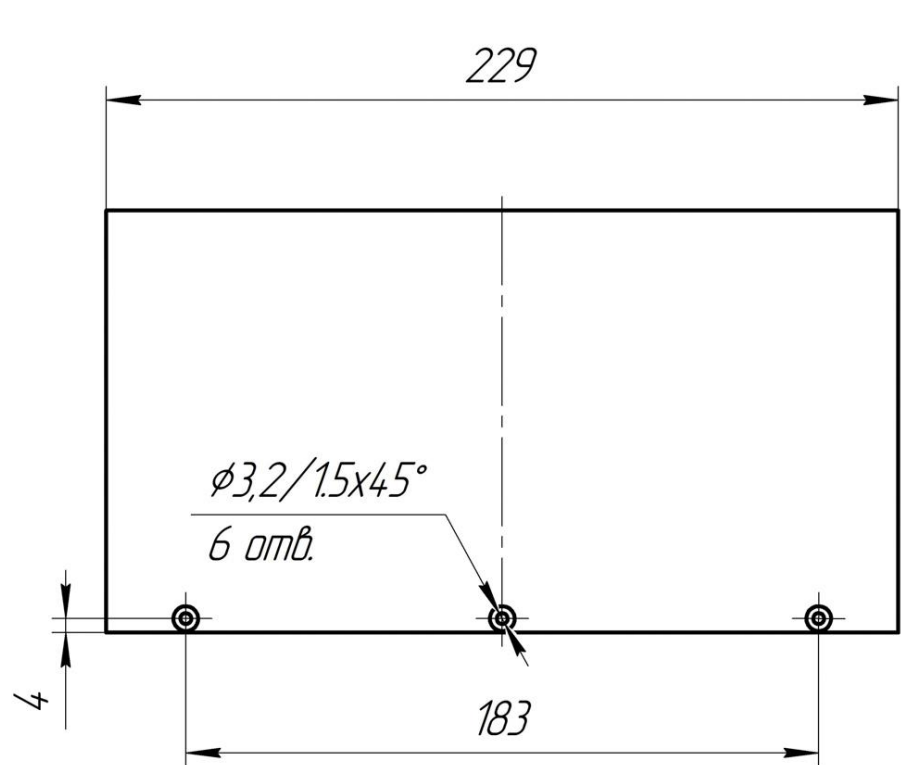
Подп. и дата

Изм. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

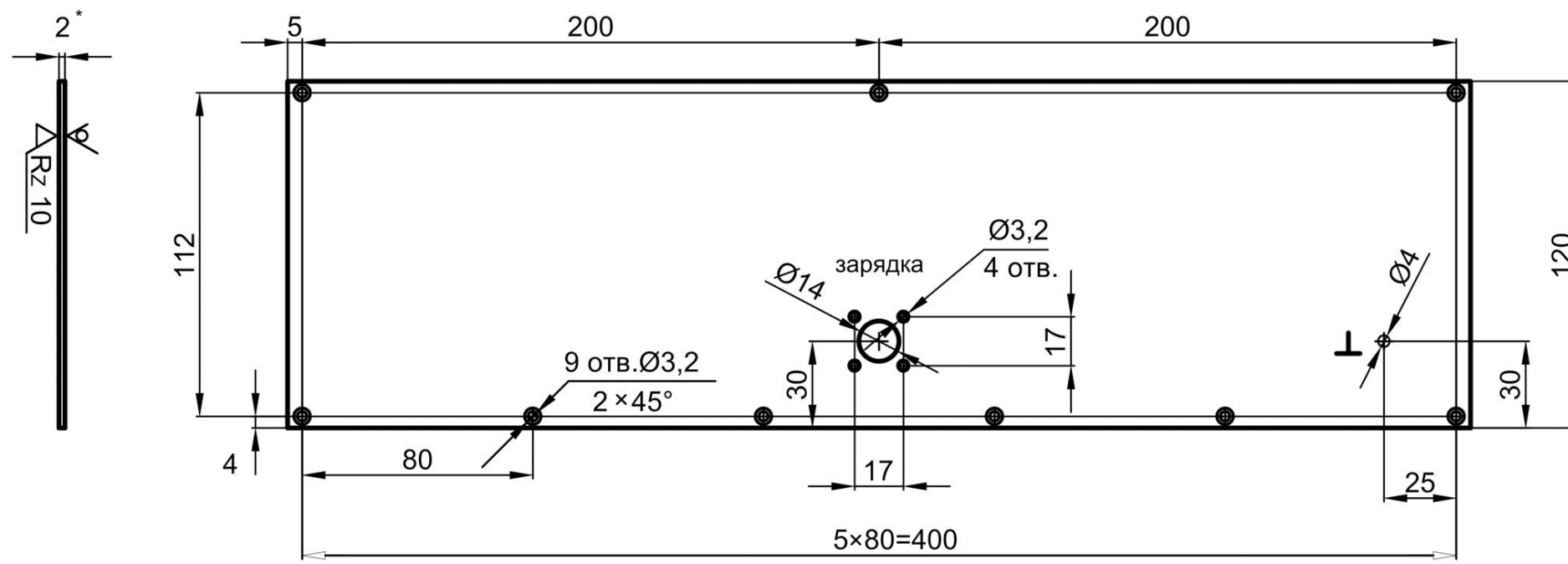


- 1 *Размер для справок.
- 2 Неуказанные предельные отклонения ± 0.3 мм.

					НСРАН 10.05.014			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кожух	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лосев					Э		1:2
Пров.	Байровский					Лист	Листов	1
Т.контр.	Лашин				Лист АМгб.Б.М 2 мм ГОСТ 21631-76			
Н.контр.	Савченко							
Утв.	Ильичёв							

Копировал

Формат А3



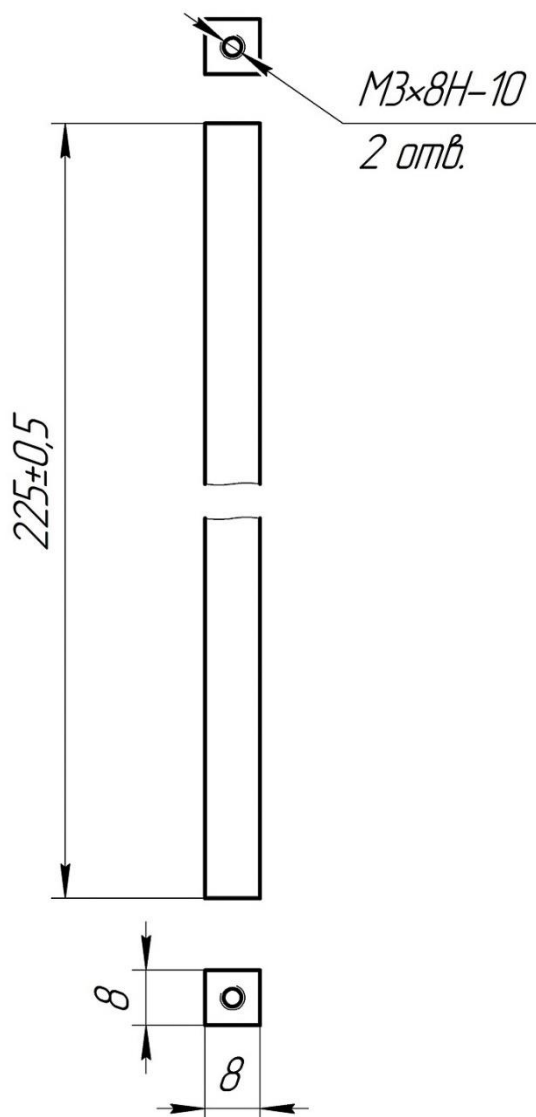
Име.№ подл.	Подп.и дата
Взам.инв.№	Име.№ дубл.
Подп.и дата	Подп.и дата

1.*Неуказанные предельные отклонения размеров ± 0,2 мм
2.шрифт ПО6

					НСРАН 10.05.018			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Панель задняя	Лит.	Масса	Масштаб
						э		М 1:2
Разраб.		Лосев				Лист	Листов 1	
Провер.		Савченко						
Т.контр.		Лашин						
Принял					Лист АМг6, толщина 2 мм			
Н.контр.		Савченко						
Утв.		Ильичёв						

НСРАН 10.05.023

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



- 1 *Размер для справок.
- 2 Неуказанные предельные отклонения ±0.3 мм.

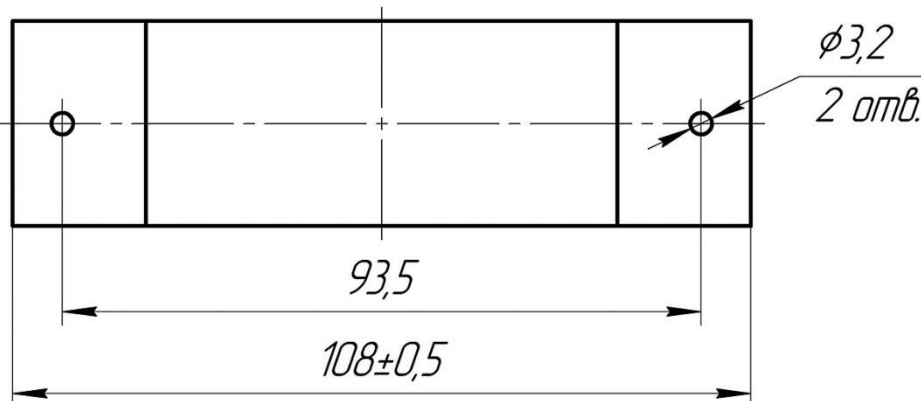
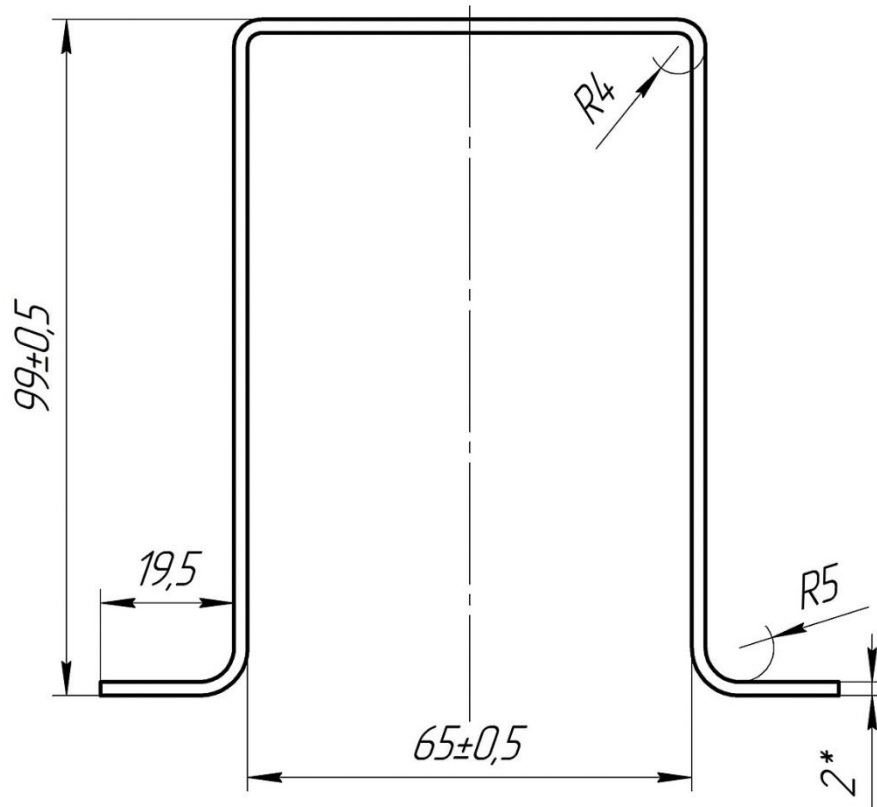
Перв. примен.					НСРАН 10.05.023					
Справ. №										
Подп. и дата										
Инв. № дубл.										
Взам. инв. №										
Подп. и дата					НСРАН 10.05.023					
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Брусок	Лит.	Масса	Масштаб	
	Разраб.		Лосев				Э			1:1
	Проб.		Савченко				Лист	Листов 1		
	Т.контр.		Лашин							
	Н.контр.		Савченко				Лист АМ26.Б.М 6 мм ГОСТ 21631-76			
	Утв.		Ильичев							

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.05.024

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



- 1 *Размер для справок.
2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.

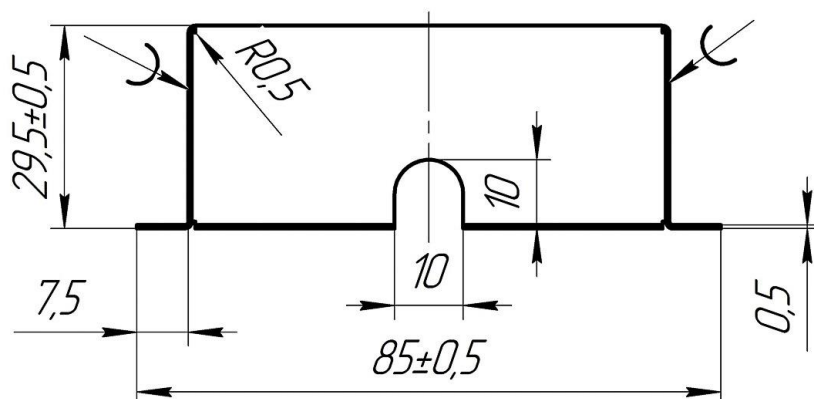
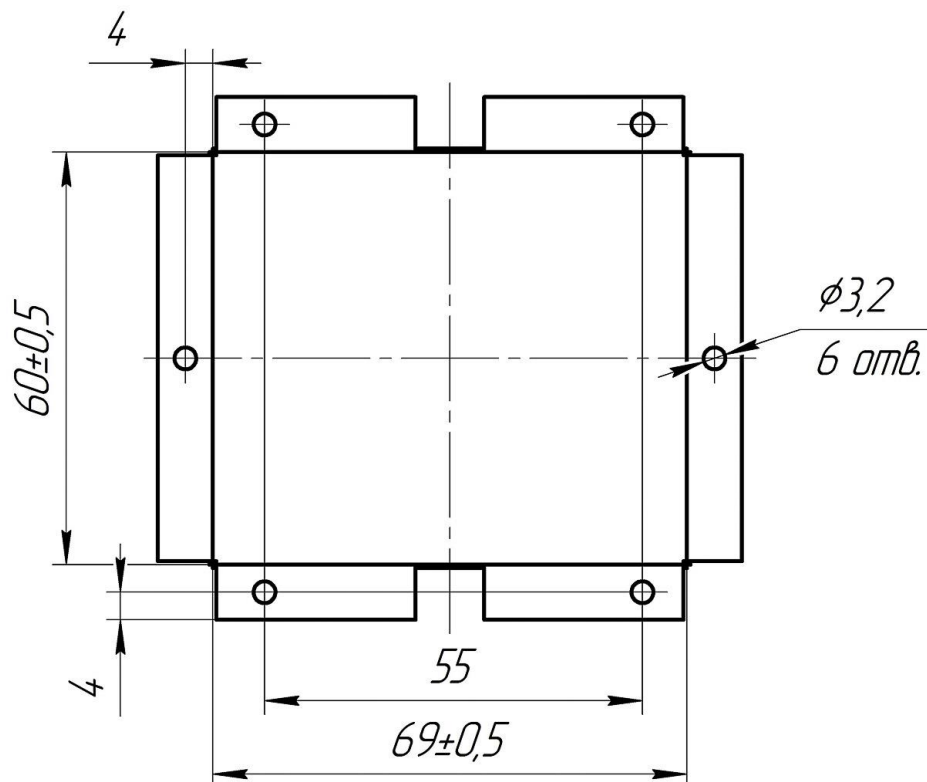
Перв. примен.					НСРАН 10.05.024			
Справ. №								
Подп. и дата					<p>1 *Размер для справок. 2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.</p>			
Инв. № дубл.					НСРАН 10.05.024			
Взам. инв. №					Скода			
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.		Лосев			3		1:1
	Пров.		Бабровский			Лист		Листов 1
	Т.контр.		Лашин					
	Н.контр.		Савченко			Лист АМ26.Б.М 2		
	Утв.		Ильичёв			ГОСТ 21631-76		

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.05.025

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



- 1 Пяять с обеих сторон, припоем ПОС 60.
- 2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.

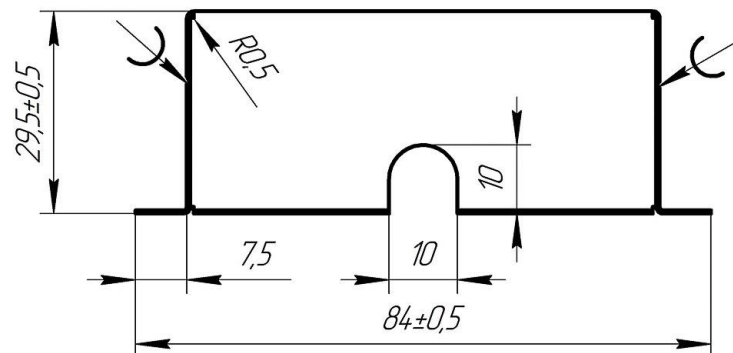
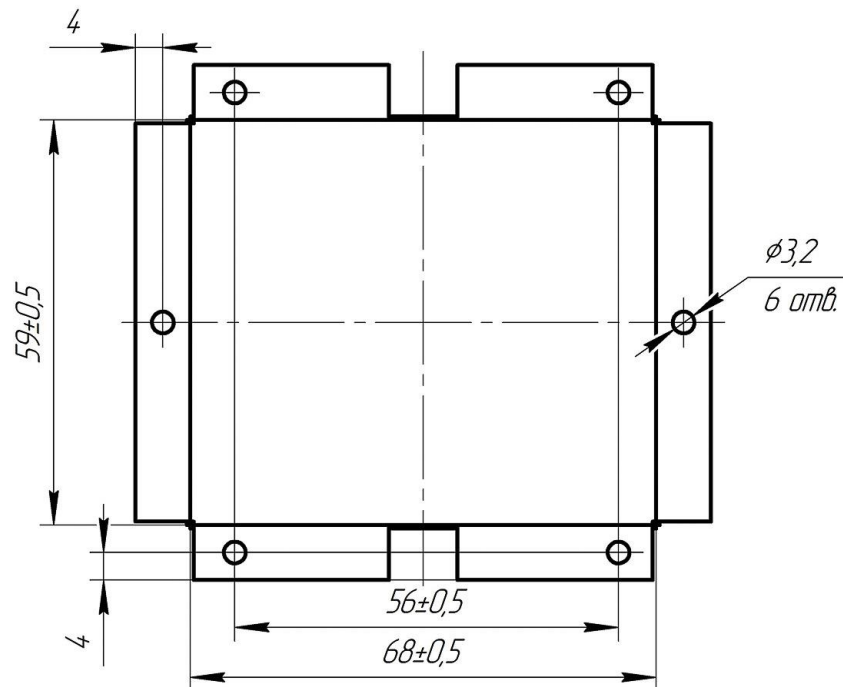
Перв. примен.									
Справ. №									
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Инв. № дубл.									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НСРАН 10.05.025				
Разраб.	Лосев				Экран, ИПС				
Пров.	Бобровский				Лист	Масса	Масштаб		
Т.контр.	Лашин				3		1:1		
И.контр.	Савченко				Лист	Листов 1			
Утв.	Ильичев				Лист латунь ДПРИТ 0,5 Л70 ГОСТ 2208-2007				

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.05.026

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



- 1 Пять с обеих сторон, припоем ПОС 60.
- 2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.

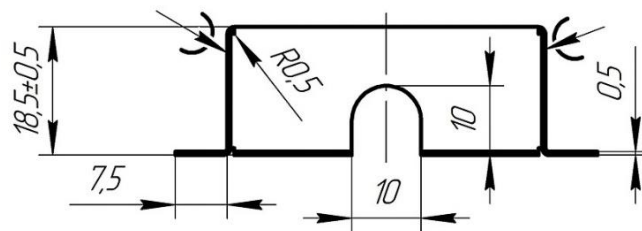
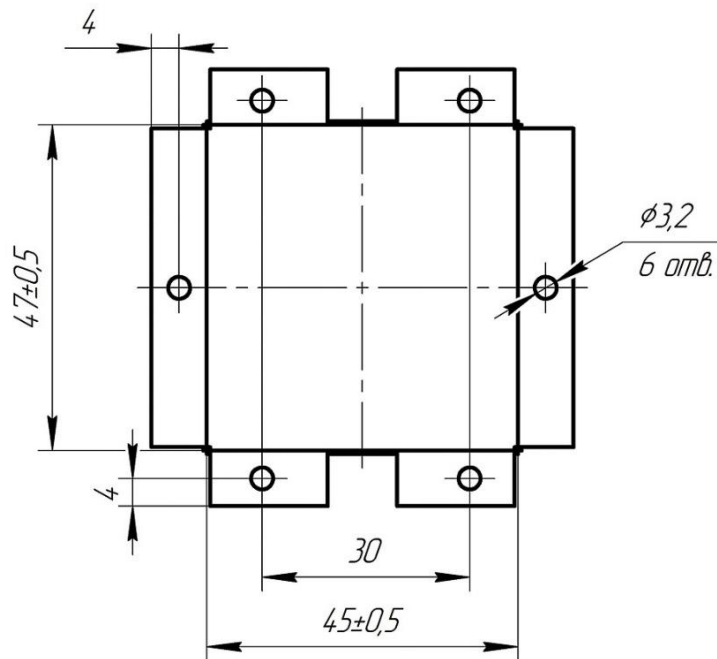
Перв. примен.					НСРАН 10.05.026		
Справ. №					Экран, ИСД		
Подп. и дата					Лист	Масса	Масштаб
Взам. инв. №	Инв. № дробл.	Инв. №	№	Дата	3		1:1
Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Лист		Листов
Инв. № подл.	Разраб.	Лосев	Бобровский	Лашин	Лист		Листов
	Т.контр.	Лашин			Лист		Листов
	Н.контр.	Савченко			Лист латунь ДПРИТ 0,5		
	Утв.	Ильичёв			Л70 ГОСТ 2208-2007		1
					Формат А4		

Копировал

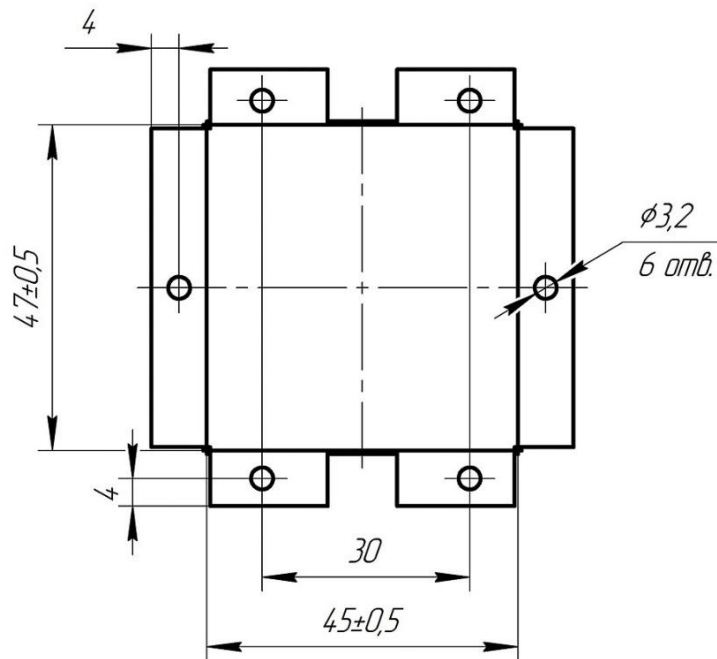
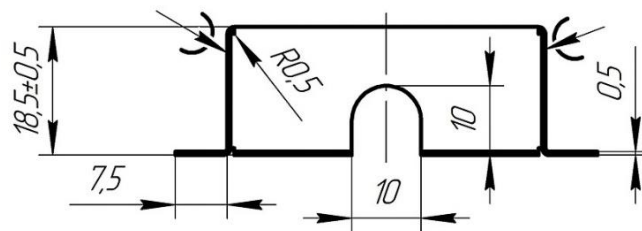
Формат А4

НСРАН 10.05.027

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



- 1 Пять с обеих сторон, припоем ПОС 60.
- 2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.

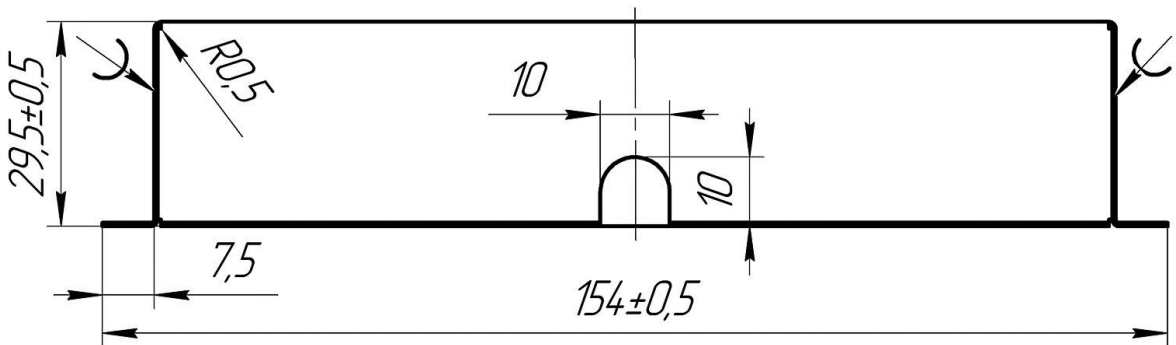
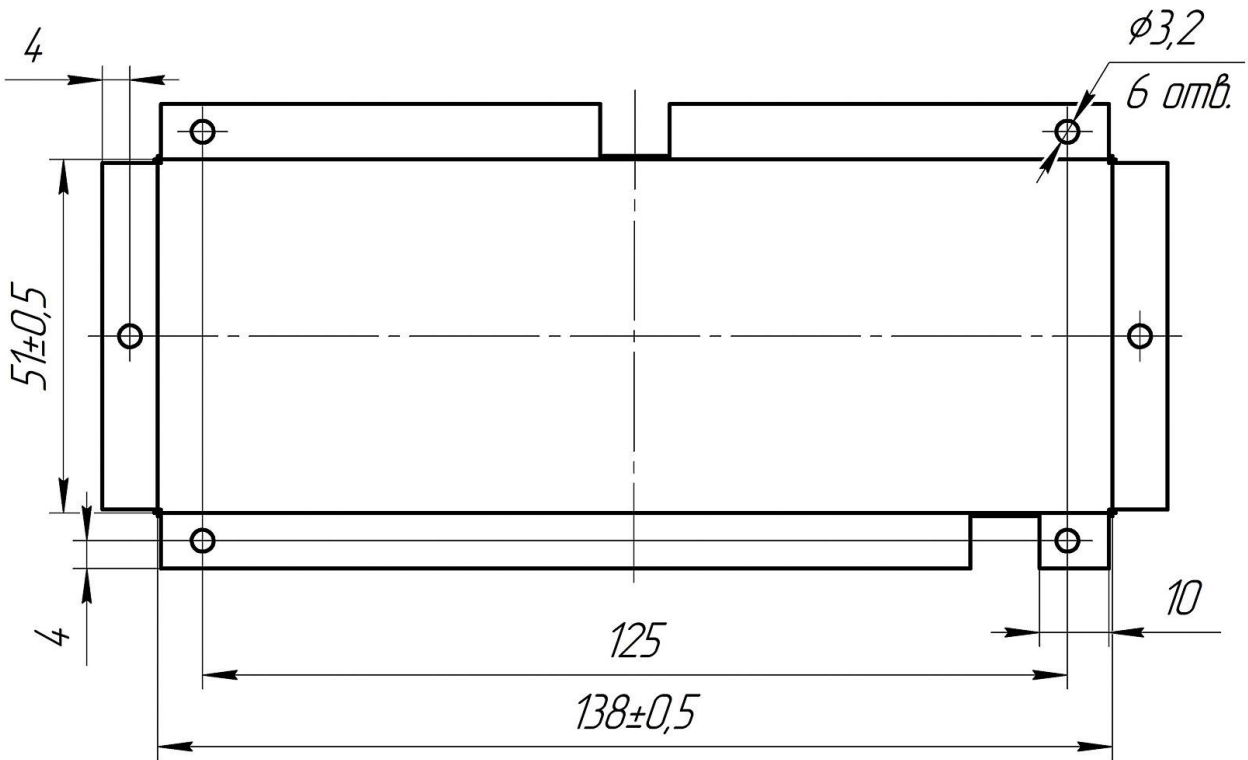
Перв. примен.					НСРАН 10.05.027					
Справ. №										
Подп. и дата										
Инв. № дробл.					<p>1 Пять с обеих сторон, припоем ПОС 60.</p> <p>2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.</p>					
Взам. инв. №										
Подп. и дата					НСРАН 10.05.027					
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p>Экран, ДДН</p>		Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.	Пров.	Т.контр.					3		1:1
	Н.контр.	Утв.				<p>Лист латунь ДПРИТ 0,5 Л70 ГОСТ 2208-2007</p>		Лист	Листов	1
	Савченко	Ильичёв								

Копировал

Формат А4

НСРАН 10.05.028

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



- 1 Пясть с обеих сторон, припоем ПОС 60.
- 2 Неуказанные предельные отклонения $\pm 0,3$ мм.

НСРАН 10.05.028

Экран, ИЗС

Лист латунь ДПРИТ 0,5
Л70 ГОСТ 2208-2007

Лит.	Масса	Масштаб
Э		1:1
Лист	Листов	1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лосев		
Пров.		Бобровский		
Т.контр.		Лашин		
Н.контр.		Савченко		
Утв.		Ильичев		

Копировал

Формат А4