



СОГЛАСОВАНО

Директор

ФБУ «Новосибирский ЦСМ»

О.Ю. Морозова

27 июня 2025 г.

«ГСИ. Пробники напряжения П-4000.

Методика поверки»

МП.ЛТДВ.411125.016

г. Новосибирск

2025 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки пробников напряжения П-4000 (далее – пробники), используемых в качестве рабочих средств измерений.

Выполнение всех требований настоящей методики поверки обеспечивает прослеживаемость поверяемого средства измерений к государственным первичным эталонам:

- ГЭТ89-2008 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от $1 \cdot 10^{-1}$ до $2 \cdot 10^9$ Гц, утвержденной Приказом Росстандарта от 18.08.2023 г. № 1706;

- ГЭТ26-2010 в соответствии с локальной поверочной схемой, структура которой приведена в приложении Б к настоящей методике поверки.

При определении метрологических характеристик пробников в диапазоне частот до 10 МГц используется метод непосредственного сличения, в диапазоне частот свыше 10 МГц – метод прямых измерений.

Метрологические требования к пробникам, которые должны быть подтверждены в результате поверки, приведенные в обязательном Приложении А.

2. Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке	Да	Да	8.1
Опробование	Да	Да	8.2
Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки при первичной поверке	Да	Нет	9.1
Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки при периодической поверке	Нет	Да	9.2

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки необходимо соблюдать следующие нормальные условия:

- температура окружающего воздуха от 15 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение сети питания от 198 до 242 В;
- частота сети питания от 49,5 до 50,5 Гц;
- коэффициент гармоник сети питания не более 5 %.

4. Требование к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, специалисты органов метрологической службы, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованных на право поверки, непосредственно осуществляющие поверку средств измерений данного вида, изучившие эксплуатационную документацию на пробники и средства поверки.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные эталоны единиц величин, средства измерений и вспомогательное оборудование, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

Применяемые средства поверки должны быть исправны, средства измерений должны быть поверены.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 3 Требования к условиям проведения поверки	Средства измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений от +15 до +25 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 10 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 5 %. Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 84 до 106 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 1 кПа.	Приборы комбинированные Testo 622, рег. № 53505-13
п. 3 Требования к условиям проведения поверки	Средства измерений напряжения сети питания в диапазоне измерений от 198 до 242 В с относительной погрешностью не более ± 1 %. Средства измерений частоты сети питания в диапазоне измерений от 49,5 до 50,5 Гц с относительной погрешностью не более $\pm 0,5$ %. Средства измерений коэффициента гармоник сети питания в диапазоне измерений от 0 до 5 % с относительной погрешностью не более ± 1 %.	Приборы электроизмерительные универсальные UMG 96 RM-E, рег. № 51827-12
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Эталон единицы переменного электрического напряжения 3-го разряда или средство измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3-го разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Росстандарта от 18 августа 2023 г. № 1706, в диапазоне частот от 0,0001 до 1 МГц и средство измерений переменного электрического напряжения в диапазоне частот от 1 до 10 МГц. Диапазон измерения переменного электрического напряжения от 0,1 до 5 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения напряжения $\pm 4,3$ %.	Вольтметр переменного тока диодный компенсационный ВЗ-49, рег. № 5477-76
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Эталон единицы переменного электрического напряжения 3-го разряда или средство измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам 3-го разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Росстандарта от 18 августа 2023 г. № 1706, в диапазоне частот от 0,1 до 5 кГц. Диапазон измерения переменного электрического напряжения от 1 до 100 мВ. Пределы допускаемой относительной погрешности измерения напряжения $\pm 4,3$ %.	Мультиметр 34401А, рег. № 16500-97

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Генератор переменного электрического напряжения в диапазоне от 1 до 5 В в диапазоне частот от 0,0001 до 10 МГц включительно. Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-4}$.	Генератор сигналов специальной формы АКИП-3418/3, рег. № 66780-17
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Рабочий эталон единицы модуля коэффициента передачи в соответствии с локальной поверочной схемой, приведенной в приложении А. Диапазон рабочих частот от 10 до 4000 МГц. Диапазон измерения модуля коэффициента передачи от минус 11 до минус 16 дБ. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи $\pm 0,52$ дБ.	Измеритель модуля коэффициента передачи и отражения Р2М-18, рег. № 36013-07
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Вспомогательное оборудование: аттенюатор 3 дБ. Диапазон рабочих частот от 0,0001 до 10 МГц. Номинальное ослабление 3 дБ. Максимальное входное напряжение не менее 5 В.	Аттенюатор резисторный фиксированный Д2-27
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Вспомогательное оборудование: аттенюатор 10 дБ. Диапазон рабочих частот от 10 до 4000 МГц. Номинальное ослабление 10 дБ. Максимальная входная мощность не менее 0,5 Вт.	Аттенюатор коаксиальный Д2М-18-10-01Р-01
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Вспомогательное оборудование: аттенюатор 10 дБ. Диапазон рабочих частот от 10 до 4000 МГц. Номинальное ослабление 10 дБ. Максимальная входная мощность не менее 0,5 Вт.	Аттенюатор коаксиальный Д2М-18-10-01Р-01

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Вспомогательное оборудование: нагрузка согласованная. Диапазон рабочих частот от 0,0001 до 4000 МГц. Номинальное сопротивление 50 Ом. Максимальная входная мощность не менее 0,1 Вт.	Нагрузка НК1-В
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Вспомогательное оборудование: адаптер коаксиальный для поверки пробников напряжения, соответствующий Приложению В. Диапазон рабочих частот от 0,0001 до 4000 МГц.	Адаптер коаксиальный для поверки и калибровки пробников напряжения АКП-4000

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

Помещение для проведения поверки и размещения поверочного оборудования должно соответствовать правилам техники безопасности и требованиям по охране труда.

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на пробник и средств поверки.

7. Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра установить соответствие пробника следующим требованиям:

- внешний вид пробника должен соответствовать изображениям, приведенным в описании типа;
- наличие маркировки, подтверждающей тип пробника и заводской номер в соответствии с описанием типа;
- наличие знака утверждения типа в соответствии с требованиями, приведенными в описании типа;
- наружная поверхность и разъемы не должны иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу пробника;
- отсутствие незакрепленных предметов внутри корпуса пробника, определяемых на слух при наклонах.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования. При невыполнении какого-либо из вышеуказанных требований результаты поверки по данному пункту считать отрицательными, последующие операции поверки не проводить.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

Убедиться в выполнении требований к условиям проведения поверки.

Выдержать пробник в условиях проведения поверки не менее двух часов, если пробник находился в отличных от них условиях.

Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течении времени, указанном в их эксплуатационной документации.

Подготовить к работе средства поверки в соответствии с указаниями их эксплуатационной документации.

8.2 Опробование

Собрать схему измерения, приведенную на рисунке 1.

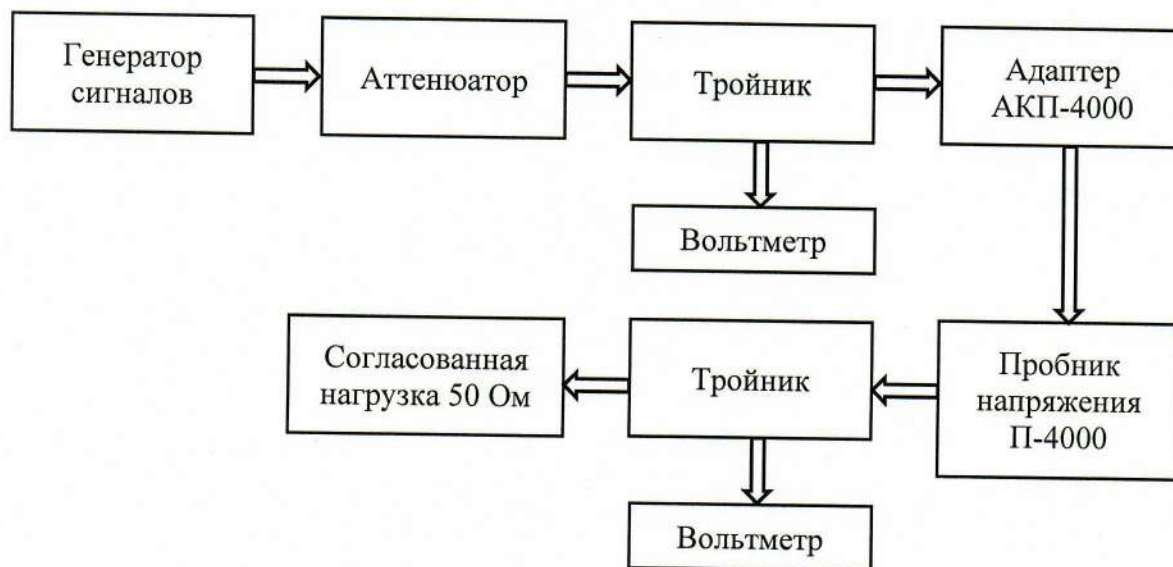


Рисунок 1 – Блок-схема опробования и определения коэффициента калибровки в диапазоне частот от 0,0001 до 10 МГц

На генераторе сигналов установить частоту 1 МГц. На выходе генератора сигналов установить напряжение не более 5В.

Подключить пробник вольтметра ВЗ-49 тройнику, расположенному после пробника П-4000.

Зафиксировать показания вольтметра ВЗ-49 в точке контроля.

Результаты опробования считать положительными, если на вольтметре присутствует сигнал. При невыполнении вышеуказанного требования результаты поверки по данному пункту считать отрицательными, последующие операции поверки не проводить.

9. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки при первичной поверке

9.1.1 Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки в диапазоне частот от 0,0001 до 10 МГц

Собрать схему измерения, приведенную на рисунке 1.

При подключении вольтметра к тройнику, расположенному перед пробником П-4000, измеряется напряжение U_1 . При подключении вольтметра к тройнику, расположенному после пробника П-4000, измеряется напряжение U_2 .

Для измерения напряжения U_1 во всем диапазоне частот использовать вольтметр переменного тока диодный компенсационный ВЗ-49 и тройник из его состава. Для измерения напряжения U_2 в диапазоне частот до 0,005 МГц включительно использовать мультиметр 34401А и тройник из его состава, на частотах свыше 0,005 МГц использовать вольтметр ВЗ-49 и тройник из его состава.

Подключить мультиметр 34401А в тройник, расположенный после пробника П-4000. На генераторе сигналов установить частоту 0,0001 МГц и напряжение не более 5 В. Фиксировать показания мультиметра U_2 в точке контроля.

Установить пробник вольтметра ВЗ-49 в тройник, расположенный перед пробником П-4000.

Напряжение на генераторе сигналов установить равным первоначальному значению. Фиксировать показания вольтметра U_1 в точке контроля.

Вычислить коэффициент калибровки (К) пробника П-4000, дБ, по формуле:

$$K = 20 \cdot \lg(U_1 / U_2) \quad (1)$$

где U_1 и U_2 – значения измеренного напряжения, В.

Повторить измерения и расчёт коэффициента калибровки для частот, указанных в таблице 3.

Таблица 3 - Определение коэффициента калибровки в диапазоне частот от 0,0001 до 10 МГц

Частота, МГц	U_1 , В	U_2 , В	К, дБ
0,0001			
0,0002			
0,0005			
0,001			
0,002			
0,005			
0,009			
0,02			
0,05			
0,10			
0,15			
0,2			
0,5			
1			
2			
5			
10			

Рассчитать максимальную погрешность коэффициента калибровки пробника напряжения П-4000 в диапазоне частот от 0,0001 до 10 МГц δK , дБ, по формуле:

$$\delta K = 20 \cdot \lg \left(1 + 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{100} \right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{100} \right)^2} \right) \quad (2)$$

где δ_1 – максимальное значение относительной погрешности измерения мультиметром 34401А в диапазоне измеренных величин, %;

δ_2 – максимальное значение относительной погрешности измерения вольтметром ВЗ-49 в диапазоне измеренных величин, %.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки.

9.1.2 Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки в диапазоне частот от 10 до 4000 МГц

Собрать схему калибровки измерителя по коэффициенту передачи в соответствии с рисунком 2.

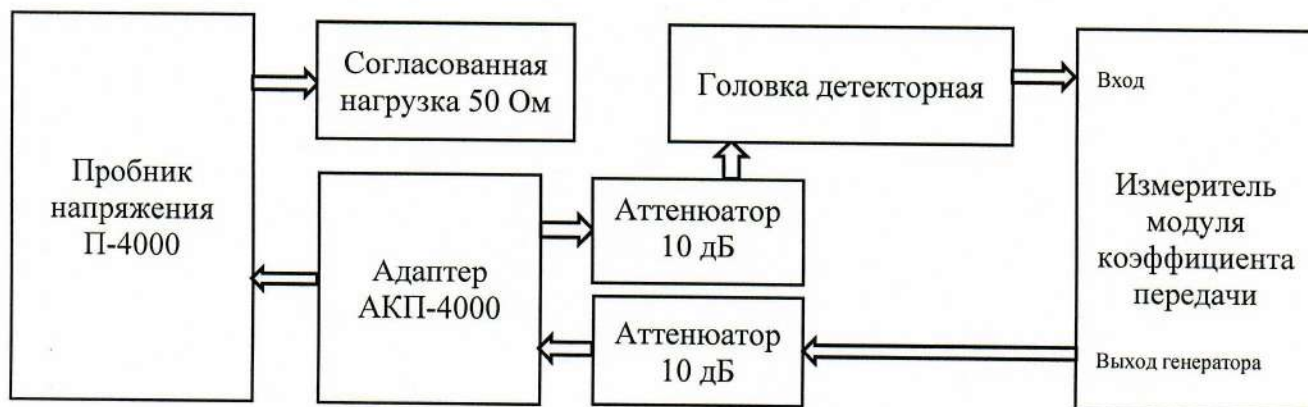


Рисунок 2 – Блок-схема калибровки измерителя по коэффициенту передачи

Провести калибровку измерителя модуля коэффициента передачи и отражения Р2М-18, по коэффициенту передачи, в соответствии с руководством по его эксплуатации.

Собрать схему измерений коэффициента калибровки пробника напряжения П-4000 в соответствии с рисунком 3.

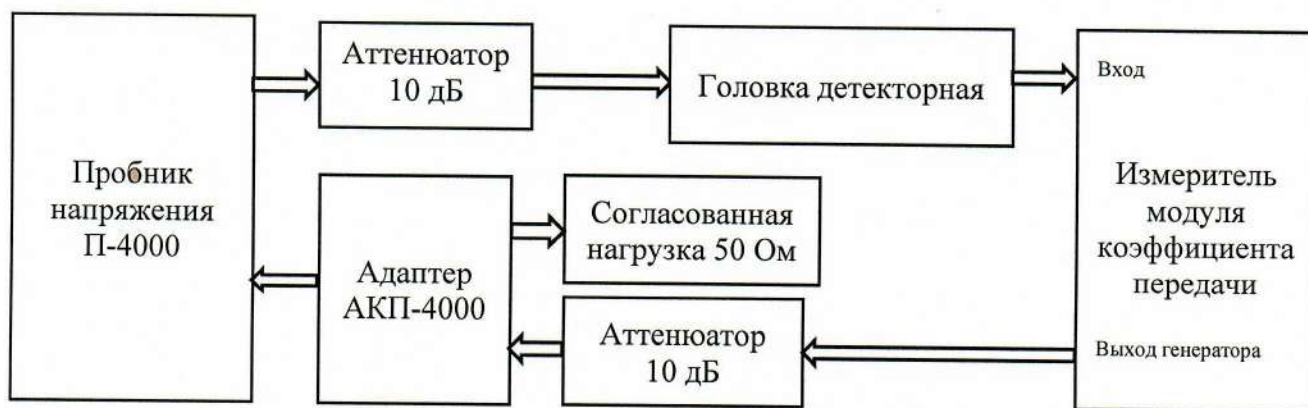


Рисунок 3 – Блок-схема измерений коэффициента калибровки пробника напряжения П-4000

Измерить коэффициент калибровки пробника напряжения П-4000, К, дБ, равный коэффициенту ослабления, на частотах в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 - Определение коэффициента калибровки в диапазоне частот от 10 до 4000 МГц

Частота, МГц	К, дБ
10	
20	
50	
100	
200	
500	
1000	
1250	
1500	
1750	
2000	
2250	
2500	
2750	
3000	
3250	
3500	
3750	
4000	

Рассчитать максимальную погрешность коэффициента калибровки пробника напряжения П-4000 в диапазоне частот от 10 до 4000 МГц δK , дБ, по формуле:

$$\delta K = 10 \cdot \lg \left(2 \cdot \left(10^{\left(\frac{\delta_{\text{КП}}}{10} \right)} - 1 \right) + 1 \right) \quad (3)$$

где $\delta_{\text{КП}}$ – максимальное значение абсолютной погрешности измерения коэффициента передачи в диапазоне измеренных величин, дБ.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки.

9.2 Определение коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки при периодической поверке

Определить значения коэффициента калибровки пробника К, дБ, в соответствии с п. 9.1.1 и п. 9.1.2 данной методики поверки.

Рассчитать значения погрешности коэффициента калибровки пробника на каждой частоте по формуле:

$$\delta K = K_{\text{периодич}} - K_{\text{первич}} \quad (4)$$

где $K_{\text{периодич}}$ – коэффициент калибровки, определенный при периодической поверке,
 $K_{\text{первич}}$ – коэффициент калибровки, определенный при первичной поверке.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения коэффициента калибровки и погрешности коэффициента калибровки соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки.

Если значения погрешности коэффициента калибровки поверяемого пробника превышают допустимое значение, но значения коэффициента калибровки соответствуют требованиям, указанным в Приложении А к данной методике поверки, то проводят поверку пробника в объеме первичной поверки в соответствии с п. 9.1.1 и п. 9.1.2 данной методики поверки, измеренные значения коэффициента калибровки присваиваются как $K_{первич}$ и передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

10. Оформление результатов поверки

По итогу поверки оформляется протокол поверки в произвольной форме.

Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

При положительной первичной поверке пробника измеренные значения коэффициента калибровки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку.

Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с действующими правовыми нормативными документами. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Начальник отдела 52
ФБУ «Новосибирский ЦСМ»



Н.А. Малов

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Метрологические характеристики пробников напряжения П-4000, которые должны быть подтверждены в результате поверки

Наименование характеристики	Значение
Коэффициент калибровки, дБ ¹⁾	
- в диапазоне частот от 0,0001 МГц до 0,1 МГц включ.	от 14,0 до 64,0
- в диапазоне частот св. 0,1 МГц до 1000 МГц включ.	от 14,0 до 16,0
- в диапазоне частот св. 1000 МГц до 4000 МГц	от 11,0 до 15,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности коэффициента калибровки, дБ	±1
Примечание: 1) Нормируется без учета характеристик кабельной сборки	

Приложение Б
(рекомендуемое)
Локальная поверочная схема для пробников напряжения П-4000
в диапазоне частот от 10 до 4000 МГц

Исходный эталон	Преобразователи масштабные фиксированного значения (аттенюаторы) Рабочий эталон 3-го разряда по Государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461 (10 – 4000) МГц КО: не более 0,1 К_{осл}: от 3 до 40 дБ $\Delta_{осл} \leq \pm 0,2$ дБ
Рабочий эталон	Метод прямых измерений Измеритель модуля коэффициента передачи (10 – 4000) МГц КП: от минус 11 до минус 16 дБ $\Delta_{кп} \leq \pm 0,52$ дБ
Средства измерений	Метод прямых измерений Пробники напряжения П-4000 (10 – 4000) МГц КК: от 11 до 16 дБ $\Delta_{кк} = \pm 1$ дБ

Примечания: в соответствии с п. 6.5 Государственной поверочной схемы, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, в качестве исходного эталона допускается применение масштабных преобразователей (аттенюаторов), фиксированных и переменных, аттестованных по государственной поверочной схеме единицы волнового сопротивления, утвержденной Приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, в качестве вторичного эталона или рабочего эталона, или государственной поверочной схеме единицы ослабления, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2020 № 3383, в качестве рабочего эталона 1-го или 2-го разряда.

Соотношение погрешностей рабочего эталона и средств измерений не превышает значения $\frac{1}{2}$.

Обозначения:

КО – коэффициент отражения входа и выхода;

К_{осл} – коэффициент ослабления;

$\Delta_{осл}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности коэффициента ослабления;

КП – коэффициент передачи;

$\Delta_{кп}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности измерения модуля коэффициента передачи;

КК – коэффициент калибровки;

$\Delta_{кк}$ – предел допускаемой абсолютной погрешности коэффициента калибровки.

Приложение В
(обязательное)

Адаптер коаксиальный для поверки пробников напряжения

Общий вид адаптера представлен на рисунках В.1 и В.2.

Адаптер коаксиальный для поверки и калибровки пробников напряжения (далее – адаптер) является тройником, у которого на двух плечах установлены коаксиальные разъемы типа III, а на третьем плече устанавливается поверяемый пробник напряжения (далее – пробник).

Адаптер собран из составных частей:

- переключатель (материал – латунь);
- подложка (материал – латунь);
- нижняя крышка (материал – латунь);
- верхняя крышка (материал – латунь);
- вставка (материал – полиацеталь);
- печатная плата (материал – Rogers RO3003, толщина 1,5 мм, фольга 18 мкм (допускается – 35 мкм), покрытие фольги – иммерсионное золото);
- переход коаксиально-полосковый Э2-116/2 (2 шт.).

Центральные контакты переходов Э2-116/2 припаяны к печатной плате.

Пробник устанавливается в адаптер таким образом, чтобы измерительный контакт пробника проходил через отверстие в печатной плате.

Верхняя крышка адаптера прижимает пробник к печатной плате при помощи винтов с пружинами.

Чертежи составных частей адаптера представлены на рисунках В.3 – В.9.

Список крепежных элементов указан в таблице В.1.

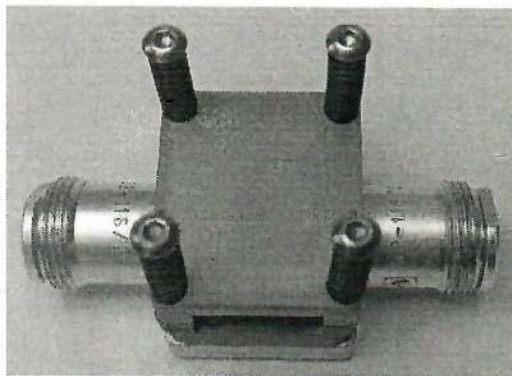


Рисунок В.1 – Общий вид адаптера без пробника

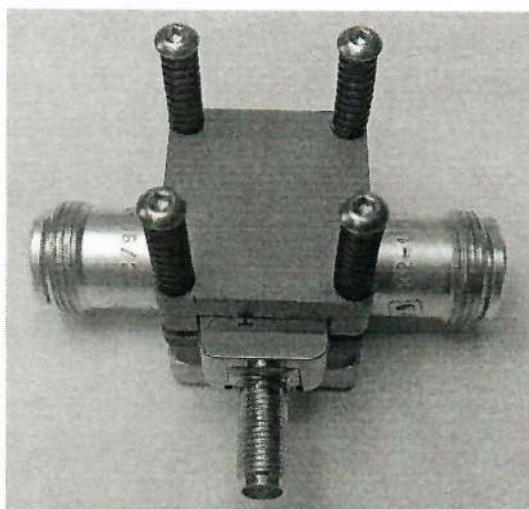


Рисунок В.2 – Общий вид адаптера с установленным пробником

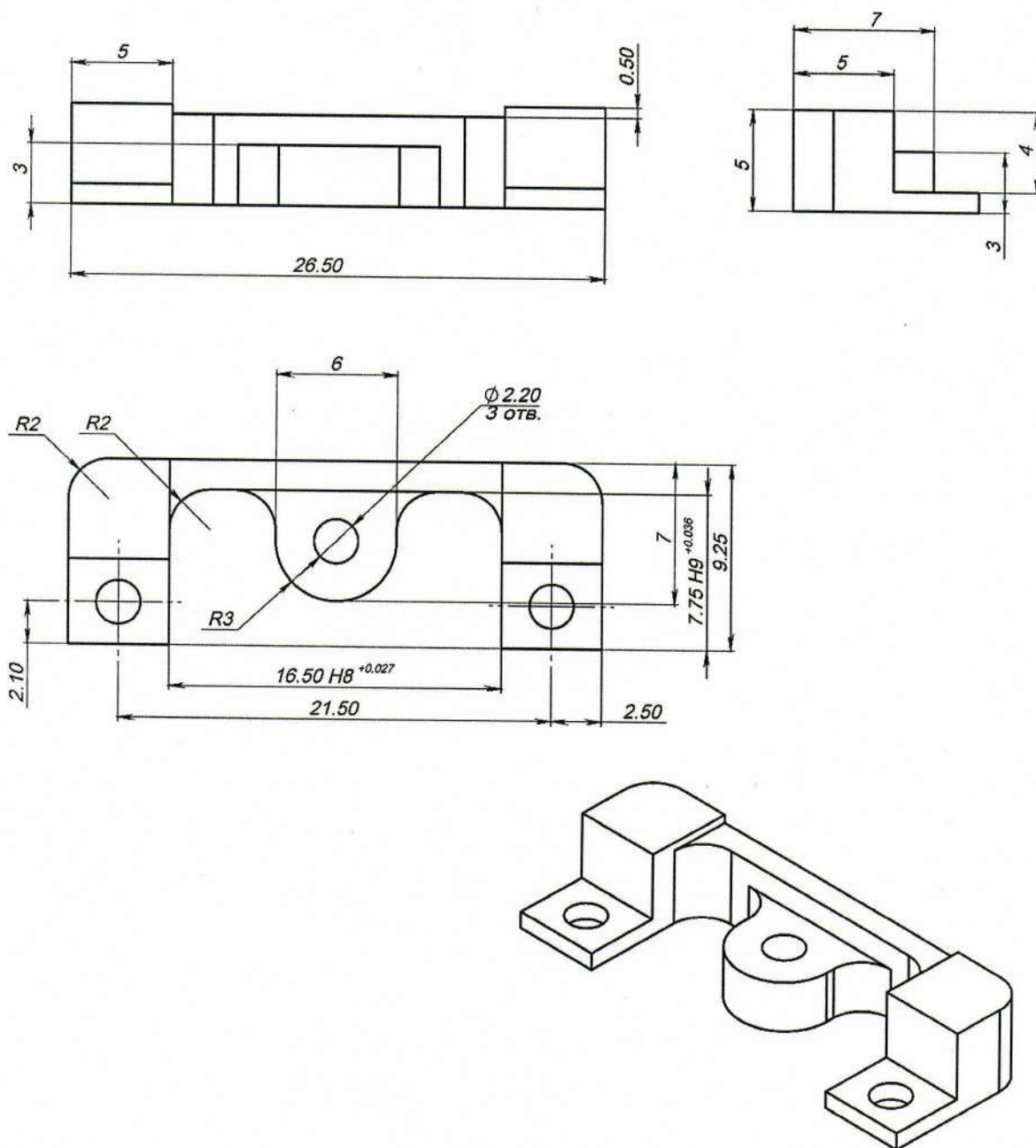


Рисунок В.3 – Чертеж перемычки

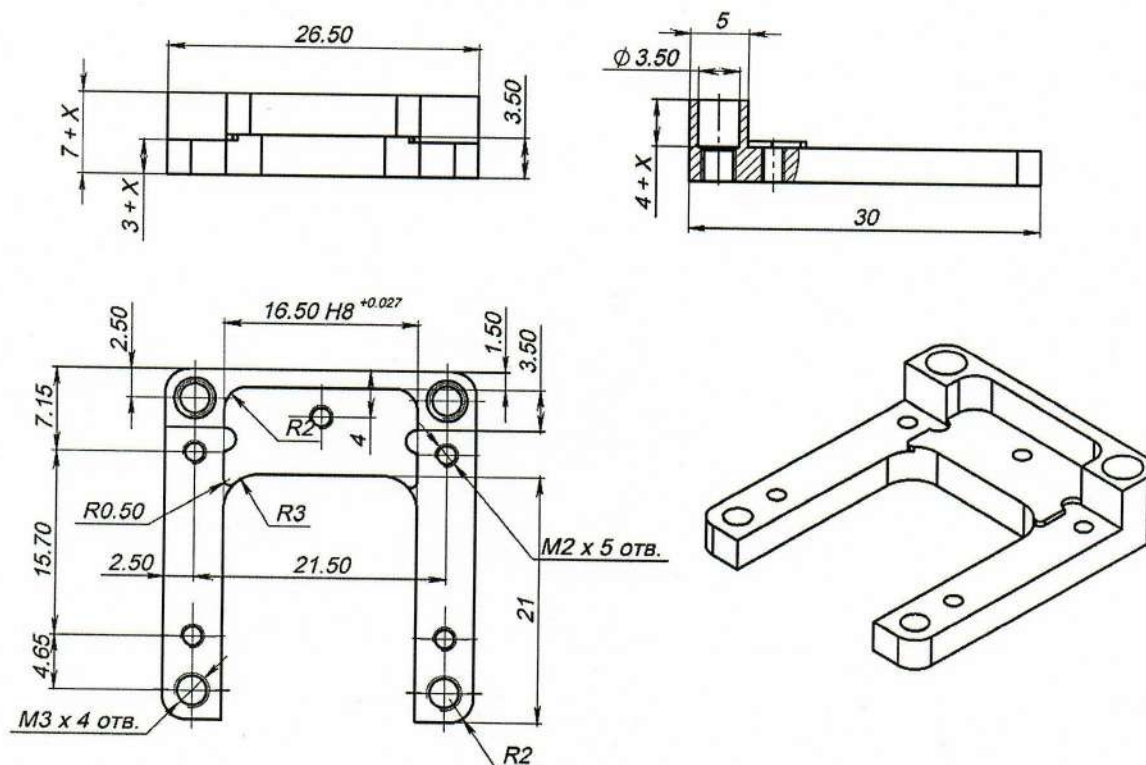


Рисунок В.4 – Чертеж подложки

Примечание: X равен $\frac{1}{2}$ толщины центрального контакта перехода Э2-116/2, в плоскости печатной платы. Если X составляет 0,1 мм или менее, то при изготовлении не учитывать.

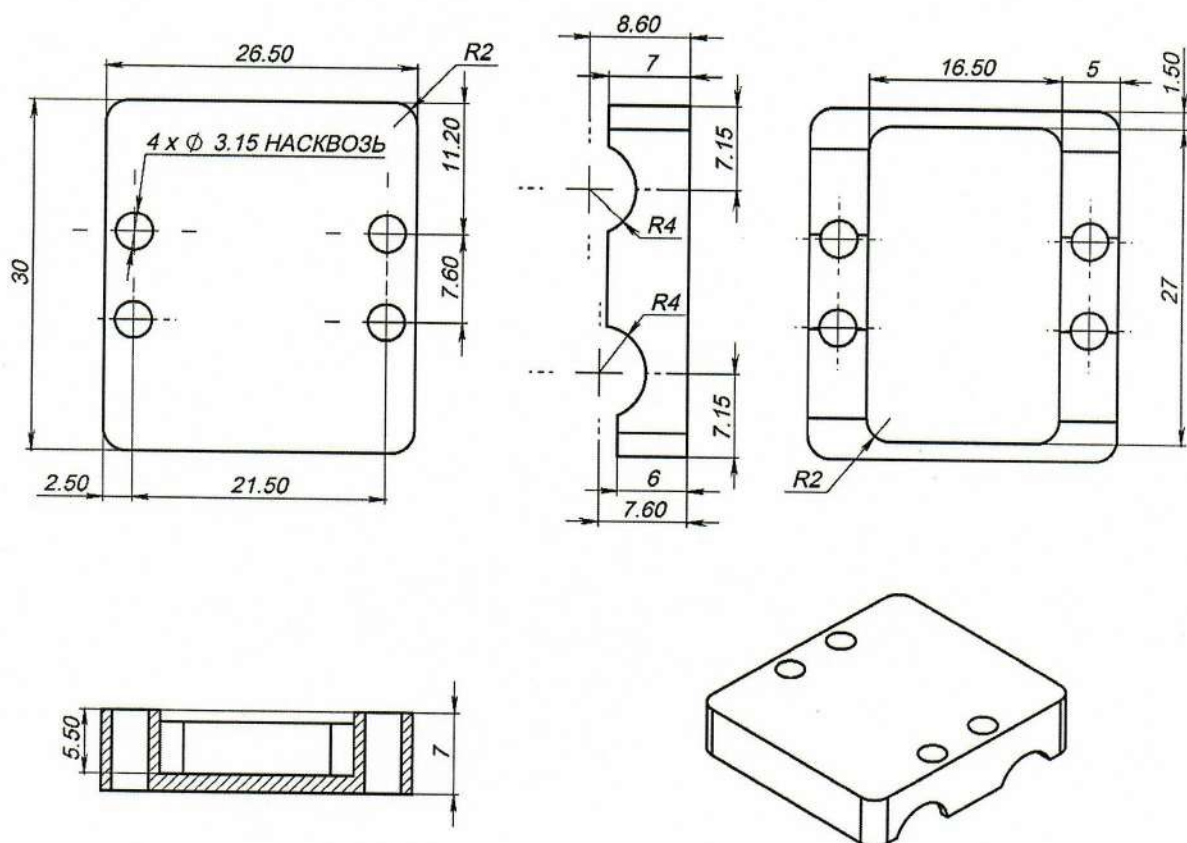


Рисунок В.5 – Чертеж нижней крышки

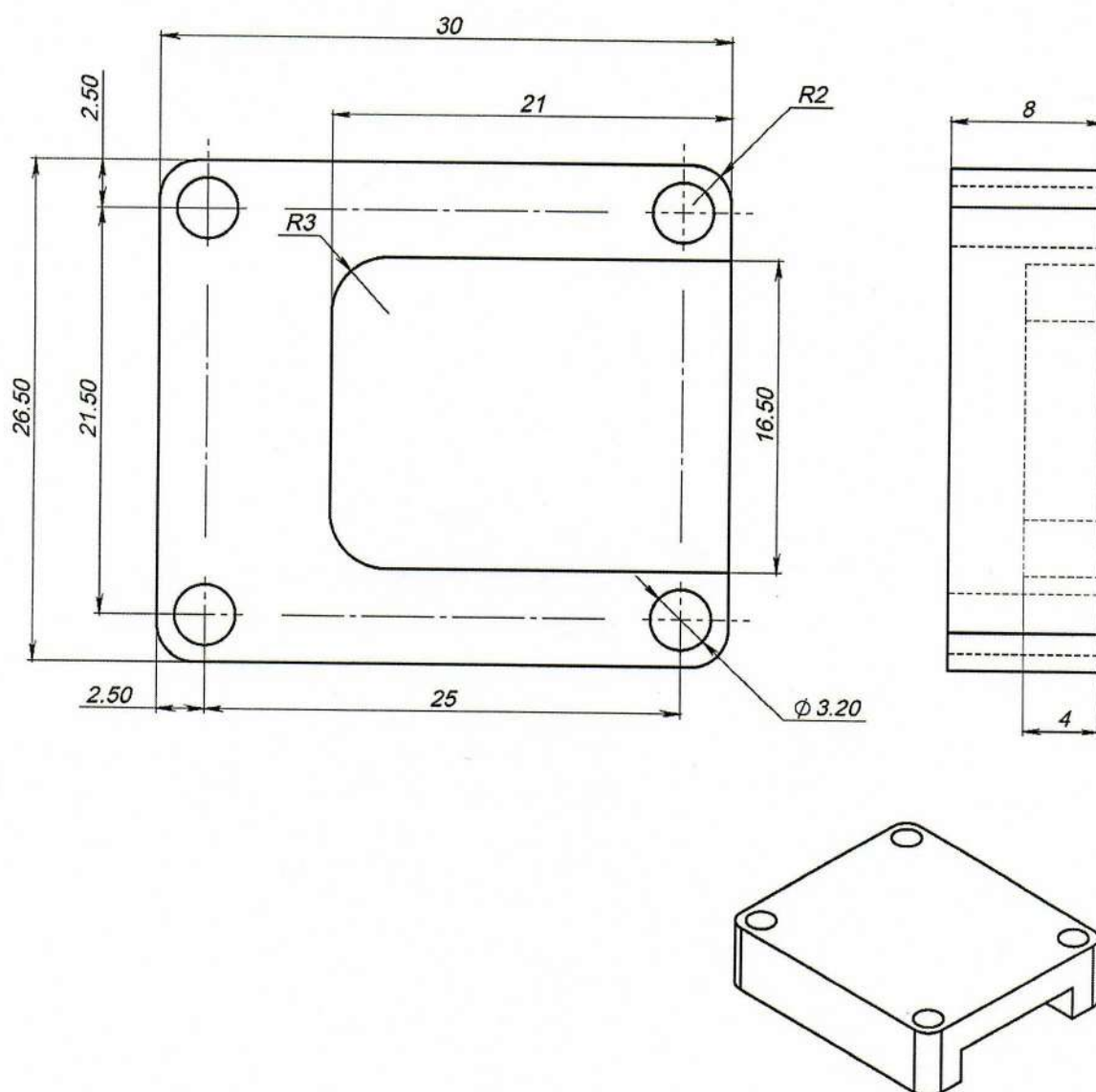


Рисунок В.6 – Чертеж верхней крышки

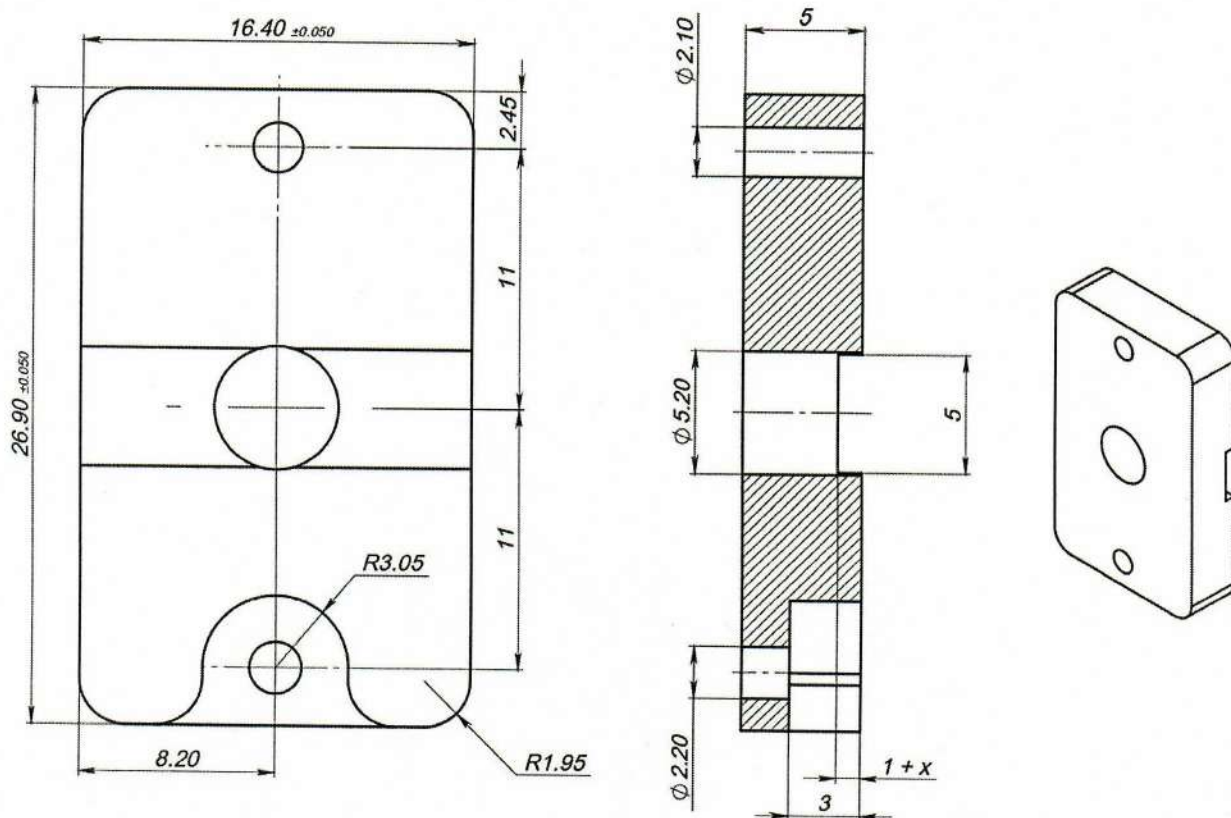


Рисунок В.7 – Чертеж вставки

Примечание: X равен толщине центрального контакта перехода Э2-116/2, в плоскости печатной платы. Если X составляет $0,2$ мм или менее, то при изготовлении не учитывать.

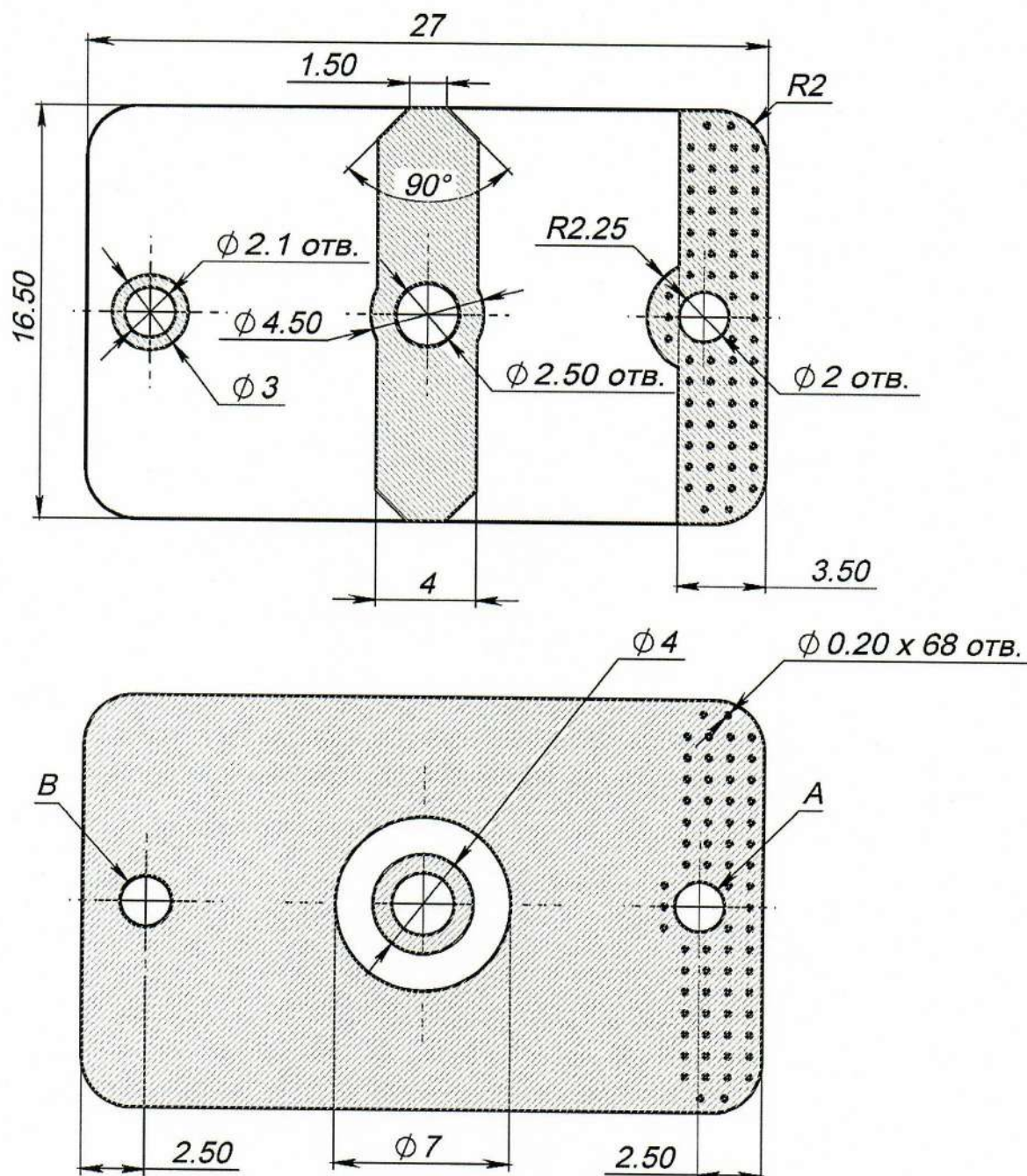


Рисунок В.8 – Чертеж печатной платы (все переходные отверстия металлизированные)

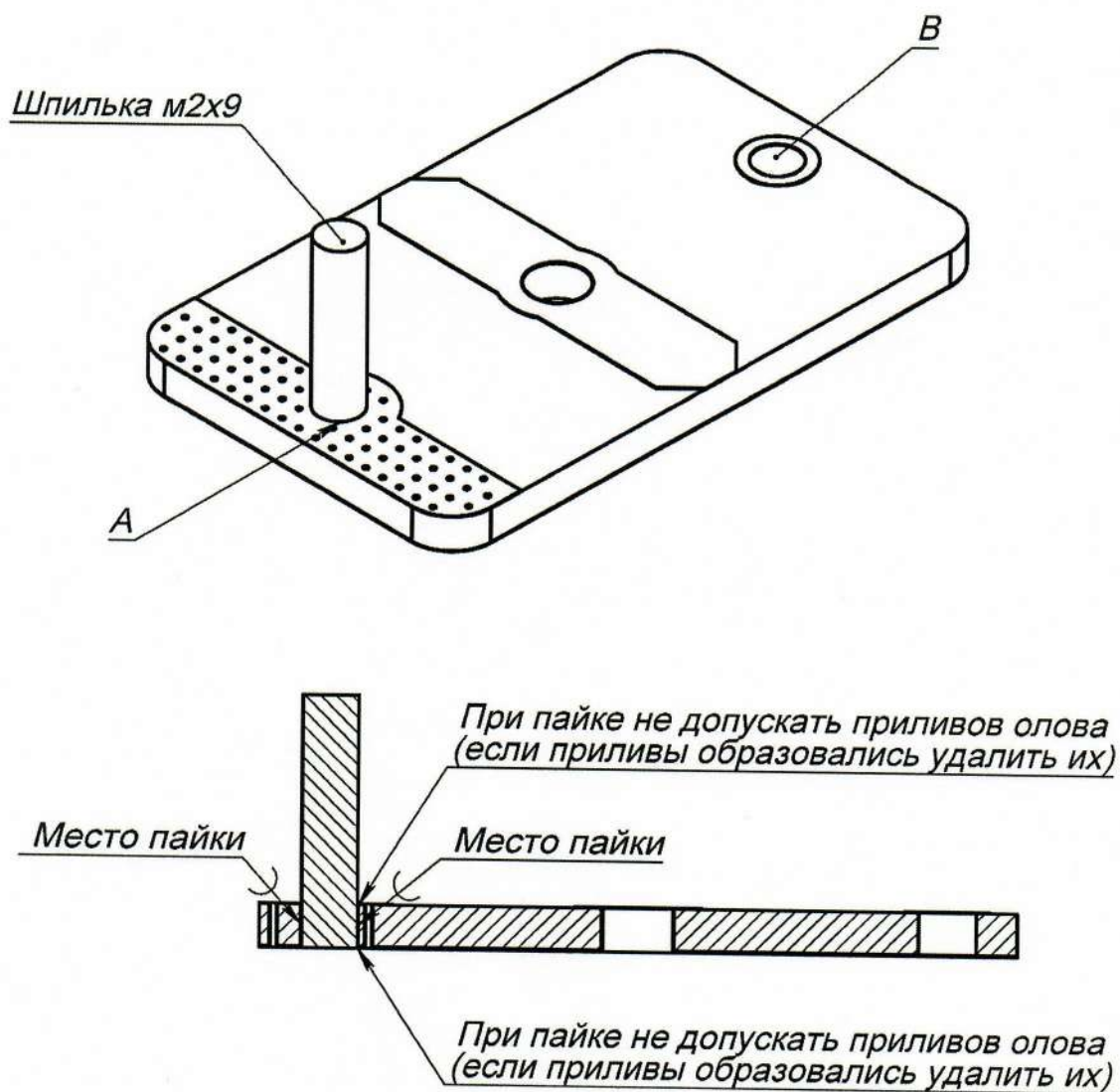


Рисунок В.9 – Сборочный чертеж печатной платы

Таблица В.1 – Список крепежных элементов

Место установки	Тип	Материал	Размеры	Кол-во, шт.
Переходы коаксиально-полосковые	Винт ISO7045	Латунь	M2×8	4
Нижняя крышка	Винт ISO7380	Нержавеющая сталь	M3×10	4
Печатная плата	Винт ISO7045	Латунь	M2×10	1
	Шпилька	Латунь	M2×9	1
	Гайка DIN934	Латунь	M2	1
Верхняя крышка	Винт ISO7380	Нержавеющая сталь	M3×25	4
	Пружина сжатия	Сталь	0,8×4,7×15	4