

УТВЕРЖДАЮ .

Директор

ФБУ «Нижегородский ЦСМ»

Ф.В. Балашов

«          » 2016 г.

(в части раздела 6 «Проверка прибора»)



УТВЕРЖДАЮ

Технический директор

ООО «ДСП-СОФТ»

А.А. Штернов

«          » 2016 г.



## ВАТТМЕТР ПОГЛОЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ

МЗ-116

Руководство по эксплуатации

Лист утверждения

ДСАН.411151.002РЭ-ЛУ

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

2016

## 6 Поверка ваттметра

### 6.1 Общие сведения

6.1.1 Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки ваттметра.

6.1.2 Периодичность поверки – один раз в год.

### 6.2 Операции и средства поверки

6.2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 6.1, применены средства поверки и вспомогательное оборудование с характеристиками, указанными в таблицах 6.2 и 6.3.

Таблица 6.1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта	Обязательность проведения операции при:	
		выпуске из производства и после ремонта	эксплуатации и хранении
Внешний осмотр	6.8.2	Да	Да
Опробование	6.8.3	Да	Да
Проверка геометрических размеров коаксиального соединителя	6.8.3.2	Да	Да
Подтверждение соответствия ПО	6.8.3.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик:			
- коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН)	6.8.4.1	Да	Да
- погрешности измерения мощности	6.8.4.2	Да	Да

Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ДСАН.411151.002РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		18

Таблица 6.2 – Средства поверки

Наименование СИ	Тип СИ	Используемые основные технические характеристики СИ	Пункт методики	Примечание
Генератор сигналов	Agilent E8257D	Диапазон частот от 0,02 до 17,85 ГГц; выходная мощность 100 мВт погрешность установки уровня мощности $\pm 0,8$ дБ	6.8.4.2	
Анализатор цепей скалярный	P2M-18A	Диапазон частот от 0,02 до 17,85 ГГц; погрешность измерения в пределах $\pm(2,4 \cdot K + 1)$ , % (K – значение измеряемого КСВН)	6.8.4.1	
Установка для поверки ваттметров	СВЧ УПВ-1	Диапазон частот от 0,02 до 17,85 ГГц; пределы измерения мощности от 0,001 до 100 мВт; погрешность измерения в пределах $\pm 1,8$ %	6.8.4.2	
Комплект для измерения соединителей коаксиальных	КИСК-7	По ГОСТ 13317	6.8.3.2	

**Примечания**

- 1 Допускается проведение поверки с применением средств поверки, не указанных в таблице, но обеспечивающих определение и контроль метрологических характеристик поверяемых счётчиков с требуемой точностью.
- 2 Средства поверки должны быть поверены и иметь действующий знак поверки

6.2.2 Поверку прекращают при получении отрицательного результата любой операции.

6.3 Организация рабочего места

6.3.1 Размещают ваттметр на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

6.3.2 На рабочем месте должен быть комплект документации на СИ, включающий настоящее руководство по эксплуатации.

6.4 Требования к квалификации поверителей.

Поверитель, непосредственно осуществляющий поверку, должен быть аттестован на право проведения поверки средств измерений и иметь допуск к работе с напряжением до 1000 В.

Поверитель должен иметь опыт работы на персональной ЭВМ типа IBM PC.

Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изн.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДСАН.411151.002РЭ	Лист
						19

## 6.5 Требования безопасности

6.5.1 Перед началом работы необходимо внимательно изучить руководство по эксплуатации, а также ознакомиться с расположением и назначением органов управления и контроля на виртуальной панели программы “Power Meter 1.0” на экране монитора персонального компьютера.

6.5.2 Настоящее руководство по эксплуатации содержит информацию и предупреждения, которыми потребитель должен руководствоваться для обеспечения надежной работы ваттметра и сохранения его в исправном состоянии.

6.5.3 Необходимо заземлять все приборы, применяемые при поверке. Заземление производить раньше других присоединений, отсоединение заземления – после всех отсоединений.

## 6.6 Условия поверки

6.6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С ..... 20±5;
- относительная влажность окружающего воздуха, % ..... от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) ..... от 84 до 106 (от 630 до 795);
- напряжение сети питания частотой (50 ± 1) Гц  
и содержанием гармоник до 5 %, В .....220±4,4.

## 6.7 Подготовка к поверке

6.7.1 До проведения поверки необходимо ознакомиться с назначением органов управления, подключения и индикации ваттметра, а также с правилами проведения измерений, приведенными в разделе 5.

6.7.2 Определение метрологических характеристик необходимо проводить после времени установления рабочего режима поверяемого ваттметра и средств поверки.

## 6.8 Проведение поверки ваттметра

6.8.1 Поверку проводят в соответствии с перечнем операций, указанным в таблице 6.1.

### 6.8.2 Внешний осмотр

При внешнем осмотре ваттметра должно быть установлено:

- наличие и сохранность знака поверки;
- наличие комплекта ваттметра согласно таблице 3.1;
- отсутствие внешних механических повреждений высокочастотных соединителей и соединительных кабелей.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата
-------------	----------------	--------------	-------------	----------------

					<b>ДСАН.411151.002РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

Результаты осмотра считают удовлетворительными, если установлено наличие и сохранность знака поверки, комплект ваттметра соответствует таблице 3.1, отсутствуют механические повреждения высокочастотных соединителей и соединительных кабелей.

### 6.8.3 Опробование

6.8.3.1 При опробовании производят подготовку ваттметра к работе в соответствии с руководством по эксплуатации. Проверяют возможность подключения к компьютеру, включение ваттметра.

После включения компьютер производит процедуру самодиагностики и определения серийного номера преобразователя ваттметра.

Проверяют работоспособность при выполнении измерительных функций, указанных в руководстве по эксплуатации (возможность установки предела измерений, переключение режимов измерений и др.).

Результаты опробования считают удовлетворительными, если при включении ваттметра устанавливается исходный режим.

При невыполнении любой операции опробования поверку прекращают, прибор направляют в ремонт.

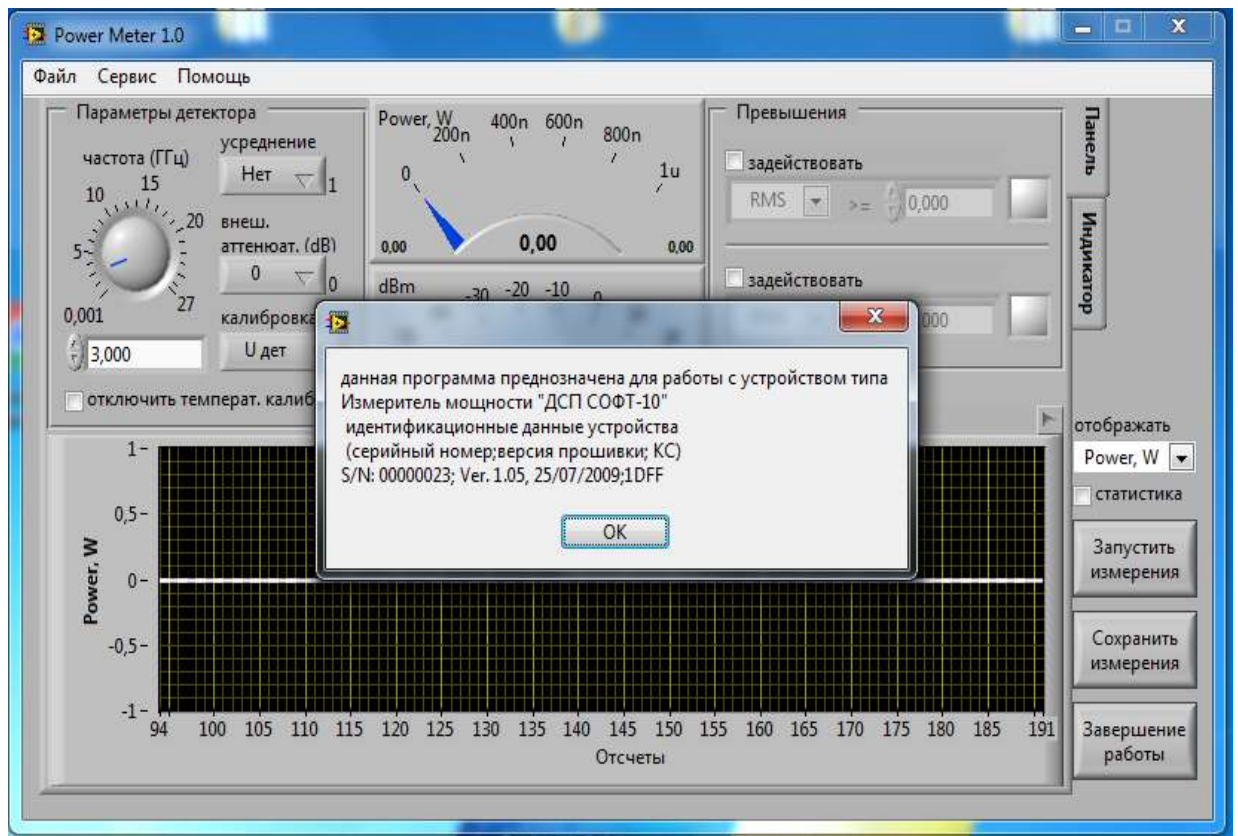
6.8.3.2 Определение геометрических размеров коаксиального соединителя 7/3,04 мм производится путем измерения с помощью комплекта для измерения соединителей коаксиальных КИСК-7 в соответствии с инструкцией по его эксплуатации.

Ваттметр признается годным, если измеренные значения геометрических размеров коаксиального соединителя находятся в пределах, указанных в ГОСТ 13317.

6.8.3.3 Подтверждение соответствия ПО производится нажатием кнопки «Помощь» на виртуальной панели ваттметра, во всплывающем окне появляется значение контрольной суммы 1DFF.

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

					<b>ДСАН.411151.002РЭ</b>	Лист
						21
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

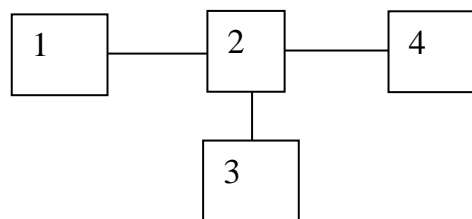


#### 6.8.4 Определение метрологических характеристик

##### 6.8.4.1 Определение коэффициента стоячей волны (КСВН) входа ваттметра

Определение КСВН входа ваттметра ( $КСВН_{вх}$ ) в диапазоне частот проводят в следующей последовательности:

- соединяют приборы по структурной схеме в соответствии с рисунком 6.1;



- 1 – блок генераторно-измерительный анализатора цепей скалярного P2M-18A;
- 2 – рефлектометр анализатора;
- 4 – индикатор анализатора;
- 5 – поверяемый ваттметр.

Рисунок 6.1 – Схема электрическая структурная подключения приборов при определении  $КСВН_{вх}$  ваттметра

Ив. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	
Ив. № дубл.	
Подпись и дата	

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
-----	------	-------------	---------	------

ДСАН.411151.002РЭ

Лист

22

- перед определением КСВН<sub>вх</sub> ваттметра калибруют прибор P2M-18A в соответствии с техническим описанием на него;

- измеряют КСВН<sub>вх</sub> в диапазоне от 0,02 до 17,85 ГГц, находят максимальное значение. Результаты поверки считают удовлетворительными, если КСВН<sub>вх</sub> ваттметра не более 1,4.

Неисправные ваттметры направляют в ремонт.

#### 6.8.4.2 Определение погрешности измерения мощности синусоидальных сигналов

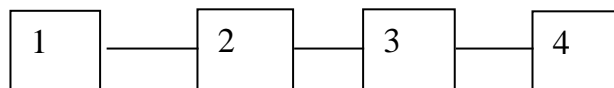
6.8.4.2.1 Определение погрешности измерения мощности проводят путем измерений и вычисления частных составляющих пределов допускаемой основной погрешности измерения мощности и их суммированием в соответствии с ГОСТ 8.569.

Для этого:

- вычисляют случайную составляющую основной погрешности измерения мощности  $\Delta_{сл}$ ;
- вычисляют погрешность измерения за счет нелинейности коэффициента преобразования преобразователя в динамическом диапазоне входных уровней  $\delta_{i1}$ ;
- вычисляют составляющую погрешности измерения за счет неравномерности коэффициента преобразования преобразователя в диапазоне частот  $\delta_{1j}$ ;
- вычисляют погрешность измерения, возникающую за счет рассогласования входа преобразователя  $\Delta_p$ ;
- вычисляют пределы допускаемой основной погрешности измерения мощности  $\delta_{ij}$ .

6.8.4.2.2 Случайную погрешность поверки  $\Delta_{сл}$  определяют непосредственным сравнением с рабочим эталоном проходящей мощности. Проверку проводят при опорном уровне мощности  $P_1 = 1$  мВт на опорной частоте  $f_1 = 1$  ГГц. При этом выполняют следующие операции:

- соединяют приборы по структурной схеме в соответствии с рисунком 8;



- 1 - генератор сигналов Agilent E8257D;
- 2 - установка для поверки ваттметров СВЧ УПВ-1;
- 3 - поверяемый ваттметр;
- 4 - персональный компьютер поверяемого ваттметра.

Рисунок 6.2 – Схема электрическая структурная подключения приборов при определении пределов допускаемой основной погрешности измерения мощности

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

					ДСАН.411151.002РЭ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		23

- запускают на компьютере программу “Power Meter 1.0”;
- нажимают на виртуальной панели ваттметра на компьютере кнопку “Запустить измерения” и в окне “отобразить” выбирают “Power, W”, на кнопке “Усреднение” выбирают “Нет”, на кнопке “внеш. аттенюат.” выбирают “0”, на кнопке “Калибровка” выбирают “один тон”;
- присоединяют ваттметр к выходу установки для поверки ваттметров СВЧ УПВ-1;
- устанавливают на генераторе частоту  $f_1 = 1$  ГГц и уровень мощности  $P_1 = 1$  мВт;
- устанавливают на генераторе режим непрерывной генерации;
- на виртуальной панели ваттметра ручкой “Частота” или в окне под ручкой устанавливают частоту 1 ГГц;
- одновременно отсчитывают показания поверяемого ваттметра  $P_{п}$  и установки СВЧ УПВ-1  $P_0$ ;
- выключают мощность СВЧ и определяют отношение результатов измерений  $P_{п}/P_0$ ;
- повторяют определение отношения  $P_{п}/P_0$  несколько раз (не менее четырех) и рассчитывают среднее арифметическое значение по формуле

$$(P_{п}/P_0)_{ср} = \frac{\sum_{a=1}^n (P_{п}/P_0)_a}{n}, \quad (6.1)$$

где  $n$  - число наблюдений,  $n \geq 4$ .

- случайную погрешность проверки  $\Delta_{сл}$  рассчитывают по формуле

$$\Delta_{сл} = \pm 0,5 \cdot \frac{(P_{п}/P_0)_{макс} - (P_{п}/P_0)_{мин}}{(P_{п}/P_0)_{ср}} \cdot \mu_n \quad (6.2)$$

где  $(P_{п}/P_0)_{макс}$  и  $(P_{п}/P_0)_{мин}$  - максимальное и минимальное значения отношения  $P_{п}/P_0$  из  $n$  наблюдений, необходимых для обеспечения требуемого значения  $\Delta_{сл}$ ;

$\mu_n$  - коэффициент, зависящий от числа наблюдений  $n$  и определяемый по таблице 6.3.

Таблица 6.3

Обозначение коэффициента	Значение для числа наблюдений n							
	3	4	5	6	8	10	15	25
$\mu_n$	1	0,73	0,58	0,48	0,37	0,31	0,22	0,18

Погрешность  $\Delta_{сл}$  должна находиться в пределах  $\pm 1,2$  %. Если  $\Delta_{сл}$  превышает 1,2 %, увеличивают число наблюдений  $n$ .

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДСАН.411151.002РЭ	Лист
						24

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДСАН.411151.002РЭ	Лист
						24



6.8.4.2.3 Определяют составляющую основной погрешности ваттметра  $\delta_{i1}$ , %, зависящую от уровня мощности, для каждого  $i$  – го из  $b$  ( $b = 7$ ) уровней мощности  $P_i$ , равных 1; 0,95; 0,1; 0,095; 0,01; 0,0095; 0,001; 0,0005 мВт на опорной частоте 1 ГГц.

При этом выполняют следующие операции:

- соединяют приборы по структурной схеме в соответствии с рисунком 6.2;
- присоединяют ваттметр к выходу установки СВЧ УПВ-1;
- устанавливают значение частоты генератора Agilent E8257D равным 1 ГГц;
- устанавливают на генераторе режим непрерывной генерации;
- на виртуальной панели ваттметра ручкой “Частота” или в окне под ручкой устанавливают частоту 1 ГГц;
- устанавливают требуемый уровень мощности  $P_i$ ;
- одновременно отсчитывают показания поверяемого ваттметра  $P_{\Pi i}$  и установки СВЧ УПВ-1  $P_{0i}$ ;
- выключают мощность СВЧ, определяют отношения результатов измерений  $(P_{\Pi}/P_0)_i$ ;
- повторяют определение отношения  $(P_{\Pi}/P_0)_i$  несколько раз ( $n$ ) и рассчитывают среднее арифметическое значение  $(P_{\Pi}/P_0)_i$  по формуле

$$(P_{\Pi}/P_0)_{срi} = \frac{\sum_{i=1}^b (P_{\Pi}/P_0)_i}{b}; \quad (6.3)$$

- рассчитывают составляющую основной погрешности ваттметра, зависящую от уровня мощности  $\delta_{i1}$  по формуле

$$\delta_{i1} = [(P_{\Pi}/P_0)_{срi} - 1] \cdot 100, \%. \quad (6.4)$$

6.8.4.2.4 Определяют составляющую основной погрешности за счет рассогласования  $\Delta_p$ , %, по формуле

$$\Delta_p = 2 \cdot |\Gamma_3| \cdot |\Gamma_{\Pi}| \cdot 100, \quad (6.5)$$

где  $|\Gamma_3|$  - модуль эффективного коэффициента отражения выхода рабочего эталона (ваттметра проходящей мощности), отградуированного в значениях мощности, падающей на согласованную нагрузку;

$|\Gamma_{\Pi}|$  - модуль коэффициента отражения входа поверяемого ваттметра, определяемый по формуле

$$|\Gamma_{\Pi}| = \frac{K-1}{K+1},$$

где  $K$  - КСВН входа поверяемого ваттметра.

Ив. № подл.	Подпись и дата
	Взам. инв. №
	Ив. № дубл.
	Подпись и дата

					ДСАН.411151.002РЭ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

6.8.4.2.5 Определяют составляющую основной погрешности ваттметра  $\delta_{j1}$ , %, зависящую от частоты, на опорном уровне мощности, равном 1 мВт, и на  $m$  частотах  $f_j$ , равных 0,02; 0,5; 10; 12; 17,85 ГГц. Соединение приборов соответствует рисунку 6.2.

При этом выполняют следующие операции:

- присоединяют ваттметр к выходу установки СВЧ УПВ-1;
- устанавливают уровень мощности генератора Agilent E8257D равным 1 мВт;
- устанавливают требуемую частоту  $f_j$  на генераторе Agilent E8257D;
- устанавливают на генераторе режим непрерывной генерации;
- на виртуальной панели ваттметра ручкой “Частота” или в окне под ручкой устанавливают частоту измеряемого сигнала  $f_j$ ;
- одновременно отсчитывают показания поверяемого ваттметра  $P_{пj}$  и установки СВЧ УПВ-1  $P_{0j}$ ;
- выключают мощность СВЧ, определяют отношения результатов измерений  $(P_{п}/P_0)_j$ ;
- повторяют определение отношения  $(P_{п}/P_0)_j$  несколько раз ( $n$ ) и рассчитывают среднее арифметическое значение отношения результатов измерений поверяемым ваттметром и установкой СВЧ УПВ-1 для  $m$  частот  $f_j$  по формуле

$$(P_{п}/P_0)_{срj} = \frac{\sum_{a=1}^m (P_{п}/P_0) a_j}{m}, \quad (6.6)$$

- рассчитывают составляющую основной погрешности измерителя, зависящую от уровня мощности  $\delta_{1j}$  по формуле

$$\delta_{1j} = [(P_{п}/P_0)_{срj} - 1] \cdot 100, \%, \quad (6.7)$$

- находят максимальное значение  $\delta_{1j}$ .

6.8.4.2.6 Для каждого из  $(b + m)$  результатов определяют погрешность  $\Delta$ , %, по формуле

$$\Delta = \pm \left( \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2} + \gamma \cdot \Delta_p \right), \quad (6.8)$$

где  $\Delta_{сл}$  - случайная погрешность;

$\Delta_1$  - предел допускаемой погрешности рабочего эталона;

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

					ДСАН.411151.002РЭ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

$\gamma$  - коэффициент, зависящий от соотношения

$$\frac{3 \cdot \Delta_p}{\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2}} \quad (6.9)$$

и определяемый по таблице 6.4.

Таблица 6.4

Значение параметра	При значении соотношения $\frac{3 \cdot \Delta_p}{\sqrt{\Delta_{сл}^2 + \Delta_1^2}}$							
	0	1	2	4	6	8	10	$\infty$
$\gamma$	0	0,53	0,70	0,85	0,93	0,97	0,98	1,0

Расчетное значение погрешности поверки должно находиться в пределах  $\pm 4,8\%$ .

6.8.4.2.7 Значения основной погрешности  $\delta_{ij}$ , %, для каждой  $j$  – й из  $m$  частот и на каждом  $i$  – м из  $b$  уровней мощности рассчитывают по формуле

$$\delta_{ij} = \delta_{i1} + \delta_{1j} - \delta_{11}, \quad (6.10)$$

где  $\delta_{11}$  - значение погрешности на опорном уровне при опорной частоте сигнала.

Всего определяют  $b \cdot m$  значений основной погрешности  $\delta_{ij}$ .

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни одно из  $b \cdot m$  значений  $|\delta_{ij}|$  не превышает пределов допускаемой основной погрешности.

Неисправный ваттметр направляют в ремонт.

#### 6.9 Оформление результатов поверки

6.9.1 Результаты поверки оформляются в порядке, установленном метрологической службой, которая осуществляет поверку, в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815.

6.9.2 Если прибор по результатам поверки признан пригодным к применению, то на него наносится знак поверки и выдается свидетельство о поверке или делается запись в формуляре, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки.

6.9.3 В случае отрицательных результатов поверки прибор признают непригодным к применению и направляют в ремонт. Свидетельство о поверке аннулируется, выписывается извещение о непригодности к применению и вносится запись о непригодности в формуляр.

6.9.4 Критерием предельного состояния прибора является невозможность или нецелесообразность его ремонта.

Приборы, не подлежащие ремонту, изымают из обращения и эксплуатации.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ДСАН.411151.002РЭ	Лист
						27