



Кафедра «Технология Приборостроения»

НИРС

**«РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ
ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ»**

Выполнил _____

Площанская М. И. (группа РЛ6-91)

Проверил _____

Синавчиан С.Н.

Москва, 2018

Оглавление

1	Основные сведения	3
2	Структура и состав испытаний прибора	5
3	Объем испытаний.....	5
4	Условия, режимы, порядок, место проведения, виды и этапы испытаний.	7
5	Анализ механической прочности	8
6	Механический расчет прибора	14
7	Тепловая модель.....	20
	Приложение А (обязательное) Методики испытаний (проверок).....	26
	Приложение Б (обязательное) Схемы подключения устройств при проведении испытаний (проверок)	40
	Приложение В (обязательное) Перечень оборудования и средств измерения, применяемых при испытаниях (проверках).....	41
	Список используемой литературы	43
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44

1 Основные сведения

1.1 Описание объекта испытаний

В качестве объекта испытаний в настоящей работе рассмотрен модуль питания ЦВС. Данное изделие представляет собой источник питания, основанный на трехфазном выпрямителе и преобразователе постоянного тока V300B28M250BG компании VICOR и служит для питания Центральной вычислительной системы (ЦВС).

Особенности:

- Компактные габаритные размеры и масса в сравнении с аналогами.
- Возможна работа в 2 различных режимах (в зависимости от емкости установленных конденсаторов 10 мкФ или 470 мкФ):
 - 1) Когда на входе 220В и 400Гц
 - 2) Когда на входе 220В и 50 Гц
- Защита по максимальному потребляемому току и перегреву.
- Гальваническая изоляция входных и выходных цепей.

1.2 Принцип работы

Для описания принципа работы прибора рассмотрим его электрическую принципиальную схему АБВГ.000001.001 ЭЗ и перечень элементов АБВГ.0000000.001 ПЭЗ

На модуль питания подаётся внешнее напряжение 220В с частотой 50 Гц или 400 Гц. Схема защиты от перенапряжения состоит из предохранителей FU1-FU3, конденсаторов C9-C11 и варисторов RU1-RU3. Далее расположены фильтры низких частот в виде индуктивностей L1-L3. После фильтров следует трёхфазный выпрямитель, называемый иначе «Звезда-Ларионова». Такой выпрямитель часто применяют в генераторах электроснабжения бортовой сети на различных средствах транспорта. Далее сигнал поступает на синфазный дроссель L4, который служит для исключения синфазных помех, приходящих из первичной сети. Конденсаторы C3- C8 служат для шунтирования наведенных высокочастотных помех. Конденсаторы C1, C2 и

C13, C14 выбираются и устанавливаются на плату в зависимости от входной частоты. Терморезистор защищает плату от прохождения больших токов в первый момент времени, пока заряжаются конденсаторы C1, C2 (C13, C14). Резисторы R1, R2 служат для ускорения разряда конденсаторов C1, C2 (C13, C14) после отключения платы от питания. Микросборка DA1 обеспечивает стабильное напряжение на выходе 28В. В ней имеется гальваническая развязка для надежной защиты от попадания высокого напряжения с платы на розетку XP2.

Т а б л и ц а 1 - Комплектность 1BC1-1Н

Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
АБВГ.000001.001	Изделие ИП	1	
АБВГ.000001.001 ПС	Изделие ИП Паспорт	1 экз.	

1.3 Описание конструкции прибора

Корпус прибора представляет собой конструкцию выполненную в виде параллелепипеда с габаритными размерами 234x98x52,7 мм. Толщина боковых стенок корпуса прибора – 0,8 мм, толщина основания 16 мм. Толщина крышки корпуса – 0,8 мм. Корпус прибора выполнен из алюминиевого сплава АМгб.

Прибор устанавливается горизонтально, на радиаторную панель через теплопроводную пасту КПТ – 8 ГОСТ 19783 – 74.

Плата прибора выполнена из стеклотекстолита СТАП-2-35-1,5 - 0,017 м² для входных цепей толщиной 1,5 мм. Платы устанавливается горизонтально, на радиаторную панель через теплопроводную пасту КПТ – 8 ГОСТ 19783 – 74. Радиатор, изготовленный из плиты АМгб имеет размер 79x215мм и толщину 16мм. Далее узел на винтах крепится к защитному кожуху и образует корпус прибора.

Рассеиваемая мощность трехфазного выпрямителя и преобразователя постоянного тока V300B28M250BG компании VICOR составляет 30 Вт. В

основании корпуса предусмотрен радиатор для защиты устройства от перегрева.

2 Структура и состав испытаний прибора

Испытания прибора проводятся в соответствии с предъявляемыми к нему эксплуатационными требованиями. Прибор должен сохранять работоспособность в условиях, соответствующих данным эксплуатационным требованиям.

Эксплуатационные требования к прибору устанавливаются согласно отраслевым стандартам, общим техническим условиям и таблицей испытательных норм.

3 Объем испытаний

3.1 Объем и последовательность квалификационных испытаний представлен в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 - Объем и последовательность квалификационных испытаний.

Пункт программы испытаний	Вид испытания	Норма, допуск	Метод испытания по ПМ
3.1	Проверка на соответствие конструкторской документации и комплектности	Соотв. ТУ	A.1.1
3.2	Испытание на соответствие основным параметрам	Соотв. ТУ	A.1.2
3.3	Контроль массы изделия	Соотв. ТУ	A.1.3
3.4	Испытание на прочность при воздействии синусоидальной вибрации на одной из частот (2g)	Соотв. ТУ	A.1.4

Продолжение таблицы 2

3.5	Контроль переходного сопротивления элементов заземления	Соотв. ТУ	A.1.5
3.6	Испытание на устойчивость при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот (5g)	Соотв. ТУ	A.1.6
3.7	Испытание на прочность при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот (5g)	Соотв. ТУ	A.1.7
3.8	Испытание на устойчивость при воздействии механических ударов многократного действия	Соотв. ТУ	A.1.8
3.9	Испытание на прочность при воздействии механических ударов многократного действия	Соотв. ТУ	A.1.9
3.10	Испытание на прочность и устойчивость при воздействии механических ударов одиночного действия	Соотв. ТУ	A.1.10
3.11	Испытание на воздействие изменения температуры окружающей среды	Соотв. ТУ	A.1.11
3.12	Испытание на воздействие повышенной температуры окружающей среды	Соотв. ТУ	A.1.12
3.13	Испытание на воздействие пониженной температуры окружающей среды	Соотв. ТУ	A.1.13
3.14	Испытание на воздействие атмосферного пониженного давления	Соотв. ТУ	A.1.14
3.15	Испытание на воздействие атмосферных конденсированных осадков (иней и роса)	Соотв. ТУ	A.1.15
3.16	Контроль маркировки	Соотв. ТУ	A.1.16
3.17	Контроль лакокрасочного покрытия	Соотв. ТУ	A.1.17

4 Условия, режимы, порядок, место проведения, виды и этапы испытаний

4.1 Порядок проведения испытаний - в соответствии с ГОСТ РВ 15.301-80 и в пределах требований методик испытаний настоящей программы.

4.2 Требования безопасности труда, предъявляемые при проведении испытаний:

- все виды работ необходимо выполнять в соответствии с ПОТ Р М–016;

4.3 Все испытания проводят в нормальных климатических условиях (НКУ), установленных ГОСТ РВ 20.39.301-98, или в условиях воздействия испытательных режимов.

Нормальные климатические условия характеризуются следующими значениями:

- температура воздуха от 15 до 35 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 до 75%;
- атмосферное давление от $8,6 \cdot 10^4$ Па до $10,6 \cdot 10^4$ Па (от 645 до 795 мм рт.ст.).

4.4 Испытания (проверки) проводят при электроснабжении от трехфазной сети переменного тока с линейным напряжением $220 \text{ В} \pm 22 \text{ В}$, $400 \text{ Гц} \pm 20 \text{ Гц}$ в установившемся режиме и $220 \text{ В} \pm 44 \text{ В}$, $400 \text{ Гц} \pm 40 \text{ Гц}$ в переходном режиме (время переходного режима – 0,5 с), если иное не установлено в методиках на конкретный вид испытаний (проверок). Контроль значений напряжения питания проводится с помощью измерительных приборов на источнике питания.

4.5 Испытательные режимы при проведении испытаний на воздействие климатических и механических факторов должны устанавливаться и поддерживаться с допустимыми отклонениями:

- по повышенной и пониженной температуре ± 3 °С;
- по повышенной относительной влажности ± 3 %;
- по пониженному атмосферному давлению ± 5 %;
- по амплитуде перемещения ± 10 %;
- по частоте вибрации $\pm 0,5$ Гц на частотах ниже 39 Гц и ± 2 % на частотах 39 Гц и выше;
- по времени ± 10 %;
- по амплитуде виброускорения ± 20 %;

– по числу циклов $\pm 5\%$.

4.6 Дефекты лакокрасочного покрытия, возникающие в местах крепления источника питания при испытаниях, не являются признаком для забраковывания.

5 Анализ механической прочности

5.1 Моделирование механических воздействий на печатную плату

Для проведения анализа механической прочности конструкции была разработана 3D-модель печатной платы для прибора.

Как уже говорилось ранее, печатная плата с помощью винтов устанавливается на жесткое основание. Для моделирования механической прочности прибора, мы будем исследовать влияние механических воздействий именно на это основание с уже установленной и прочно соединенной с ним печатной платой. Это упрощение возможно ввиду того, что механическая прочность применяемого для основания материала велика, а его толщина на порядок больше, чем толщина платы. Кроме того, по отдельности, без этого основания, плата не эксплуатируется, поэтому отдельное их моделирование абсолютно нецелесообразно.

В ходе анализа в эту модель по необходимости можно вносить изменения, например, перемещать компоненты, либо менять точки закрепления.

Важный шаг при проектировании – это расчет механических воздействий.

Частота собственных колебаний печатной платы рассчитывается по следующей формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \frac{K_\alpha}{a^2} \sqrt{\left(\frac{D}{M}\right) a \cdot b},$$

где a, b – длина и ширина печатной платы, D – цилиндрическая жесткость, M – масса печатной платы с установленными элементами, K_α – коэффициент, зависящий от способа закрепления печатной платы.

Цилиндрическая жесткость вычисляется по формуле:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}$$

где E – модуль упругости, h – толщина печатной платы, ν – коэффициент Пуассона.

$$K_\alpha = k \sqrt{\alpha + \beta \frac{a^2}{b^2} + \gamma \frac{a^4}{b^4}}$$

Здесь k, α, β, γ – коэффициенты, соответствующие способу закрепления сторон печатной платы.

С учетом применяемого вида крепления (6 точек закрепления, по 3 на сторону большей длины):

$$K_\alpha = 22,37 \sqrt{0,1 \frac{a^2}{b^2} + 0,41 \frac{a^4}{b^4}}$$

Входными данными для нашего расчета являются:

$$a = 215 \text{ мм}$$

$$b = 80 \text{ мм}$$

$$M = 200 \text{ г}$$

$$h = 1.5 \text{ мм}$$

$$E = 9,7 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$$

$$\nu = 0,3$$

Тогда

$$K_\alpha = 105,2$$

$$D = 293,6$$

$$f_0 = 1821 \text{ Гц}$$

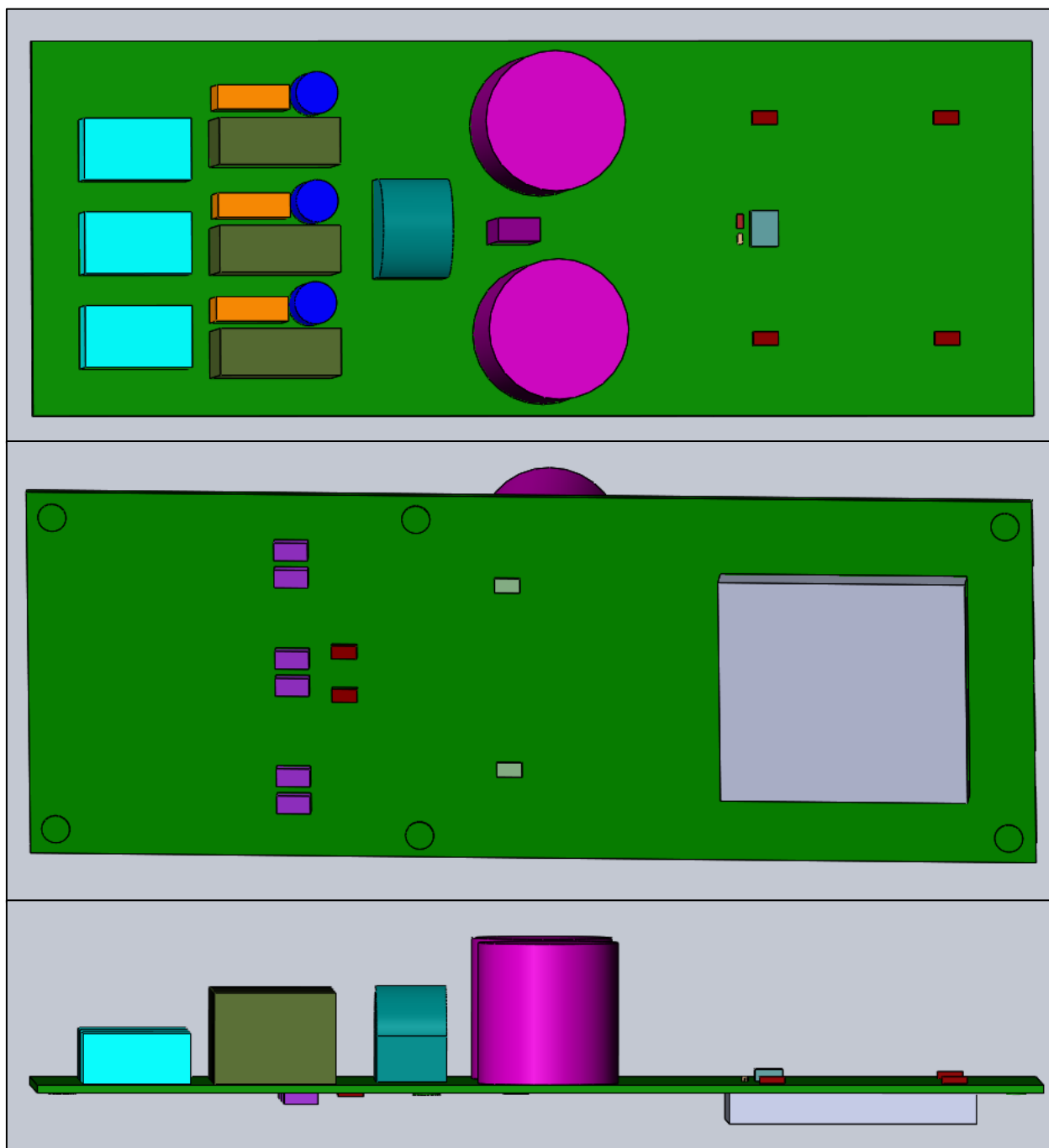


Рисунок 1 Модель печатной платы

На рис.2 приведена созданная для печатной платы сетка.

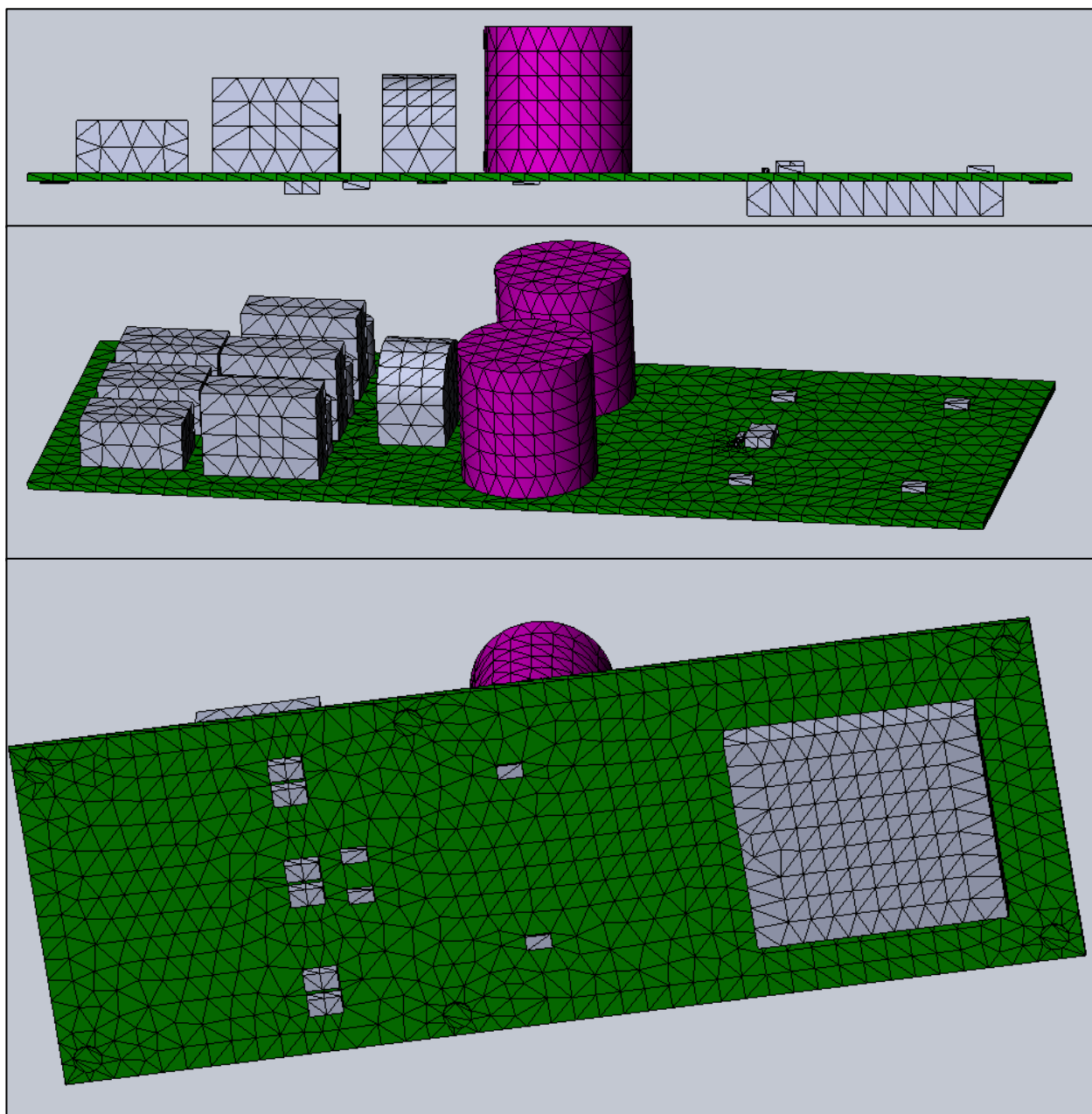


Рисунок 2 Сетка печатной платы

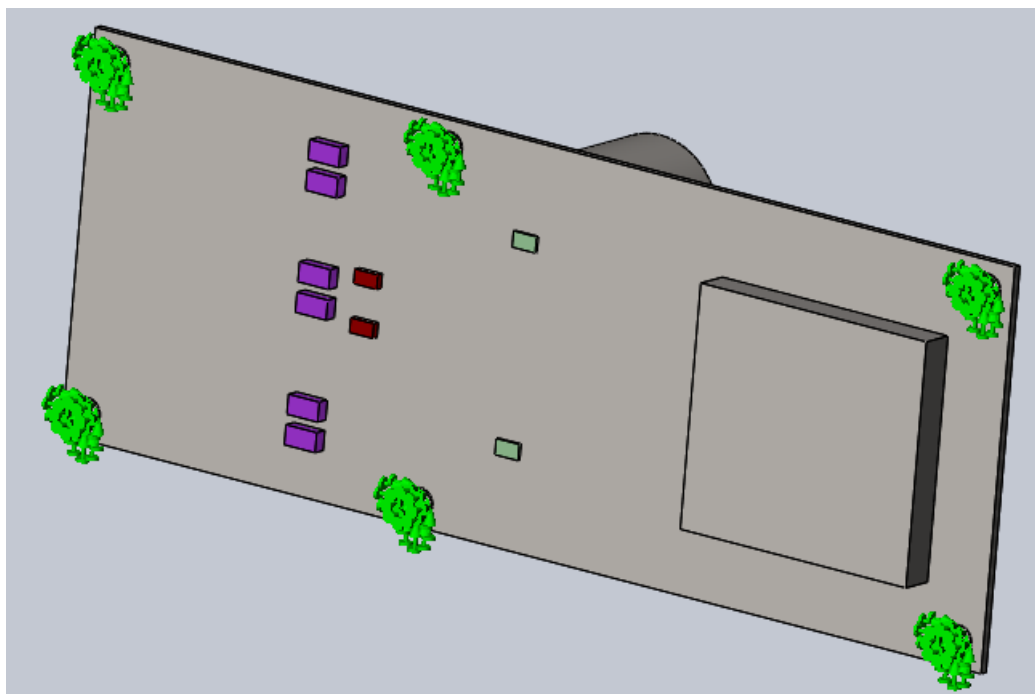


Рисунок 3 Точки крепления платы к корпусу

На рис. 4 и в табл.3 приведены результаты моделирования печатной платы на поиск резонансных частот. В табл. 3 приведены численные значения основных резонансных частот, массы которых превышают 2% от расчетной массы конструкции до 2000 Гц. Цветом выделены фракции массой более 2 % от общей массы.

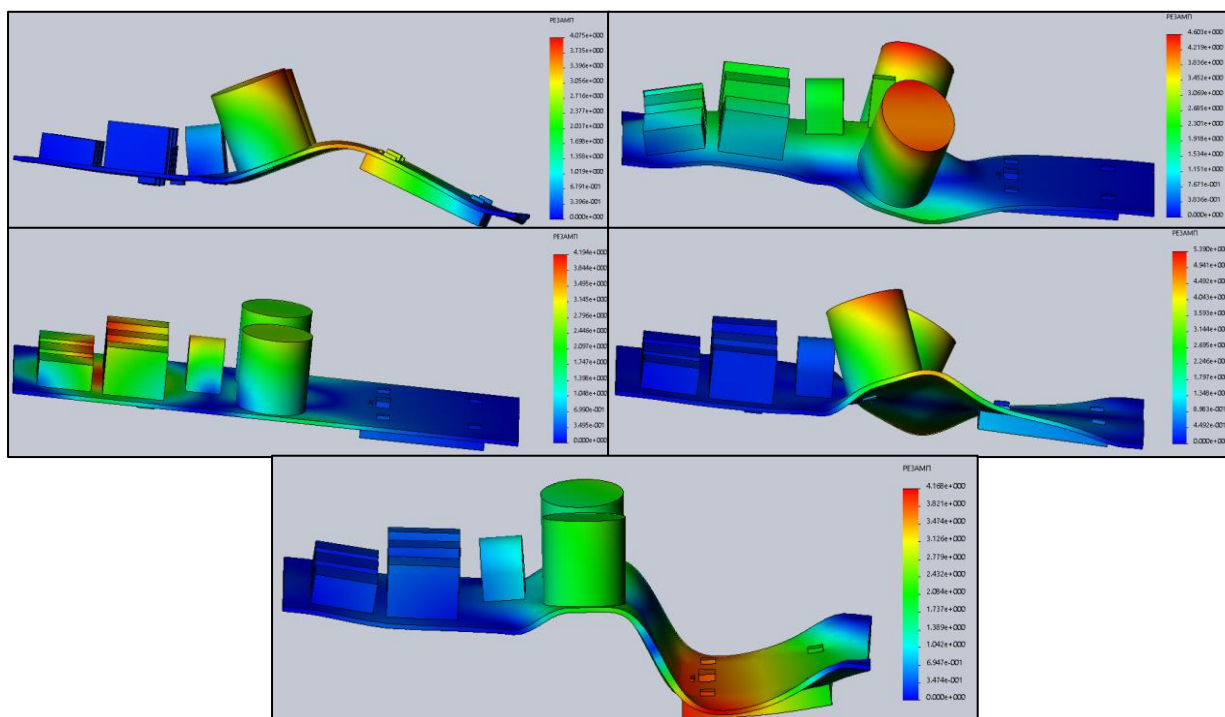


Рисунок 4 Частотный анализ конструкции печатной платы

Таблица 3 – Результаты частотного анализа печатной платы

Номер режима	Частотный(Герц)
1	397.53
2	886.35
3	1016
4	1158.9
5	1910.3

5.2. Критерии стойкости

В качестве критерия стойкости к нагрузкам выбраны запасы безопасности по пределу текучести и пределу прочности материалов.

$$\eta_T = \frac{\sigma_T}{K \cdot \sigma_{max}} - 1 \quad (1)$$

$$\eta_B = \frac{\sigma_B}{K \cdot \sigma_{max}} - 1 \quad (2)$$

где η_T – запас безопасности по пределу текучести;

η_B - запас безопасности по пределу прочности;

σ_T – значение напряжений для предела текучести;

σ_B – значение напряжений для предела прочности;

σ_{max} – максимальное расчетное напряжение по Фон-Мизесу, вычисляемое как

$$\sigma_{max} = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\sigma_{xy}^2 + \sigma_{yz}^2 + \sigma_{xz}^2)}{2}} \quad (3)$$

(далее приведенное напряжение), для металлических материалов или максимальное значение главного напряжения для хрупких материалов;
 K - коэффициент безопасности (1,1 для металлов и 1,25 для хрупких материалов).

6 Механический расчет прибора

Целью данного расчета является оценка способности прибора выдерживать прилагаемые к нему нагрузки, оговоренные в задании на расчет механической прочности, без нарушения целостности и получения механических повреждений в результате этих воздействий.

6.1 Описание расчетной модели

Геометрически расчетная модель прибора представляет собой блок, который крепится на 2 винтах в плоскости основания. Внутри усилителя расположены различные компоненты (микросхемы, платы, и т.д.). Снаружи источник закрыт крышкой, которая крепится к корпусу винтами.

Внешний вид прибора и расположение крепежных отверстий показаны на рис.5-6.

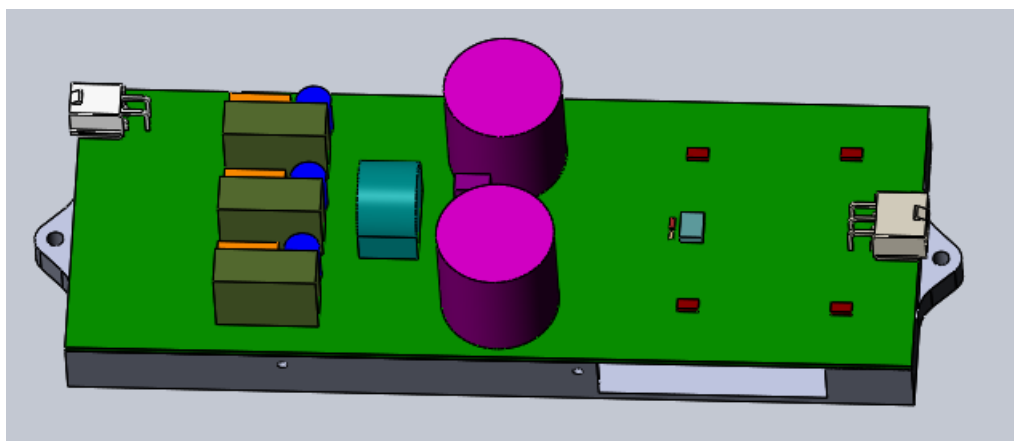


Рисунок 5 Внешний вид корпус прибора (без крышки)

Материалы основных элементов конструкции приведены в табл.5

Таблица 5 – Применяемые материалы

Тип конструктивного элемента	Материал элемента
Корпус, крышка	Алюминиевый сплав АМг6
Основание	Алюминиевый сплав АМг6
Платы	Стеклотекстолит СТАП Поликор
Крепежные винты	ЛС59-1

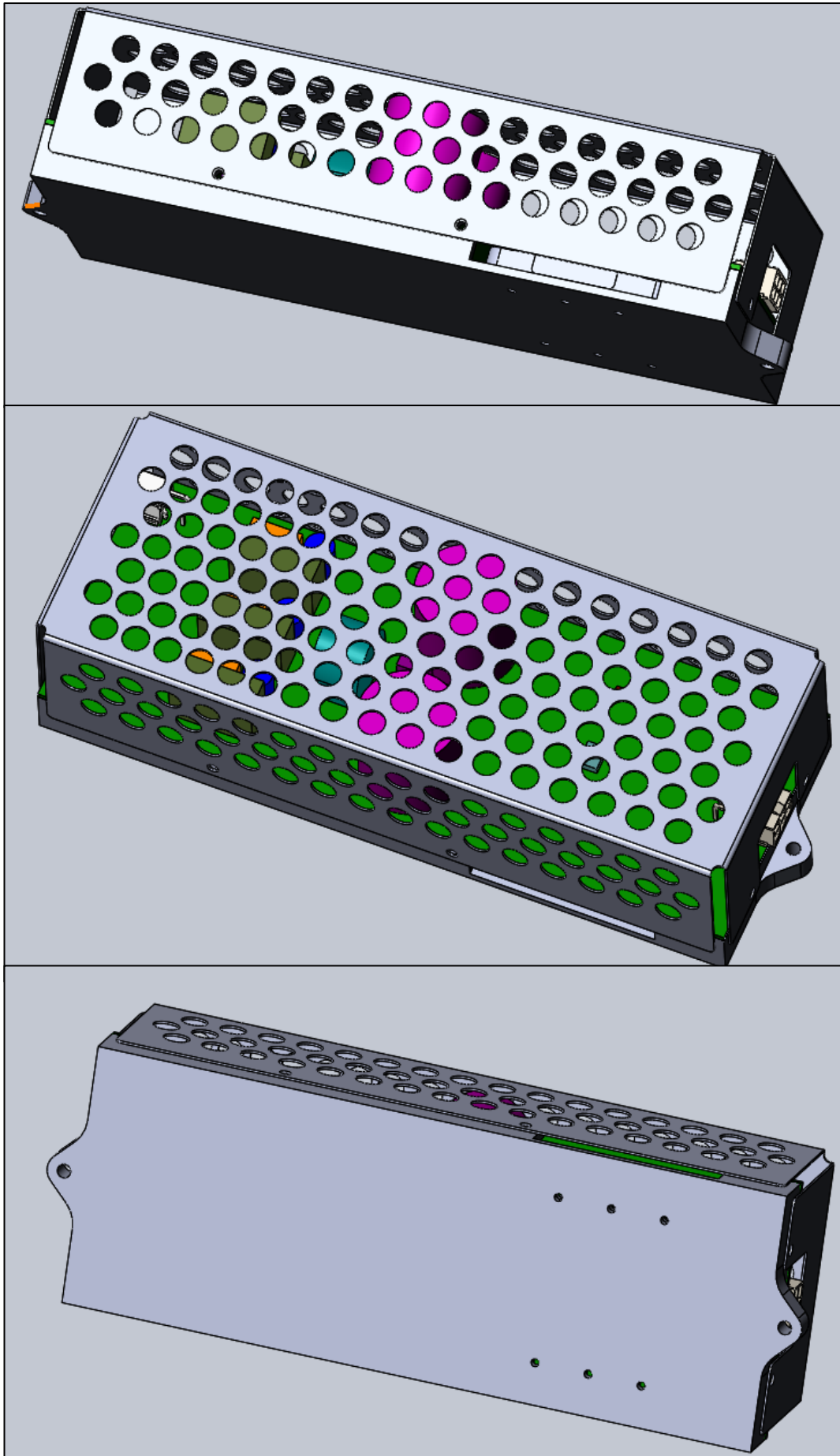


Рисунок 6 Внешний вид корпус прибора (с крышкой)

Расчетная масса модели составляет 1.73 кг. Массовые характеристики и центры тяжести приведены в сводных данных на сборку и отражены на рис.7.

Массовые характеристики: Сборка2		
Конфигурация: По умолчанию		
Система координат: -- по умолчанию --		
Масса = 1.73 килограммов		
Объем = 0.00 кубические метры		
Площадь поверхности = 0.18 квадратных метры		
Центр тяжести: (метры)		
X = -0.05		
Y = 0.00		
Z = -0.01		
Основные оси инерции и основные моменты инерции: (килограммов * квадратные метры)		
центр тяжести		
Ix = (1.00, -0.03, 0.00)	Px = 0.00	
Iy = (0.00, -0.01, -1.00)	Py = 0.01	
Iz = (0.03, 1.00, -0.01)	Pz = 0.01	
Моменты инерции: (килограммов * квадратные метры)		
Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода.		
Lxx = 0.00	Lxy = 0.00	Lxz = 0.00
Lyx = 0.00	Lyy = 0.01	Lyz = 0.00
Lzx = 0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 0.01
Моменты инерции: (килограммов * квадратные метры)		
Вычисляется с помощью системы координат вывода.		
lxx = 0.00	lxy = 0.00	lxz = 0.00
lyx = 0.00	lyy = 0.01	lyz = 0.00
lzx = 0.00	lzy = 0.00	lzz = 0.01

Рисунок 8 Расчетные характеристики корпуса прибора

Конечно-элементная модель (КЭМ) представляет собой комбинацию связанных между собой твердотельных элементов, взаимодействие которых определяет поведение конструкции при воздействии на нее нагрузок. Расчетная сетка преимущественно гексаэдрическая. Конечно-элементная модель показана на рис. 8-9.

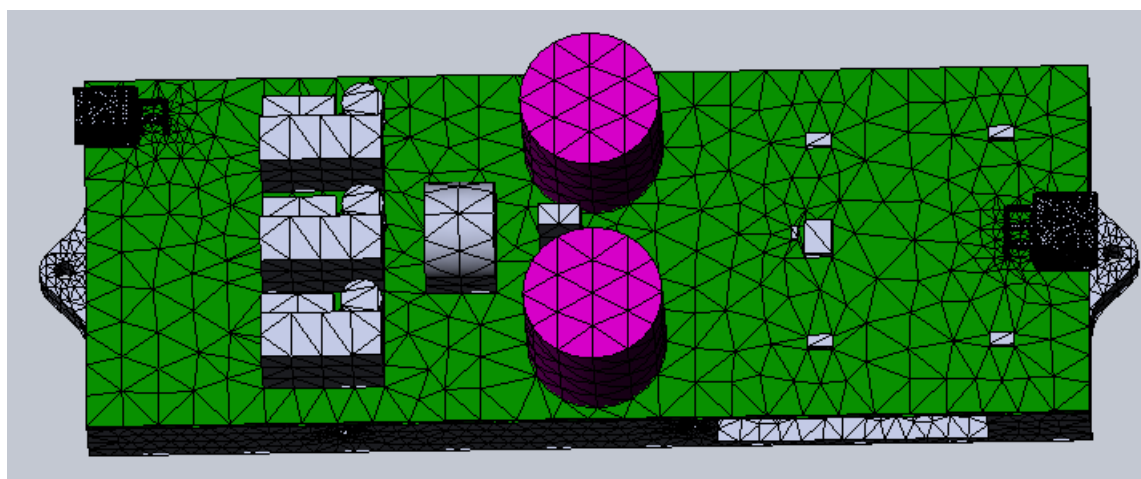


Рисунок 9 КЭМ прибора (вид без крышки)

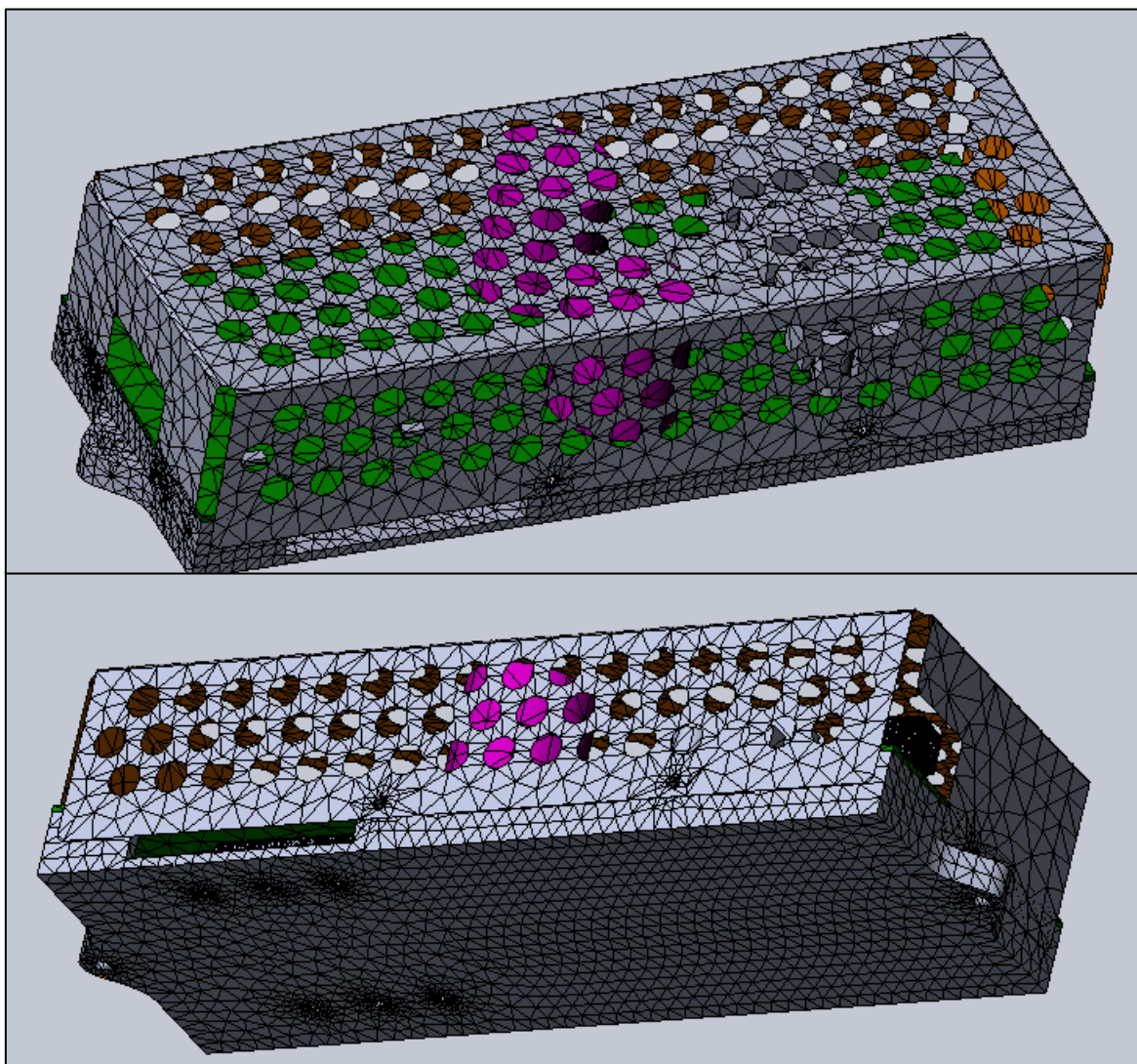


Рисунок 10 КЭМ прибора (вид с крышкой)

На рис.10 показаны результаты моделирования на поиск резонансов конструкции. В табл. 6 приведены численные значения основных резонансных частот, массы которых превышают 2% от расчетной массы конструкции до 2055 Гц. Цветом выделены фракции массой более 2 % от общей массы.

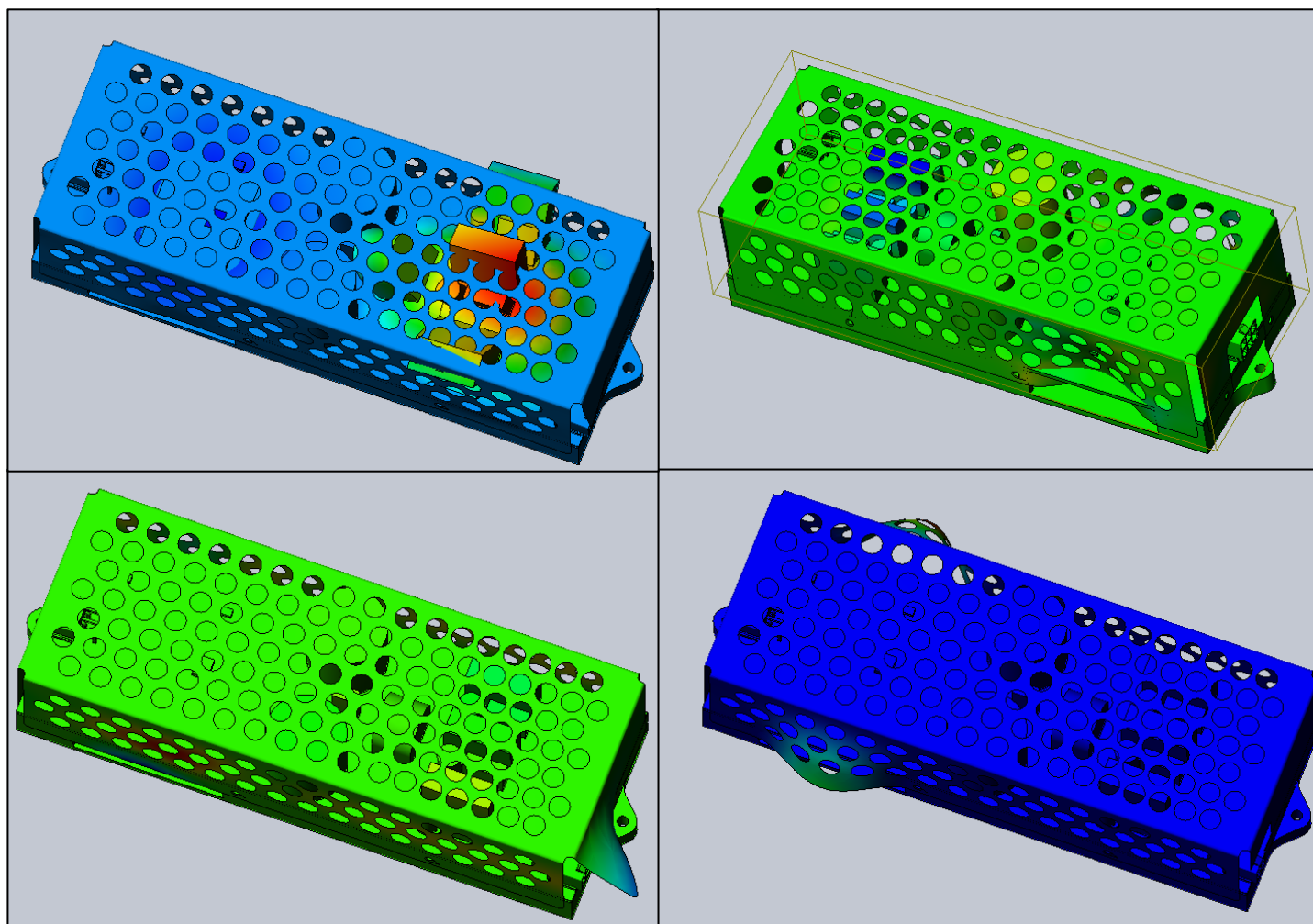


Рисунок 11 Поиск резонансных частот конструкции

Таблица 6 – Числовые значения основных резонансных частот

Номер режима	Частотный(Герц)
1	1113.2
2	1115.6
3	1254.3
4	2021.2
5	2055

7 Тепловая модель

Рассмотрим тепловую модель прибора. Как уже говорилось ранее, основная рассеиваемая прибором мощность сосредоточена на микросборке V300B28M250BG выделяющей мощность 30 Вт.

Основные элементы конструкции прибора выполнены из следующих материалов:

- корпус - алюминиевый сплав АМг6;
- платы из стеклотекстолита СТАП-2-35-1,5 - 0,017 м² (FR4);
- основание - алюминиевый сплав АМг6;

Значение теплопроводности материалов, использованных в конструкции прибора, даны в табл.7

Таблица 7 – Теплопроводность материалов

Наименование материала	Теплопроводность, Вт/м·К
Алюминиевый сплав АМг6 (корпус)	122
Алюминиевый сплав АМг6 (основание)	122
Стеклотекстолит СТАП-2-35-1,5	0,64
Поликор	29

Толщина слоя теплопроводной пасты принята 100 мкм. Эффективная теплопроводность для пасты в расчете принята 1 Вт/м*К с учетом неидеальных поверхностей Температура поверхности посадочного места

прибора при штатной эксплуатации находится в интервале от минус 40°C до +60°C.

Геометрическая модель усилителя сформирована с применением программного пакета «SOLIDWORKS», основанного на методе конечных элементов.

В соответствии с этим методом вся конструкция прибора разбивается на плоские или объемные элементы, связанные между собой в тепловом отношении. При расчетах температурного состояния на основе указанного метода, форма и размер составных частей конструкции практически соответствует действительности.

Геометрические размеры конструктивных элементов прибора соответствуют данным из рабочей документации на прибор. Геометрическая конечно-элементная модель прибора и его составляющих показана на рис. 11

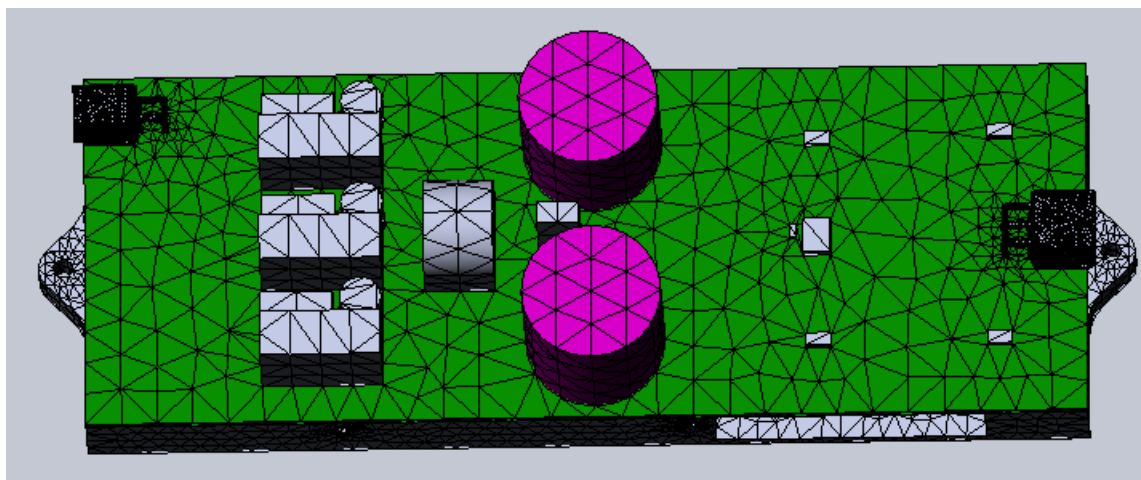


Рисунок 12 КЭМ прибора

Мощность тепловыделения ЭРИ задавалась в расчете сосредоточенной на месте крепления, на основании ЭРИ или распределенной по поверхности платы.

Расчет температурного состояния Усилителя, при работе первого полукомплекта был выполнен при температуре +20°C, заданной на двух крепежных лапках прибора, результаты расчета представлены на рис.12-15 и в таблице 8.

Анализируя данные, полученные при моделирование теплового воздействия результаты, получаем:

- максимальная температура достигается в месте крепления синфазного дросселя: 74°C , далее тепло рассеивается на теплоотводящей подложке по всей ее площади;
- средняя температура теплоотводящей подложки - 20°C .
- минимальная температура – 20°C .

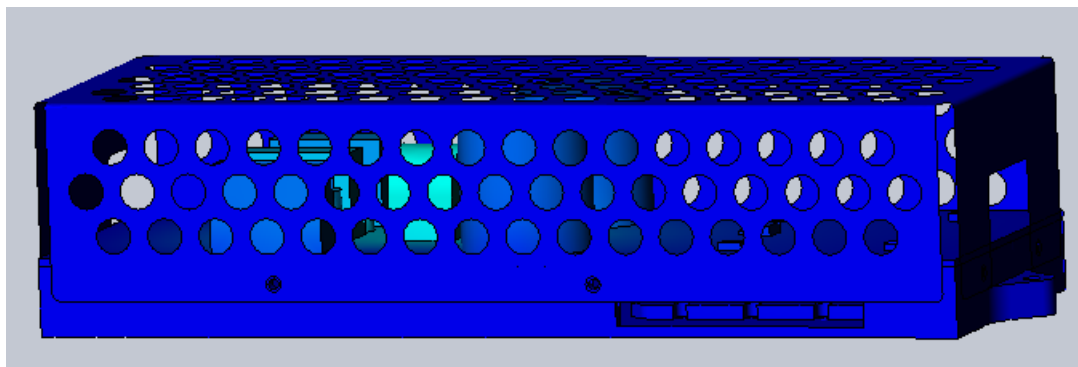


Рисунок 13 Результаты теплового моделирования

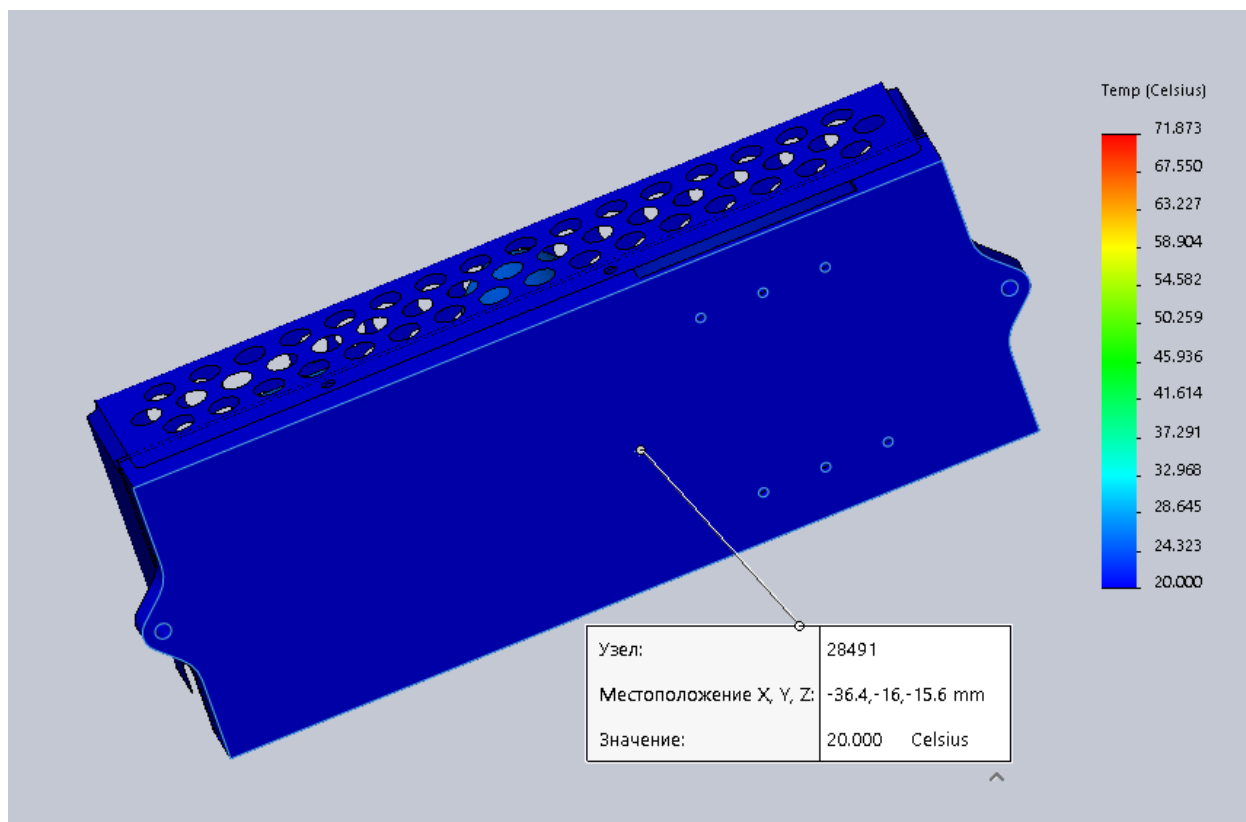


Рисунок 14 Результаты теплового моделирования

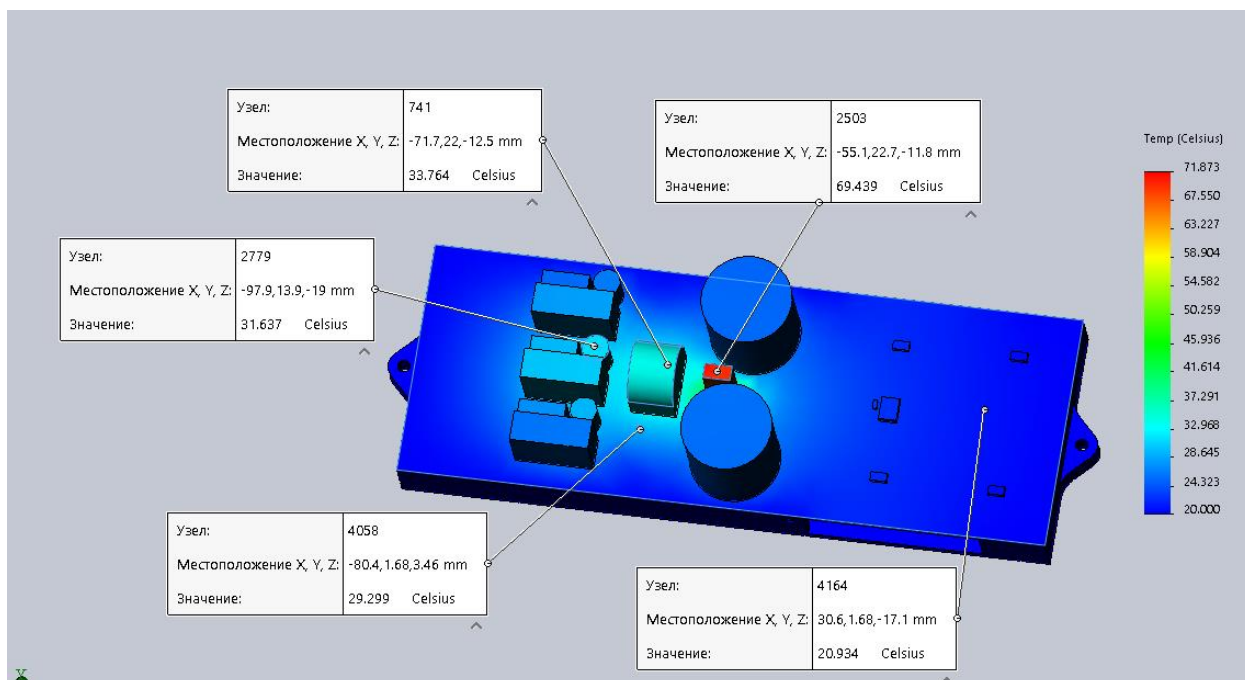


Рисунок 15 Результаты теплового моделирования

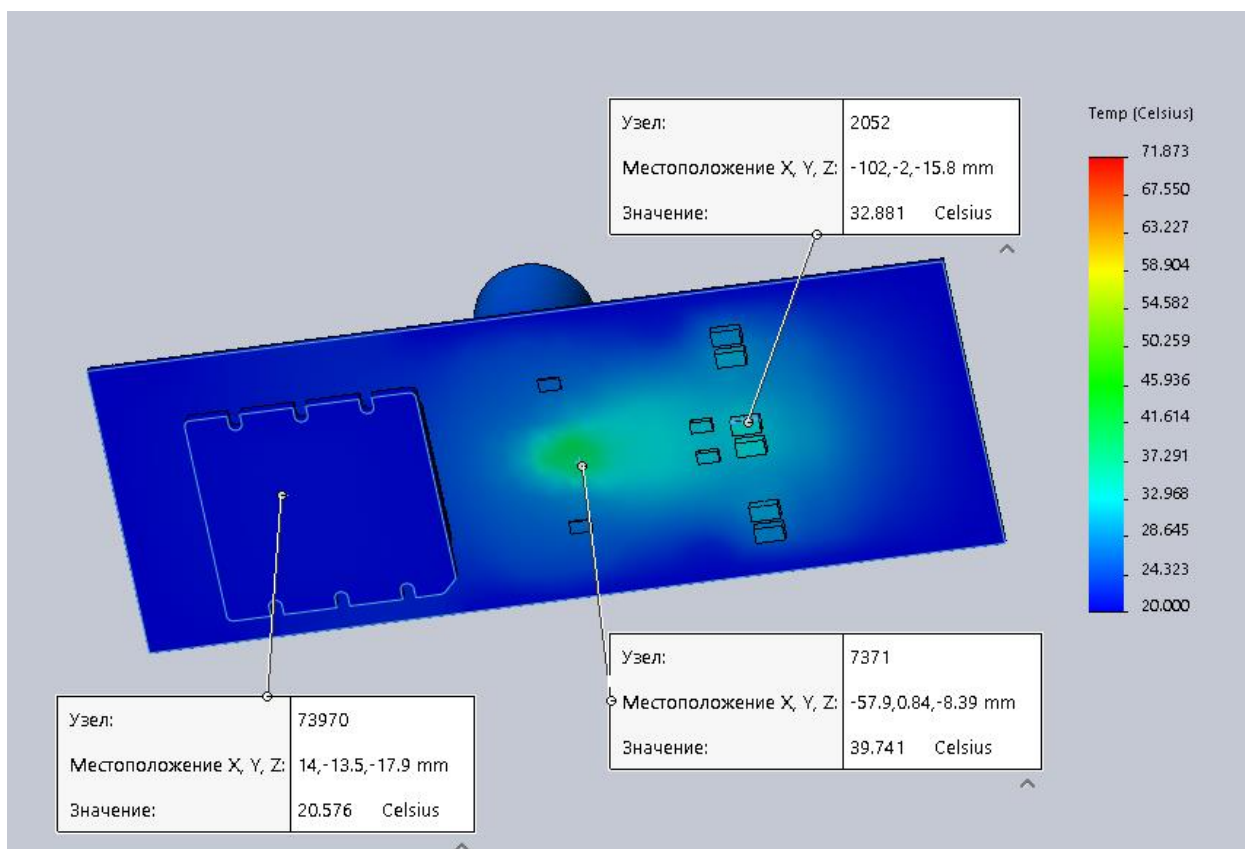


Рисунок 16 Результаты теплового моделирования

Таблица 8 – Результаты теплового моделирования

Элемент	Количество элементов на плате, шт.	Максимальная рассеиваемая мощность, Вт	Температурный диапазон работы, °C
Резисторы CRCW06033K90JN	1	0.1	-55...+155
Резисторы ERJ14YJ154	2	0.5	-40...+105
Конденсаторы BFC233820105	3	-	--55...+125
Конденсаторы B32524Q3106K	2	-	-55...+125
Конденсаторы ECOS2EB471DA	2	-	-45...+100
Конденсаторы GA342QR7GD102K W01	6	-	-55...+125
Синфазный дроссель 7116-RC	1	0.8	-55...+105
Диоды S2J	6	1.72	-50...+150
Диод APT1608MGC	1	0.042	-40...+85
Варисторы MOV-10D431K	3	0.4	-40...+85
Индуктивности RLB9012-270KL	3	0.4	-55...+125
Микросборка V300B28M250BG	1	30	-55...+100

Так как вопросы теплоотвода являются самыми важными при разработке и конструировании данного типа прибора, остановимся на подборе конструкционных материалов для теплоотводящей плиты подробнее.

Одними из самых устойчивых к температурным воздействиям являются медно-никелиевые сплавы. Их теплопроводность на порядок выше, чем у алюминиевых сплавов. Например, у сплава МЗ ГОСТ 859-2001 теплопроводность 300 Вт/м·К и это в три раза больше, чем для используемого алюминиевого сплава. Но при этом существенный минус их использования – это значительное увеличение массы прибора. Так, изначальная расчетная

масса составляет 1,73 кг, а вместе с медно-никелевым сплавом – 2,05 кг. В целом, это удовлетворяет требованиям ТУ.

Приложение А

(обязательное)

Методики испытаний (проверок)

А1.1 Проверка на соответствие конструкторской документации и комплектности

Проверка на соответствие конструкторской документации и комплектности проводится внешним осмотром и сличением изделия с комплектом конструкторских документов согласно АБВГ.000001.001, стандартами и другой нормативной документацией, измерением размеров инструментов, указанных в приложении или обеспечивающим требуемую точность измерений, не имеющим истекшего срока поверки.

Проверка соответствия требованиям комплектности изделия проводится сличением с комплектностью, указанной в таблице 1 настоящей программы, оценкой правильности оформления эксплуатационной документации, состоянием пломб на изделии.

Изделие считают выдержавшим проверку, если оно соответствует требованиям, приведенным в комплекте конструкторских документов АБВГ.000001.001, стандартам и другой нормативной документацией и его комплектность соответствует таблице 1 настоящей программы.

А.1.2 Испытание на соответствие основным параметрам.

Подключить ИП к сети 220В и у выхода с микросхемы на разъем вольтметра, проверить напряжение, оно должно быть равно 28В. Схема подключения приведена в приложении Б.

Изделие считается выдержавшим проверку, если оно соответствует требованиям, указанным в ТУ.

А.1.3 Контроль массы изделия проводят путем взвешивания его на технических весах с погрешностью не более 5%.

Изделие считают выдержавшим контроль, если его масса не превышает 2,5 кг.

А.1.4 Испытание на прочность при воздействии синусоидальной вибрации проводят в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.305-98 на вибростенде следующим образом:

а) производят внешний осмотр изделия на отсутствие механических повреждений и оценку качества покрытий (коррозионная стойкость, декоративный вид, защитные свойства, механическая прочность), включают его и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Используя эксплуатационный способ крепления, устанавливают изделие на платформе вибростенда в эксплуатационном положении;

б) подвергают изделие в выключенном состоянии воздействию вибрации на одной из частот, находящихся в диапазоне от 20 до 30 Гц, при амплитуде виброускорения 20 м/с² (2g) в течение 30 мин;


в) изделие снимают, производят внешний осмотр в соответствии с п. а), включают и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Изделие считают выдержавшим испытания, если после его проведения основные параметры по методике А.1.2 находятся в пределах норм, не обнаружено механических повреждений, нарушения лакокрасочного покрытия и ослабления креплений его составных частей.

А.1.5 Контроль переходного сопротивления (суммарного) между элементом заземления изделия и корпусом изделия производят мультиметром. Переходное сопротивление измеряют между контактом защитного

заземления и любой деталью лицевой панели корпуса без защитного покрытия.

Изделие считают выдержавшим проверку, если:

- суммарное значение сопротивления между элементом заземления и корпусом не превышает 200 мОм;
- элемент заземления не покрыт лакокрасочным покрытием;
- возле элемента заземления нанесен знак  согласно ГОСТ 2.731-81.

А.1.6 Испытание на устойчивость при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот (5g) проводят в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.305-98 на вибростенде в трех взаимно перпендикулярных направлениях в приспособлении, имитирующем установку ИП на объекте.

Производят внешний осмотр изделия, включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Изделие устанавливают на платформе вибростенда. Включают изделие и подвергают воздействию вибрации, плавно изменяя частоту вибрации в направлении от нижней частоты 5 Гц до верхней 500 Гц и обратно со скоростью не более одной октавы в минуту. При этом на частотах выше 25 Гц поддерживают амплитуду виброускорения 50 м/с^2 (5g), а на частотах ниже 25 Гц поддерживают амплитуду виброперемещения 2 мм или соответствующую ей амплитуду виброускорения 50 м/с^2 (5g).

Продолжительность испытаний по каждой оси не менее 15 мин.

Изделие выключают, снимают с платформы вибростенда, производят внешний осмотр.

Включают изделие и проводят проверку по методике А.1.2, затем выключают изделие.

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время и после проведения испытания изделие сохраняет работоспособность и при

внешнем осмотре не обнаружено механических повреждений, нарушений покрытий и ослабления крепления его (изделия) составных частей.

А.1.7 Испытание на прочность при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот (5g) проводят методом качающейся частоты в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.305-98 на вибростенде в трех взаимно перпендикулярных направлениях в приспособлении, имитирующем установку ИП на объекте.

Производят внешний осмотр изделия, включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Изделие устанавливают на платформе вибростенда. Включают изделие и подвергают воздействию вибрации, изменяя ее в одном направлении от верхней частоты диапазона 500 Гц к нижней 5 Гц с выдержкой на крайней нижней частоте каждого поддиапазона. Деление диапазона частот на поддиапазоны приведено в таблице А.1.

Таблица А.1– Деление диапазона частот на поддиапазоны

Поддиапазоны частот, Гц			
500-400	160-125	50-40	16-12,5
400-315	125-100	40-31,5	12,5-10
315-250	100-80	31,5-25	10-8
250-200	80-63	25-20	8-5,3
200-160	63-50	20-16	

В пределах каждого поддиапазона частот производят плавное изменение частоты продолжительностью не менее 1 мин. При этом на частотах выше 25 Гц поддерживают амплитуду виброускорения 50 м/с² (5g), а на частотах ниже 25 Гц поддерживают амплитуду виброперемещения 2,0 мм.

Продолжительность воздействия вибрации в каждом поддиапазоне 30 мин (10 ч в каждом положении испытуемого изделия) при испытаниях на

однокомпонентных вертикальных или горизонтальных стендах.

Общая продолжительность воздействия по трем осям 30 ч.

В процессе воздействия вибрации проверяют изделие на соответствие основных параметров по методике А.1.2.

Выключают вибростенд, проверяют изделие на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают изделие, производят внешний осмотр.

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время и после проведения испытания изделие сохраняет работоспособность, отсутствуют механические повреждения, нарушения лакокрасочных покрытий изделия и ослабление крепления его составных частей.

А.1.8 Испытание на устойчивость при воздействии механических ударов многократного действия проводят в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.305-98 на ударном стенде в трех взаимно перпендикулярных направлениях в приспособлении, имитирующем установку ИП на объекте.

Производят внешний осмотр изделия, включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Изделие устанавливают на платформе вибростенда. Включают изделие и подвергают воздействию 20 ударов в каждом направлении с частотой повторения ударов не более 80 ударов в минуту, с пиковым ударным ускорением 150 м/с² (15 g) и длительностью действия ударного ускорения от 5 до 15 мс.

В процессе воздействия ударов изделие проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2.

Выключают вибростенд, проверяют изделие на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают изделие, производят внешний осмотр.

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время и после проведения испытания изделие сохраняет работоспособность, отсутствуют механические повреждения, нарушения лакокрасочных покрытий изделия и ослабление крепления его составных частей.

Допускается совмещение испытания изделия на устойчивость к воздействию механических ударов многократного действия с испытаниями изделия на прочность к воздействию механических ударов многократного действия.

А.1.9 Испытание на прочность при воздействии механических ударов многократного действия проводят в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.305-98 на ударном стенде в трех взаимно перпендикулярных направлениях в приспособлении, имитирующем установку ИП на объекте.

Производят внешний осмотр изделия, включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Изделие устанавливают на платформе вибростенда. Включают изделие и подвергают воздействию 3000 ударов в каждом направлении с частотой повторения ударов не более 120 ударов в минуту с пиковым ударным ускорением 150 м/с² (15g) и длительностью действия ударного ускорения от 5 до 15 мс.

Выключают вибростенд, проверяют изделие на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают изделие, производят внешний осмотр.

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время и после проведения испытания изделие сохраняет работоспособность, отсутствуют механические повреждения, нарушения лакокрасочных покрытий изделия и ослабление крепления его составных частей.

Допускается совмещение испытания изделия на устойчивость к воздействию механических ударов многократного действия с

испытаниями изделия на прочность к воздействию механических ударов многократного действия.

А.1.10 Испытание на прочность и устойчивость при воздействии механических ударов одиночного действия проводят в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.305-98 на ударном стенде в трех взаимно перпендикулярных направлениях в приспособлении, имитирующем установку ИП на объекте.

Производят внешний осмотр изделия, включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Изделие устанавливают на платформе вибростенда.

Включают изделие и подвергают воздействию трех ударов в каждом направлении с пиковым ударным ускорением 200 м/с² (20g) и длительностью действия ударного ускорения от 5 до 15 мс.

Выключают вибростенд, проверяют изделие на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают изделие, производят внешний осмотр.

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время и после проведения испытания изделие сохраняет работоспособность, отсутствуют механические повреждения, нарушения лакокрасочных покрытий изделия и ослабление крепления его составных частей.

А.1.11 Испытание на воздействие изменения температуры окружающей среды

Испытание изделия на воздействие изменения температуры окружающей среды проводят в камере тепла и холода методом 2 ГОСТ РВ 20.57.306-98.

Производят внешний осмотр изделия, включают его, проверяют на соответствие основных параметров по методике приложения А.1.2, затем

выключают изделие.

Помещают изделие в выключенном состоянии в камеру тепла и холода, понижают температуру в камере до минус 65 °С, и выдерживают при этой температуре в течение 4 ч.

Повышают температуру в камере до 70 °С и выдерживают изделие при этой температуре в течение 4 ч.

После прекращения выдержки при 70 °С, цикл испытаний повторяют дважды.

Время выдержки изделия при каждой температуре в камере тепла и холода отсчитывают с момента достижения заданной температуры воздуха в камере.

После окончания последнего цикла изделие извлекают из камеры и выдерживают в нормальных климатических условиях в течение 4 ч;

Производят внешний осмотр изделия, включают его и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Изделие считают выдержавшим испытание, если после его проведения изделие сохраняет работоспособность, отсутствуют механические повреждения изделия и нарушения покрытия.

А.1.12 Испытание на воздействие повышенной температуры окружающей среды

Испытание изделия на воздействие повышенной температуры окружающей среды проводят в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.306-98 в климатической камере.

Схема подключения при испытании приведена на рисунке Б.1

Производят внешний осмотр изделия. Устанавливают изделие в камеру и проверяют сопротивление электрической изоляции цепей электропитания в нормальных климатических условиях, которая должна быть не менее 20 МОм. Включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике приложения А.1.2.

Устанавливают температуру в камере 60 °С, и выдерживают изделие во включенном состоянии при максимальном напряжении электропитания в течение 4 ч, скорость потока воздуха в камере поддерживают не более 1 м/с.

Выключают изделие и проверяют сопротивление электрической изоляции цепей электропитания при повышенной температуре окружающей среды, которая должна быть не менее 5 МОм. Включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2 при повышенном (242 В) и пониженном (198 В) напряжениях электропитания и выключают изделие.

Повышают температуру в камере до 70 °С и выдерживают при этой температуре изделие в выключенном состоянии в течение 6 ч.

Понижают температуру в камере до 60 °С и выдерживают изделие в выключенном состоянии в течение 2 ч.

Изделие включают, выдерживают во включенном состоянии и максимальном напряжении питания в течение 2 ч.

Выключают изделие и проверяют сопротивление электрической изоляции цепей электропитания при повышенной температуре окружающей среды, которая должна быть не менее 5 МОм. Включают

изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2 при повышенном и пониженном напряжениях электропитания и выключают изделие.

Понижают температуру в камере до нормальной. Извлекают изделие из камеры и после выдержки в нормальных климатических условиях в течение 4 ч, проверяют сопротивление электрической изоляции цепей электропитания в нормальных климатических условиях, которая должна быть не менее 20 МОм и на соответствие основных параметров методике приложения А.1.2. Затем выключают.

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время и после его проведения изделие сохраняет работоспособность, отсутствуют сбои при функционировании, механические повреждения изделия и нарушение покрытий.

А.1.13 Испытание на воздействие пониженной температуры окружающей среды

Испытание изделия на воздействие пониженной температуры окружающей среды проводят в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.306-98 в камере тепла и холода.

Схема подключения при испытании приведена на рисунке Б.1

Производят внешний осмотр изделия. Устанавливают изделие в камеру, включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике приложения А.1.2. Выключают.

Устанавливают температуру в камере минус 65 °С, и выдерживают изделие в выключенном состоянии в течение 6 ч.

Повышают температуру в камере до минус 50 °С и выдерживают изделие при этой температуре в выключенном состоянии в течение 4 ч.

Включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2 при повышенном (242 В) и пониженном (198 В) напряжениях электропитания и выключают изделие.

Повышают температуру в камере до нормальной и выдерживают при этой температуре изделие в выключенном состоянии в течение 4 ч.

Включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2 и выключают изделие.

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время и после его проведения изделие сохраняет работоспособность, отсутствуют сбои при функционировании, механические повреждения изделия и нарушение покрытий.

А.1.14 Испытание изделия на воздействие атмосферного пониженного давления при эксплуатации проводят в барокамере при нормальной температуре в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.306-98.

Производят внешний осмотр изделия. Устанавливают изделие в камеру. Проверяют электрическую прочность изоляции электрических цепей при действии испытательного напряжения синусоидальной формы частотой 50 Гц и амплитудным (действующим) напряжением 1500 В (1060 В) при нормальных климатических условиях. Включают изделие и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2. Выключают изделие.

Понижают давление в камере до 60 кПа (450 мм рт.ст.), проверяют электрическую прочность изоляции электрических цепей при действии испытательного напряжения синусоидальной формы частотой 50 Гц и амплитудным (действующим) напряжением 900 В (640 В) при пониженном атмосферном давлении в выключенном состоянии, затем включают и проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают изделие.

Повышают давление в камере до нормального, затем понижают температуру до минус 50 °С и выдерживают изделие в выключенном состоянии в течение 4 ч.

Понижают давление в камере до 60 кПа (450 мм рт.ст.) и выдерживают изделие во включенном состоянии в течение 1 ч.

Изделие проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2 при пониженном (198 В) и повышенном (242 В) напряжении электропитания, затем выключают.

Повышают давление в камере до нормального, затем повышают температуру до нормальной и выдерживают изделие в выключенном состоянии в течение 4 ч.

Повышают температуру до 60 °С и выдерживают изделие в выключенном состоянии в течение 4 ч.

Понижают давление в камере до 60 кПа (450 мм рт.ст.) и выдерживают изделие во включенном состоянии в течение 1 ч, затем изделие проверяют на соответствие основных параметров по методике А.1.2 при пониженном и повышенном напряжении питания, затем выключают.

Повышают давление и температуру в камере до нормальных значений, выдерживают изделие в нормальных климатических условиях 4 ч.

Извлекают изделие из камеры, подвергают внешнему осмотру и проверяют электрическую прочность изоляции электрических цепей при

действии испытательного напряжения синусоидальной формы частотой 50 Гц и амплитудным (действующим) напряжением 1500 В (1060 В) при нормальных климатических условиях и на соответствие основных параметров по методике А.1.2, затем выключают.

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время и после его проведения изделие сохраняет работоспособность, при внешнем осмотре не обнаружено механических повреждений и нарушений лакокрасочного покрытия.

А.1.15 Испытание изделия на воздействие атмосферных конденсированных осадков (инея, росы) проводят в камере тепла и холода в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.306-98.

Примечание

- 1 Допускается совмещать данное испытание на воздействие пониженной температуры.
- 2 Допускается совмещать данное испытание на воздействие повышенной влажности.

Схема подключения при испытании приведена на рисунке Б.1.

Производят внешний осмотр изделия. Включают изделие и проверяют по методике А.1.2, затем выключают.

Помещают изделие в камеру тепла и холода, снижают температуру в камере до минус 20 °С и выдерживают его в выключенном состоянии при этой температуре в течение 2 ч.

Извлекают изделие из камеры, помещают в нормальные климатические условия, включают и выдерживают в течение 3 ч.

Сразу после включения и через каждые 60 мин проверяют изделие на соответствие основных параметров по методике А.1.2. Выключают изделие и осматривают.

Проводят оценку коррозионной стойкости, защитных и декоративных покрытий, применяемых при изготовлении изделия 1BC1-1H,

противостоять атмосфере, насыщенной конденсированными осадками (инеем, росы).

Изделие считают выдержавшим испытание, если во время пребывания в нормальных климатических условиях после извлечения из камеры тепла и холода изделие сохраняет работоспособность, а после его проведения при внешнем осмотре не обнаружено коррозии и повреждений защитных и декоративных покрытий.

А.1.16 Контроль маркировки

Качество надписей на изделии проверяют визуально после испытаний на воздействие механических и климатических факторов, установленных настоящей программой.

Изделие считают выдержавшей проверку, если надписи на изделии легко различимы после испытаний на воздействие механических и климатических факторов.

Проверку маркировки транспортной тары проводят путем сличения надписей на упаковке с требованиями конструкторской документации на транспортную тару.

Изделие считают выдержавшей проверку, если надписи на упаковке соответствуют конструкторской документации на транспортную тару.

А.1.17 Контроль лакокрасочного покрытия

Контроль и оценку спиртобензостойкости лакокрасочных покрытий изделия проводят десятикратным протирающим покрытием и маркировочных обозначений тампоном из безворсового материала, смоченного спирто-бензиновой смесью, в соотношении 1:1 или 1:2.

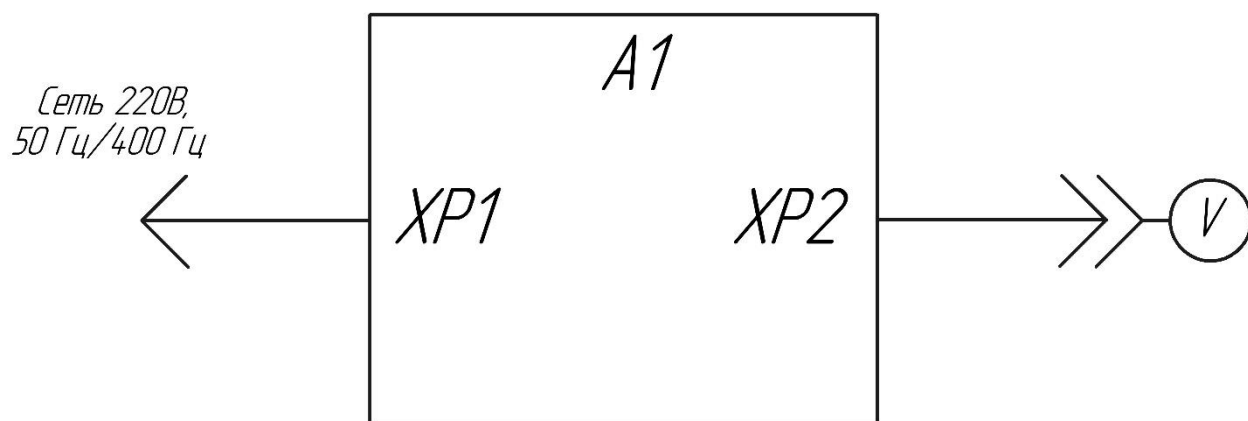
Лакокрасочные покрытия и маркировочные обозначения на изделии не должны осыпаться, расплываться и выцветать, не должна просматриваться грунтовка или основной металл, на тампоне должны отсутствовать следы лакокрасочных покрытий.

Использованные тампоны утилизируются установленным порядком.

Приложение Б

(обязательное)

Схемы подключения устройств при проведении испытаний (проверок)



A1 – Источник питания

V – Мультиметр

Рисунок Б.1 - Схема подключения ИП при испытании на соответствие основным параметрам

Приложение В

(обязательное)

Перечень оборудования и средств измерения, применяемых при испытаниях
(проверках)

Таблица В.1

Наименование	Тип (марка, шифр),	Предел допускаемой основной погрешности (класс точности), диапазон измерений	Количество, шт.
Секундомер	СОПпр	$\pm 1,0 \%$	1
Мультиметр	U1242B	1000 В / (1% + 5 е.м.р.) 10 А / (1% + 5 е.м.р.) 100 Мом / (1,5% + 3 е.м.р.)	2
Психрометр аспирационный	М-34М	$(-10...+50) ^\circ\text{C} / \pm 0,1 ^\circ\text{C}$ (10...100)%	1
Весы	СКЕ-60-4050	$\pm 0,01\text{кг}$ ($0 \leq m \leq 10$) $\pm 0,02\text{кг}$ ($10 < m \leq 40$) $\pm 0,03\text{кг}$ ($40 < m \leq 60$)	1
Штангенциркуль	ШЦ-2-500 0,05	$\pm 0,05 \text{ мм}$	1
Установка вибрационная	УВЭ-50/5-5000 ЖГ2.775.069ТУ	ампл. перемещ - $\pm 10\%$ ампл. ускор. - $\pm 20\%$ част. ($\leq 25\text{Гц}$) - $\pm 0,5\text{Гц}$ част. ($\geq 25\text{Гц}$) - $\pm 2\%$	1
Установка ударная	УУ-5/1000 ЖГМ1.161.000	$\pm 20\%$	
Камера тепла, холода и влаги	PSL-2J	от -70 до $100 ^\circ\text{C}$ ($\pm 0,3 ^\circ\text{C}$), от 20 до 98 % ($\pm 2,5\%$)	1
Термобарокамера	TBV-2000	от -70 до $+120 ^\circ\text{C}$ ($\pm 1 ^\circ\text{C}$) до 5 мм рт.ст. ($\sim 0,66 \text{ кПа}$)	
Сушильный шкаф	MEMMERT UFE-800	от 10 до $250 ^\circ\text{C}$ ($\pm 0,5 ^\circ\text{C}$)	1

П р и м е ч а н и е – Допускается замена вышеперечисленного оборудования и аппаратуры на другие, обеспечивающие при заданных параметрах аналогичную или более высокую точность измерения.

Список используемой литературы

- 1 ГОСТ РВ 15.301-2003 «Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Общие технические требования, методы контроля и испытаний. Общие положения»
- 2 С.Н. Синавчиан, Н.В. Федоркова, М.А. Синельщикова. «Испытания радиоэлектронных средств на механические и климатические» – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2015. – 36 с.
- 3 В.Д. Шашурин, О.С. Нарайкин, С.А. Воронов, В.М. Башков, С.Н. Синавчиан, С.А. Козубняк. «Аппаратное обеспечение испытаний изделий на воздействие вибации» - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2011. – 76 с.
- 4 К.П.Никонов, «Расчет в среде SolidWorks механических воздействий на датчик давления для испытательного оборудования авиационной техники» - Электронный журнал «Труды МАИ», выпуск №70
- 5 К.И.Билибин, А.И.Власов, Л.В.Журавлева и др; Под общ.ред.В.А.Шахнова, «Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры»: Учебник для вузов – 2-е издание – М.:Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. – 568 с.: ил. – (Информатика в технической университете).
- 6 Е.М.Парфенов. «Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов – М.: Радио и связь, 1989. – 272 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы были выполнены все поставленные задачи. А именно

— Был разработана корпус прибора и выполнен выбор оптимальных конструкционных материалов для него, которые обеспечивают прочностные характеристики прибора, а также являются устойчивыми к влиянию климатических факторов и соответствуют предъявляемым требованиям к массе устройства.

— Было проведено функциональное моделирование, по результатам которого была дана положительная оценка соответствия выходных электрических параметров схемы требованиям технического задания;

— Был проведен механический анализ разработанной конструкции с использованием специализированного пакета программного обеспечения. Конструкция полностью обеспечивает исправность прибора при и во время воздействия на него механических нагрузок.

— Был проведен тепловой анализа разработанной конструкции с использованием специализированного пакета программного обеспечения.

— Также были разработаны программа и методика испытаний прибора, схема испытаний, были выбраны необходимые стенды и измерительное оборудование для проведения всех необходимых испытаний.