

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель службы качества

ФГУП «ВНИИОФИ»



Н.П. Муравская

2017 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ДЕЛИТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ НАПРЯЖЕНИЯ ДН-20

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 043.М12-17

Главный метролог

ФГУП «ВНИИОФИ»


С.Н. Негода

« 12 » 10 2017 г.

Москва 2017

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на делитель импульсов напряжения ДН-20 с заводским номером 01 (далее по тексту – делитель) производства общества с ограниченной ответственностью КБ СКАТ (г. Жуковский, Московская область, Россия) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Делитель предназначен для ослабления импульсного электрического напряжения в коаксиальном тракте пропорционально коэффициенту преобразования.

1.2 Интервал между поверками – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции первичной и периодической поверок

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведении операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	Да	Да
Опробование	8.2	Да	Да
Определение коэффициента преобразования	8.3	Да	Да
Расчет относительной погрешности коэффициента преобразования	8.4	Да	Да
Определение максимального значения амплитуды импульсов на входе	8.5	Да	Да
Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.6	Да	Да
Расчет относительной погрешности времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды	8.7	Да	Да

2.2 При получении отрицательных результатов хотя бы одной операции поверка прекращается.

2.3 Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

2.4 Метрологические характеристики по таблице 1 допускается определять не в полном объеме, при этом поверка проводится по сокращенной программе. Объем поверочных работ определяется совместным решением (или по договоренности) между заказчиком и исполнителем проведения работ.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении первичной и периодической поверок должны быть использованы средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства для проведения первичной и периодической поверок

Номер пункта методики	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение НД, регламентирующего метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Основные технические и (или) метрологические характеристики
8.2-8.7	1 Генератор импульсов высокого напряжения ступенчатой формы ГИВН	Максимальная амплитуда воспроизводимых импульсов высокого напряжения с длительностью фронта импульса не более 2 нс на уровне от 0,1 до 0,9 от установившегося значения и длительностью импульса на уровне 0,5 от установившегося значения не менее 500 нс – не менее 15 кВ, относительная погрешность воспроизведения амплитуды импульсов не более 4,0 %, длительности фронта не более 10 %.
	2 Осциллограф цифровой TDS 784D	Полоса пропускания 1 ГГц; диапазон коэффициента отклонения от 1 мВ/дел. до 10 В/дел.; диапазон коэффициента развертки от 200 пс/дел до 10 с/дел; пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения: $\pm 1\%$; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения временных интервалов $\pm (25 \cdot 10^{-6} \cdot T_{\text{изм}} + 0,15 / (F \cdot 10^{-3}))$, где $T_{\text{изм}}$ – измеряемый временной интервал, нс, F – частота дискретизации, МГц; входное сопротивление 50 Ом/1 МОм.
	3 Вольтметр В7-54/3	Диапазон измерений сопротивления постоянному току от 1 МОм до 20 МОм; пределы допускаемой основной погрешности измерений сопротивления постоянному току: $\pm (0,0085 + 3 \text{ ед. мл. разр.})$ до 200 кОм, $\pm (0,023 + 4 \text{ ед. мл. разр.})$ от 200 кОм до 2 МОм, $\pm (0,035 + 10 \text{ ед. мл. разр.})$ от 2 МОм до 20 МОм; максимальное напряжение, создаваемое на измеряемом сопротивлении не более 6 В (до 2 кОм).
	4 Генератор импульсов И1-15	Длительность фронта импульсов между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, не более 0,25 нс; длительность импульсов не менее 10 мкс; неравномерность вершины не более 2 %; погрешность установления амплитуды не более $\pm 10\%$; амплитуда выходных импульсов на нагрузке 50 Ом, не менее 10 В.

8.2-8.7	Согласующее устройство (вспомогательное средство)	Сопротивление постоянному току (150 ± 1) Ом, мощность рассеяния не менее 0,5 Вт.
---------	---------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

3.2 Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

3.3 Средства измерений, указанные в таблице 2, должны быть исправны, поверены и аттестованы в установленном порядке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К поверке делителя допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и руководство по эксплуатации делителя, имеющие удостоверение квалификационной группы на право работы с электроустановками напряжением свыше 1000 В соответствии с Правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н), прошедшие обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные Правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н). Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям испытаний для легких физических работ.

5.2 Система электрического питания приборов должна быть защищена от колебаний и выбросов сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи приборов.

5.3 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают условия, указанные в таблице 3.

Таблица 3

Нормируемая величина	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	от 18 до 35
Относительная влажность воздуха, не более, %	90
Атмосферное давление, кПа	от 96 до 104
Напряжение питания сети, В	от 200 до 240
Частота сети, Гц	от 49 до 51

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Перед проведением поверки необходимо убедиться в наличии средств поверки по таблице 2, укомплектованность их документацией и необходимыми элементами соединений.

7.2 Используемые средства поверки размещают, заземляют, соединяют и прогревают в соответствии с требованиями их технической документации. Поверяемые средства и средства поверки должны быть выдержаны в условиях, указанных в таблице 3, в течение 1 часа.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Проверяют наличие маркировки, подтверждающей тип и заводской номер делителя.

8.1.2 Проверяют комплектность делителя.

8.1.3 Убеждаются в отсутствии механических повреждений и ослаблений элементов конструкции делителя.

8.1.4 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если не обнаружены несоответствия комплектности, механические повреждения, ослабления элементов конструкции, неисправности соединителей.

8.2 Опробование

8.2.1 Входной соединитель делителя соединяют с входом «U/R» вольтметра В7-54/3. Вольтметр переводят в режим измерения сопротивления постоянному току и устанавливают предел измерений 0,2 кОм. Регистрируют входное сопротивление делителя $R_{вх}$, Ом.

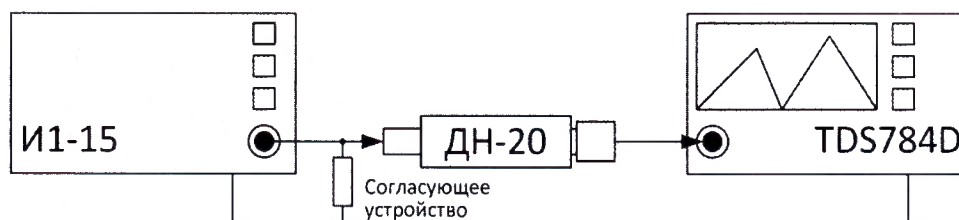


Рисунок 1 – Схема измерений при опробовании и определении коэффициента преобразования делителя

8.2.2 Собирают схему, показанную на рисунке 1.

Соединяют выход генератора импульсов И1-15 со входом делителя через согласующее устройство.

Выход делителя соединяют со входом осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают входное сопротивление осциллографа 50 Ом.

Устанавливают амплитуду выходных импульсов генератора $U_{И1-15} = 10$ В.

Регистрируют импульсы на экране осциллографа и измеряют их амплитуду $U_{вых}$, В.

По формуле (1) вычисляют коэффициент преобразования K_d , В·В⁻¹.

$$K_d = U_{И1-15} / U_{вых} \quad (1)$$

8.2.3 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если вычисленные значения входного сопротивления $R_{вх}$ и коэффициента преобразования K_d отличаются от указанных в паспорте значений не более чем на ± 10 %.

8.3 Определение коэффициента преобразования

8.3.1 Собирают схему, показанную на рисунке 1.

Соединяют выход генератора И1-15 со входом делителя через согласующее устройство.

Выход делителя соединяют со входом осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают входное сопротивление осциллографа 50 Ом.

Устанавливают амплитуду выходных импульсов генератора $U_{И1-15} = 10$ В.

Регистрируют импульсы на экране осциллографа и измеряют их амплитуду U_i , В, повторяют измерения 10 раз ($i = 1 \dots 10$).

Определяют среднее значение $U_{\text{вых}}$, В по формуле:

$$U_{\text{вых}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} U_i}{10}. \quad (2)$$

Вычисляют коэффициент преобразования $K_{п10}$, В·В⁻¹ по формуле:

$$K_{п10} = \frac{U_{И1-15}}{U_{\text{вых}}}. \quad (3)$$

Вычисляют среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования по формуле:

$$S_{Kп10} = \sqrt{\left(\frac{U_{И1-15}}{U_{\text{вых}}^2}\right)^2 \cdot S_{U_{\text{вых}}}^2 \cdot \frac{100\%}{K_{п10}}}, \quad (4)$$

где среднеквадратическое отклонение $S_{U_{\text{вых}}}$ вычисляют по формуле:

$$S_{U_{\text{вых}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_i - U_{\text{вых}})^2}{90}}. \quad (5)$$

8.3.2 Собирают схему, показанную на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема измерений при определении коэффициента преобразования делителя

Соединяют выход генератора импульсов высокого напряжения ГИВН со входом делителя через согласующее устройство.

Выход делителя соединяют со входом осциллографа Tektronix TDS 784D. Устанавливают входное сопротивление осциллографа 50 Ом.

Устанавливают амплитуду выходных импульсов генератора $U_{\text{ГИВН}} = 100$ В.

Регистрируют импульсы на экране осциллографа и измеряют их амплитуду U_i , В, повторяют измерения 10 раз ($i = 1 \dots 10$). Определяют среднее значение $U_{\text{вых}}$, В по формуле (2).

Вычисляют коэффициент преобразования $K_{п100}$, В·В⁻¹ по формуле:

$$K_{п100} = \frac{U_{\text{ГИВН}}}{U_{\text{ВЫХ}}}. \quad (6)$$

Вычисляют среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования по формуле (7):

$$S_{Kп100} = \sqrt{\left(\frac{U_{Г-2}}{U_{\text{ВЫХ}}}\right)^2 \cdot S_{U_{\text{ВЫХ}}}^2 \cdot \frac{100\%}{K_{п100}}}, \quad (7)$$

где среднеквадратическое отклонение $S_{U_{\text{ВЫХ}}}$ вычисляют по формуле (5).

8.3.3 Повторяют измерения по п. 8.3.2 устанавливая амплитуду выходных импульсов генератора ГИВН $U_{\text{ГИВН}} = 250$ В. Соответственно, вычисляют коэффициент преобразования $K_{п250}$ и среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования $S_{Kп250}$.

8.3.4 За результат измерений номинального значения коэффициента преобразования $K_{п}$ делителя принимают среднее значение результатов измерений:

$$K_{п} = \frac{K_{п10} + K_{п100} + K_{п250}}{3}. \quad (8)$$

Среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования принимается равным:

$$S_{Kп} = \max(S_{Kп10}, S_{Kп100}, S_{Kп250}). \quad (9)$$

8.3.5 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если значение коэффициента преобразования составляет $21,5 \text{ В} \cdot \text{В}^{-1}$.

8.4 Расчет пределов допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования

8.4.1 Доверительные границы случайной погрешности преобразования (коэффициента преобразования) при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 10$ независимых наблюдениях вычисляют по формуле:

$$\varepsilon = \pm 2,262 \cdot S_{Kп}, \quad (10)$$

8.4.2 Границы неисключенной систематической погрешности (НСП) преобразования (коэффициента преобразования) вычисляют по формуле:

$$\Theta_{Kп} = \pm (|\Theta_{\text{ген}}| + |\Theta_{\text{осц}}|), \quad (11)$$

где $\Theta_{\text{ген}}$ – погрешность установки выходной амплитуды возбуждающего генератора, $\Theta_{\text{осц}}$ – погрешность коэффициента отклонения осциллографа.

В качестве погрешности $\Theta_{\text{ген}}$ принимают значение $\Theta_{\text{ген}} = \max(\Theta_{\text{И1-15}}, \Theta_{Г-2})$, где $\Theta_{\text{И1-15}}$ – погрешность установки амплитуды выходных импульсов генератора И1-15 (в соответствии с паспортом или свидетельством о поверке), $\Theta_{\text{ГИВН}}$ – погрешность установки амплитуды выходных импульсов генератора ГИВН (в соответствии с паспортом или свидетельством о поверке).

8.4.3 Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования без учета знака вычисляют по формуле:

$$\delta_{Kп} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (12)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, вычисленный по формуле 15;

S_{Σ} – суммарное среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования.

Суммарное среднеквадратическое отклонение коэффициента преобразования вычисляют по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_{Kп}^2}, \quad (13)$$

где S_{Θ} – среднеквадратическое отклонение НСП, которое оценивают по формуле 14:

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{Kп}}{\sqrt{3}}. \quad (14)$$

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{Kп}}{S_{Kп} + S_{\Theta}}. \quad (15)$$

8.4.4 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования $\delta_{Kп}$ не превышают $\pm 7\%$.

8.5 Определение максимального значения амплитуды импульсов на входе

8.5.1 Основываясь на результатах измерений $K_{п250}$ и $S_{Kп250}$, полученных в п. 8.3.3 настоящей методики, вычисляют границы относительной погрешности преобразования аналогично п. 8.4. При этом в формулах 10 – 15 полагают $K_{п} = K_{п250}$, $S_{Kп} = S_{Kп250}$, а $\delta_{Kп} = \delta_{Kп250}$.

8.5.2 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если максимальное значение амплитуды импульсов на входе составляет 250 В и при этом пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента преобразования $\delta_{Kп250}$ не превышают $\pm 7\%$.

8.6 Определение времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

8.6.1 Собирают схему, показанную на рисунке 2.

Соединяют выход генератора импульсов высокого напряжения ГИВН со входом делителя через согласующее устройство.

Выход делителя соединяют со входом осциллографа Tektronix TDS784D. Устанавливают входное сопротивление осциллографа 50 Ом.

Устанавливают амплитуду выходных импульсов генератора $U_{Г-2} = 100$ В.

Регистрируют импульсы на экране осциллографа и измеряют их длительность фронта T_i , нс между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды, повторяют измерения 10 раз ($i = 1 \dots 10$).

Определяют среднее значение длительности фронта импульсов $T_{фр}$, нс по формуле 16:

$$T_{фр} = \frac{\sum_{i=1}^{10} T_i}{10}. \quad (16)$$

Вычисляют время нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды по формуле:

$$T_{ПХ} = \sqrt{T_{фр}^2 - T_{ген}^2 - T_{осц}^2}, \quad (17)$$

где $T_{\text{ген}}$ – длительность фронта импульса генератора импульсов ГИВН между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды (в соответствии с паспортом или свидетельством о поверке);

$T_{\text{осци}} = 0,36$ нс – время нарастания переходной характеристики осциллографа Tektronix TDS 784D между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды.

Вычисляют среднеквадратическое отклонение времени нарастания переходной характеристики по формуле:

$$S_{T_{\text{пх}}} = \sqrt{\left(\frac{T_{\text{фр}}}{\sqrt{T_{\text{фр}}^2 - T_{\text{ген}}^2 - T_{\text{осци}}^2}}\right)^2 \cdot S_{T_{\text{фр}}}^2 \cdot \frac{100\%}{T_{\text{пх}}}}, \quad (18)$$

где среднеквадратическое отклонение $T_{\text{фр}}$ вычисляют по формуле 19:

$$S_{T_{\text{фр}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (T_i - T_{\text{фр}})^2}{90}}. \quad (19)$$

8.6.2 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если время нарастания переходной характеристики $T_{\text{пх}}$ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды составляет не более 50 нс.

8.7 Расчет относительной погрешности времени нарастания переходной характеристики между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды

8.7.1 Доверительные границы случайной погрешности времени нарастания переходной характеристики при доверительной вероятности $P = 0,95$ и $n = 10$ независимых наблюдениях вычисляют по формуле:

$$\varepsilon_{T_{\text{пх}}} = \pm 2,262 \cdot S_{T_{\text{пх}}}, \quad (20)$$

8.7.2 Границы неисключенной систематической погрешности (НСП) времени нарастания переходной характеристики вычисляют по формуле:

$$\Theta_{T_{\text{пх}}} = \pm \left(|\Theta_{T_{\text{ген}}}| + |\Theta_{T_{\text{осци}}}| \right), \quad (21)$$

где $\Theta_{T_{\text{ген}}}$ – погрешность измерений длительности фронта выходных импульсов генератора импульсов ГИВН (в соответствии с паспортом или свидетельством о поверке), $\Theta_{T_{\text{осци}}}$ – погрешность измерений временных интервалов осциллографа Tektronix TDS78D (по паспорту или свидетельству о поверке).

8.7.3 Пределы допускаемой относительной погрешности времени нарастания переходной характеристики без учета знака вычисляют по формуле:

$$\delta_{T_{\text{пх}}} = K \cdot S_{\Sigma T_{\text{пх}}}, \quad (22)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, вычисленный по формуле 25;

$S_{\Sigma T_{\text{пх}}}$ – суммарное среднеквадратическое отклонение времени нарастания переходной характеристики.

Суммарное среднеквадратическое отклонение времени нарастания переходной характеристики вычисляют по формуле:

$$S_{\Sigma\text{Тпх}} = \sqrt{S_{\Theta\text{Тпх}}^2 + S_{\text{Тпх}}^2}, \quad (23)$$

где $S_{\Theta\text{Тпх}}$ – среднеквадратическое отклонение НСП, которое оценивают по формуле:

$$S_{\Theta\text{Тпх}} = \frac{\Theta_{\text{Тпх}}}{\sqrt{3}}. \quad (24)$$

$$K = \frac{\varepsilon_{\text{Тпх}} + \Theta_{\text{Тпх}}}{S_{\text{Тпх}} + S_{\Theta\text{Тпх}}}. \quad (25)$$

8.7.4 Делитель признается прошедшим операцию поверки, если пределы допускаемой относительной погрешности времени нарастания переходной характеристики $\delta_{\text{Тпх}}$ между уровнями от 0,1 до 0,9 от установившегося значения амплитуды не превышают $\pm 15\%$.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол (Приложение А).

9.2 Делитель, прошедший поверку с положительным результатом, признается годным и допускается к применению и эксплуатации. Выдается свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по п.п. 8.2 – 8.7 фактических значений метрологических характеристик и наносится знак поверки согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

9.3 Делитель, прошедший поверку с отрицательным результатом, признается непригодным, не допускается к применению и на него выдается извещение о непригодности с указанием причин. Свидетельство о предыдущей поверке и знак поверки аннулируют и выписывают «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015г.

Научный сотрудник
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.В. Сухов

ПРИЛОЖЕНИЕ А
к Методике поверки МП 043.М12-17
Делитель импульсов напряжения ДН-20

ПРОТОКОЛ
первичной / периодической поверки
от « ___ » _____ 201__ года

Средство измерений: Делитель импульсов напряжения ДН-20
наименование СИ, тип (если в состав СИ входит несколько автономных блоков,

то приводят их перечень (наименования) и типы с разделением знаком «косая дробь» /)

Зав. № _____
заводские номера блоков

Принадлежащее _____
наименование юридического лица, ИНН

Поверено в соответствии с методикой поверки «ГСИ. Делитель импульсного напряжения
наименование документа на поверку, кем утвержден,
 ДН-20. Методика поверки МП 043.М12-17», утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» «12» октября
 2017 г.

согласован, дата

С применением эталонов _____
наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность

При следующих значениях влияющих факторов _____
приводят перечень влияющих факторов, нормированных в методике поверки

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность воздуха, %, не более
- атмосферное давление, кПа
- напряжение питания сети, В
- частота сети, Гц

Получены результаты поверки метрологических характеристик

Характеристика	Результат	Требования методики поверки

Рекомендации _____
средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Исполнители _____
подписи, ФИО, должность