

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «21» ноября 2023 г. № 2415

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ГАЗОВ
И ТЕМПЕРАТУРЫ КОНДЕНСАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

1 Область применения

Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов (далее – ГПС) устанавливает порядок передачи единиц: относительной влажности газов – процент (%), молярной (объемной) доли влаги – миллионная доля (млн⁻¹), температуры точки росы/инея – градус Цельсия (°C), температуры конденсации углеводородов – градус Цельсия (°C) от государственного первичного эталона при помощи вторичных и рабочих эталонов средств измерений с указанием погрешностей и основных методов передачи единиц.

Графическая часть ГПС представлена в приложении А.

Допускается проводить поверку средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов с помощью вторичных или разрядных рабочих эталонов более высокой точности, чем предусмотрено настоящей поверочной схемой.

2 Термины, определения и обозначения

2.1 В настоящей ГПС применены термины с определениями в соответствии с РМГ 29 – 2013 и РМГ 75 – 2014, а также:

высокоточное средство измерений: Средство измерений, уровень точности которого сопоставим с уровнем точности вторичных или рабочих эталонов соответствующих единиц величин по ГПС, а также нормируемые диапазоны величин, влияющих на результат измерений этим средством измерений, выходят за нормируемые пределы тех же влияющих величин для существующих в эксплуатации вторичных или рабочих эталонов;

пределы допускаемых погрешностей вторичных эталонов: Пределы суммарной погрешности, образованной случайными погрешностями и НСП первичного и вторичного эталонов при передаче единицы величины от первичного эталона, погрешностью передачи единицы величины от первичного вторичному эталону (погрешность метода), а также нестабильностью вторичного эталона.

2.2 В настоящий ГПС применены следующие обозначения:

φ	– относительная влажность газа, %;
T_d	– температура точки росы/инея, °C;
T_c	– температура конденсации углеводородов (ТКУ), °C;
x_n	– молярная доля влаги, млн ⁻¹ ;
x_{nw}	– молярная доля влаги в состоянии насыщения, млн ⁻¹ ;
x_v	– объемная доля влаги, млн ⁻¹ ;
e_v	– давление чистого водяного пара, Па;
e_{vw}	– давление чистого насыщенного водяного пара, Па;
f_v	– повышающий коэффициент влажного газа;
n_v	– количество вещества водяного пара, моль;
n_a	– количество вещества сухого газа, моль;

V_v	– парциальный объем водяного пара, содержащегося во влажном газе, м ³ ;
V	– объем влажного газа, м ³ ;
P	– давление влажного газа, Па;
T	– температура влажного газа, °С;
S	– среднее квадратическое отклонение;
Θ	– неисключенная систематическая погрешность;
u_A	– неопределенность измерений по типу А;
u_B	– неопределенность измерений по типу В;

3 Государственный первичный эталон

3.1 Государственный первичный эталон предназначен для воспроизведения и хранения единиц относительной влажности газов, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/инея, температуры конденсации углеводородов, а также передачи указанных единиц с помощью вторичных и рабочих эталонов средствам измерений в целях обеспечения единства измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов.

3.2 В основу измерений величин влажности газов и температуры конденсации углеводородов должны быть положены единицы, воспроизводимые государственным первичным эталоном.

3.3 Государственный первичный эталон состоит из комплекса следующих средств измерений:

эталонный генератор влажного газа в области положительных температур термостатирования (реализующий метод двух давлений при воспроизведении единицы относительной влажности газа, метод фазового равновесия – при воспроизведении единиц температуры точки росы/инея и молярной (объемной) доли влаги);

эталонный генератор влажного газа в области отрицательных температур термостатирования (реализующий метод двух давлений при воспроизведении единицы относительной влажности газа, метод фазового равновесия – при воспроизведении единиц температуры точки росы/инея и молярной (объемной) доли влаги);

эталонный генератор влажного газа, реализующий метод фазового равновесия (воспроизведение единиц температуры точки росы/инея и молярной (объемной) доли сверхнизких концентраций влаги);

эталонный генератор температуры точки росы/инея и температуры конденсации углеводородов высокого давления (реализующий метод двух давлений и метод фазового равновесия);

пульт управления эталонными генераторами в области положительных и отрицательных температур термостатирования;

пульт управления эталонным генератором, реализующим метод фазового равновесия, и эталонным генератором в области отрицательных температур термостатирования;

пульт управления эталонным генератором температуры точки росы/иней и температуры конденсации углеводородов высокого давления;

комплекс аппаратуры и средств подготовки газа;

набор прецизионных гигрометров и гигрометров-компараторов для контроля стабильности работы эталонных генераторов и передачи единиц влажности газов и температуры конденсации углеводородов вторичным и рабочим эталонам (генераторам).

3.4 Государственный первичный эталон воспроизводит единицы влажности газов при температуре от минус 60 °С до плюс 90 °С, единицу температуры конденсации углеводородов при температуре от минус 60 °С до плюс 30 °С. Диапазон давления газа от атмосферного до $3 \cdot 10^4$ кПа.

3.5 Диапазон значений относительной влажности газов φ , в котором воспроизводится единица, составляет: от 5 % до 98 %.

Диапазон значений молярной доли влаги x_n , в котором воспроизводится единица, составляет от 0,1 до $700 \cdot 10^3$ млн⁻¹.

Диапазон значений температуры точки росы/иней T_d , в котором воспроизводится единица, составляет от минус 120 °С до плюс 90 °С (в том числе, в углеводородсодержащем газе: от минус 60 °С до плюс 30 °С).

Диапазон значений температуры конденсации углеводородов T_c , в котором воспроизводится единица, составляет от минус 60 °С до плюс 30 °С.

3.6 Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение и передачу следующих единиц:

относительной влажности газа (при реализации метода двух давлений) со средним квадратическим отклонением результата измерений S , не превышающим 0,05 % при 15 независимых измерениях; неисключенной систематической погрешностью Θ , не превышающей 0,1 % – при положительных и 0,2 % – при отрицательных температурах газа (при доверительной вероятности $P = 0,99$); стандартной неопределенностью воспроизведения, оцениваемой по типу А, u_A , не превышающей 0,05 % при 15 независимых измерениях; стандартной неопределенностью воспроизведения, оцениваемой по типу В, u_B , не превышающей 0,04 % – при положительных и 0,08 % – при отрицательных температурах; суммарной стандартной неопределенностью воспроизведения – от 0,06 % до 0,1 %;

молярной (объемной) доли влаги x_n со средним квадратическим отклонением результата измерений S_0 , не превышающим 0,3 % при 15 независимых измерениях; неисключенной систематической погрешностью Θ_0 – от 0,13 % до 1,4 % (при доверительной вероятности $P = 0,99$); стандартной неопределенностью воспроизведения, оцениваемой по типу А, u_{A0} , не превышающей 0,3 %; стандартной неопределенностью воспроизведения, оцениваемой по типу В, u_{B0} , от 0,05 % до 0,6 %; суммарной стандартной неопределенностью воспроизведения – от 0,3 % до 0,65 %;

температуры точки росы/иней T_d со средним квадратическим отклонением результата измерений S , не превышающим 0,05 °С при 15 независимых измерениях; неисключенной систематической погрешностью Θ (при

доверительной вероятности $P = 0,99$): - от $0,04\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$ для точки росы/иней от минус $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до плюс $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, не более $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$ для точки росы/иней от минус $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ до минус $60\text{ }^{\circ}\text{C}$; стандартной неопределенностью воспроизведения, оцениваемой по типу А, u_A , не превышающей $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$; стандартной неопределенностью воспроизведения, оцениваемой по типу В, u_B , от $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$; суммарной стандартной неопределенностью воспроизведения – от $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$;

температуры конденсации углеводородов T_c со средним квадратическим отклонением результата измерений S , не превышающим $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ при 15 независимых измерениях; неисключенной систематической погрешностью Θ от $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0,14\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при доверительной вероятности $P = 0,99$); стандартной неопределенностью воспроизведения, оцениваемой по типу А, u_A , не превышающей $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$; стандартной неопределенностью воспроизведения, оцениваемой по типу В, u_B , от $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$; суммарной стандартной неопределенностью воспроизведения – от $0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0,09\text{ }^{\circ}\text{C}$;

3.7 Для обеспечения воспроизведения единиц влажности газов с указанной точностью должны быть соблюдены правила содержания и применения эталона, утвержденные в установленном порядке.

3.8 Государственный первичный эталон применяют для передачи единиц относительной влажности газа, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/иней, температуры конденсации углеводородов вторичным эталонам, рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов, высокоточным средствам измерений методом сличений с помощью компаратора, методом прямых измерений и методом косвенных измерений (формулы взаимного пересчета величин влажности газов приведены в приложении Б).

4 Вторичные эталоны

4.1 В качестве вторичных эталонов применяют генераторы влажного газа и генераторы температуры конденсации углеводородов (ТКУ). Вторичные эталоны воспроизводят одну или несколько единиц, воспроизводимых государственным первичным эталоном в диапазоне:

относительной влажности газа от 0% до 100% ;

молярной (объемной) доли влаги от $0,1$ до $700 \cdot 10^3\text{ млн}^{-1}$;

температуры точки росы/иней от минус $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ до плюс $90\text{ }^{\circ}\text{C}$;

температуры конденсации углеводородов от минус $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до плюс $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2 Пределы допускаемых погрешностей вторичных эталонов, в зависимости от рабочей температуры и давления газа, а также диапазона измерений, составляют:

абсолютных погрешностей Δ относительной влажности газа от $\pm 0,25\%$ (включительно) до $\pm 0,5\%$ (не включительно);

относительных погрешностей Δ_o молярной (объемной) доли влаги от $1,0\%$ (включительно) до $2,0\%$ (не включительно);

абсолютных погрешностей Δ температуры точки росы/иней от $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (включительно) до $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (не включительно);

абсолютных погрешностей Δ температуры конденсации углеводородов от $\pm 0,15$ °C (включительно) до $\pm 0,25$ °C (не включительно).

4.3 Вторичные эталоны применяют для воспроизведения и передачи единиц относительной влажности газов, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/иней, температуры конденсации углеводородов: рабочим эталонам 1 и 2 разрядов, высокоточным гигрометрам и измерителям ТКУ - методом прямых измерений и сличением с помощью компаратора; рабочим эталонам 2 разряда, а также высокоточным гигрометрам и измерителям ТКУ - методом косвенных измерений (формулы взаимного пересчета величин влажности газов приведены в приложении Б).

4.4 Отношение пределов допускаемой суммарной погрешности вторичных эталонов и применяемого метода передачи (с учетом их корреляции) к пределам допускаемой погрешности рабочих эталонов и высокоточных средств измерений, не должно быть более 0,5 (1:2).

Для отдельных рабочих эталонов 1 разряда с малой нестабильностью метрологических характеристик, допускается увеличение отношения пределов допускаемой суммарной погрешности вторичных эталонов к пределам допускаемой погрешности рабочих эталонов 1 разряда путем применения варианта аттестации (поверки) способом отбраковки при подтверждении соответствия с защитной полосой в соответствии с МИ 3620-2019.

5 Рабочие эталоны

5.1 Рабочие эталоны 1-го разряда

5.1.1 В качестве рабочих эталонов 1-го разряда применяют генераторы влажного газа, генераторы ТКУ, гигрометры и измерители ТКУ в диапазоне измерений:

относительной влажности газа от 0 % до 100 %;

молярной (объемной) доли влаги от 0,1 до $700 \cdot 10^3$ млн⁻¹;

температуры точки росы/иней от минус 120 °C до плюс 90 °C;

температуры конденсации углеводородов от минус 60 °C до плюс 30 °C.

5.1.2 Пределы допускаемых погрешностей рабочих эталонов 1-го разряда, в зависимости от рабочей температуры и давления газа, а также диапазона измерений, составляют:

абсолютных погрешностей Δ относительной влажности газа от $\pm 0,5$ % (включительно) до $\pm 1,0$ % (не включительно);

относительных погрешностей Δ_o молярной (объемной) доли влаги от 2,0 % (включительно) до 4,0 % (не включительно);

абсолютных погрешностей Δ температуры точки росы/иней от $\pm 0,2$ °C (включительно) до $\pm 0,5$ °C (не включительно);

абсолютных погрешностей Δ температуры конденсации углеводородов от $\pm 0,25$ °C (включительно) до $\pm 0,5$ °C (не включительно).

5.1.3 Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для поверки рабочих эталонов 2-го разряда, гигрометров и измерителей ТКУ - методом прямых

измерений и сличением с помощью компаратора; гигрометров и измерителей ТКУ - методом непосредственного сличения и методом косвенных измерений (формулы взаимного пересчета величин влажности газов приведены в приложении Б).

Для реализации поверки средств измерений относительной влажности методом непосредственного сличения, в состав рабочего эталона 1-го разряда должна входить термостатированная камера (гигростат). При этом, метрологические характеристики рабочего эталона 1-го разряда должны быть оценены комплектно.

При реализации поверки средств измерений относительной влажности методом непосредственного сличения может применяться термостатированная камера (гигростат), аттестованная в качестве испытательного оборудования, с достижимыми значениями относительной влажности в соответствии с методикой поверки на поверяемый гигрометр, и имеющая градиенты относительной влажности по объему камеры и стабильность во времени относительной влажности не превышающие $1/3$ значения погрешности поверяемого гигрометра.

5.1.4 Отношение пределов допускаемой суммарной погрешности рабочих эталонов 1-го разряда и применяемого метода передачи (с учетом их корреляции) к пределам допускаемой погрешности рабочих эталонов 2-го разряда, а также средств измерений, не должно быть более 0,5 (1:2).

5.2 Рабочие эталоны 2-го разряда

5.2.1 В качестве рабочих эталонов 2-го разряда используются генераторы влажного газа, генераторы ТКУ, гигрометры и измерители ТКУ в диапазоне измерений:

относительной влажности газа от 0 % до 100 %;

молярной (объемной) доли влаги от 0,1 до $700 \cdot 10^3$ млн⁻¹;

температуры точки росы/инея от минус 120 °С до плюс 90 °С;

температуры конденсации углеводородов от минус 60 °С до плюс 30 °С.

5.2.2 Пределы допускаемых погрешностей рабочих эталонов 2-го разряда, в зависимости от рабочей температуры и давления газа, а также диапазона измерений, составляют:

абсолютных погрешностей Δ относительной влажности газа от $\pm 1,0$ % (включительно) до ± 3 % (включительно);

относительных погрешностей Δ_o молярной (объемной) доли влаги от 4 % (включительно) до 6 % (включительно);

абсолютных погрешностей Δ температуры точки росы/инея от $\pm 0,5$ °С (включительно) до $\pm 1,5$ °С (включительно);

абсолютных погрешностей Δ температуры конденсации углеводородов от $\pm 0,5$ °С (включительно) до $\pm 1,5$ °С (включительно).

5.2.3 Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для поверки средств измерений методом прямых измерений и методом непосредственного сличения.

Для реализации поверки средств измерений относительной влажности методом непосредственного сличения, в состав рабочего эталона 2-го разряда должна входить термостатированная камера (гигростат). При этом, метрологические характеристики рабочего эталона 2-го разряда должны быть оценены комплектно.

При реализации поверки средств измерений относительной влажности методом непосредственного сличения может применяться термостатированная камера (гигростат), аттестованная в качестве испытательного оборудования, с достижимыми значениями относительной влажности в соответствии с методикой поверки на поверяемый гигрометр, и имеющая градиенты относительной влажности по объему камеры и стабильность относительной влажности во времени не превышающие $1/3$ значения погрешности поверяемого гигрометра.

5.2.4 Отношение пределов допускаемой суммарной погрешности рабочих эталонов 2 разряда и применяемого метода передачи (с учетом их корреляции) к пределам допускаемой погрешности средств измерений, не должно быть более 0,5 (1:2).

6 Средства измерений

6.1 В качестве средств измерений применяют: гигрометры; термогигрометры; гигрографы; анализаторы и преобразователи влажного газа; анализаторы, измерители и преобразователи температуры конденсации углеводородов в диапазоне измерений:

относительной влажности газа от 0 % до 100 %;

молярной (объемной) доли влаги от 0,1 до $700 \cdot 10^3$ млн⁻¹;

температуры точки росы/инея от минус 120 °С до плюс 90 °С;

температуры конденсации углеводородов от минус 60 °С до плюс 30 °С.

6.2 Пределы допускаемых погрешностей средств измерений, в зависимости от рабочей температуры, давления и диапазона измерений составляют:

абсолютных погрешностей Δ относительной влажности газа от $\pm 0,5$ % (включительно) до ± 15 % (включительно);

относительных погрешностей Δ_o молярной (объемной) доли влаги от 1,5 % (включительно) до 10 % (включительно);

абсолютных погрешностей Δ температуры точки росы/инея от $\pm 0,1$ °С (включительно) до ± 5 °С (включительно);

абсолютных погрешностей Δ температуры конденсации углеводородов от $\pm 0,25$ °С (включительно) до ± 5 °С (включительно).

Приложение Б (справочное)

Формулы взаимного пересчета величин влажности газов

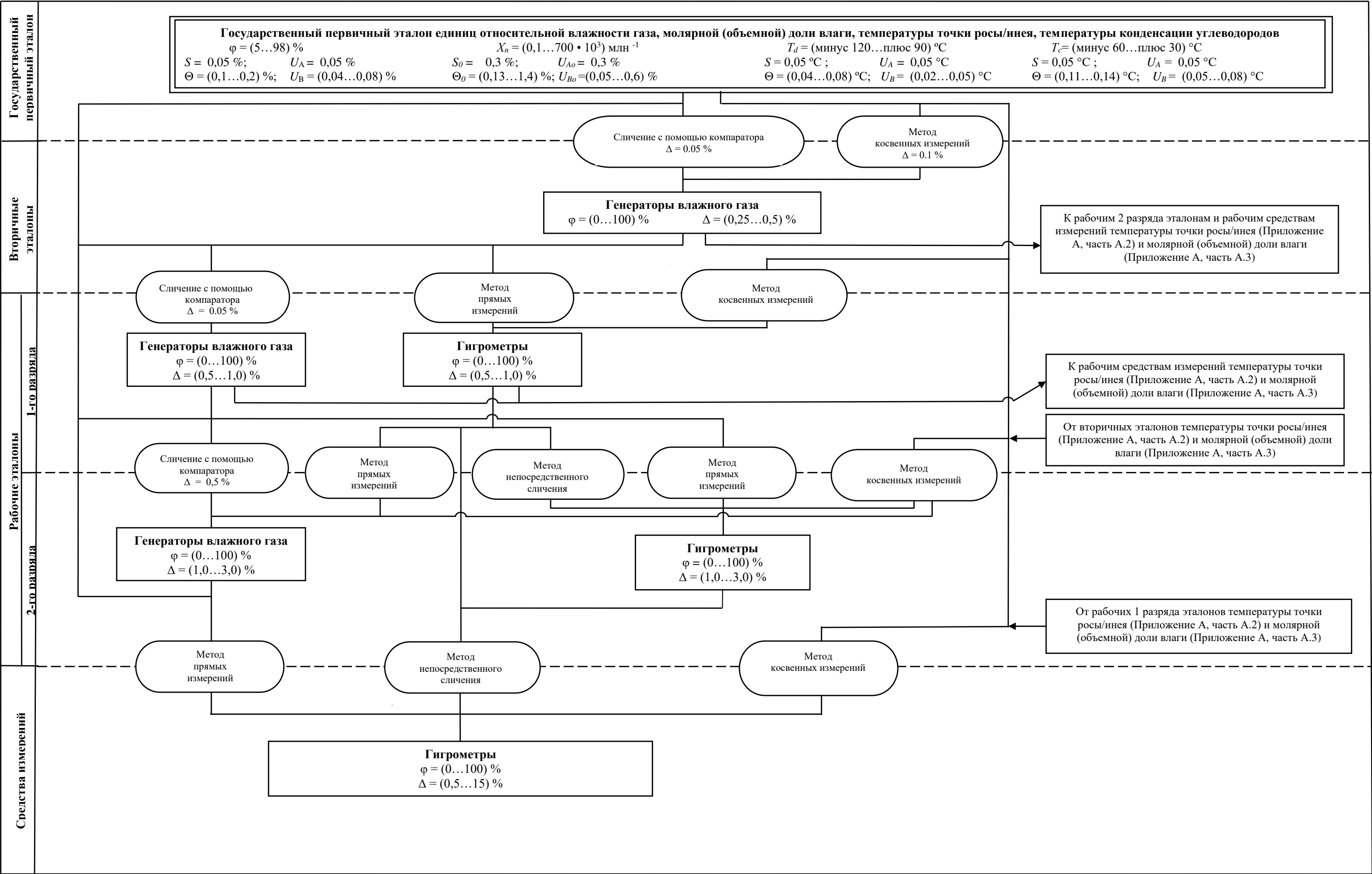
Формулы взаимного пересчета величин влажности газов представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Формулы взаимного пересчета величин влажности газов

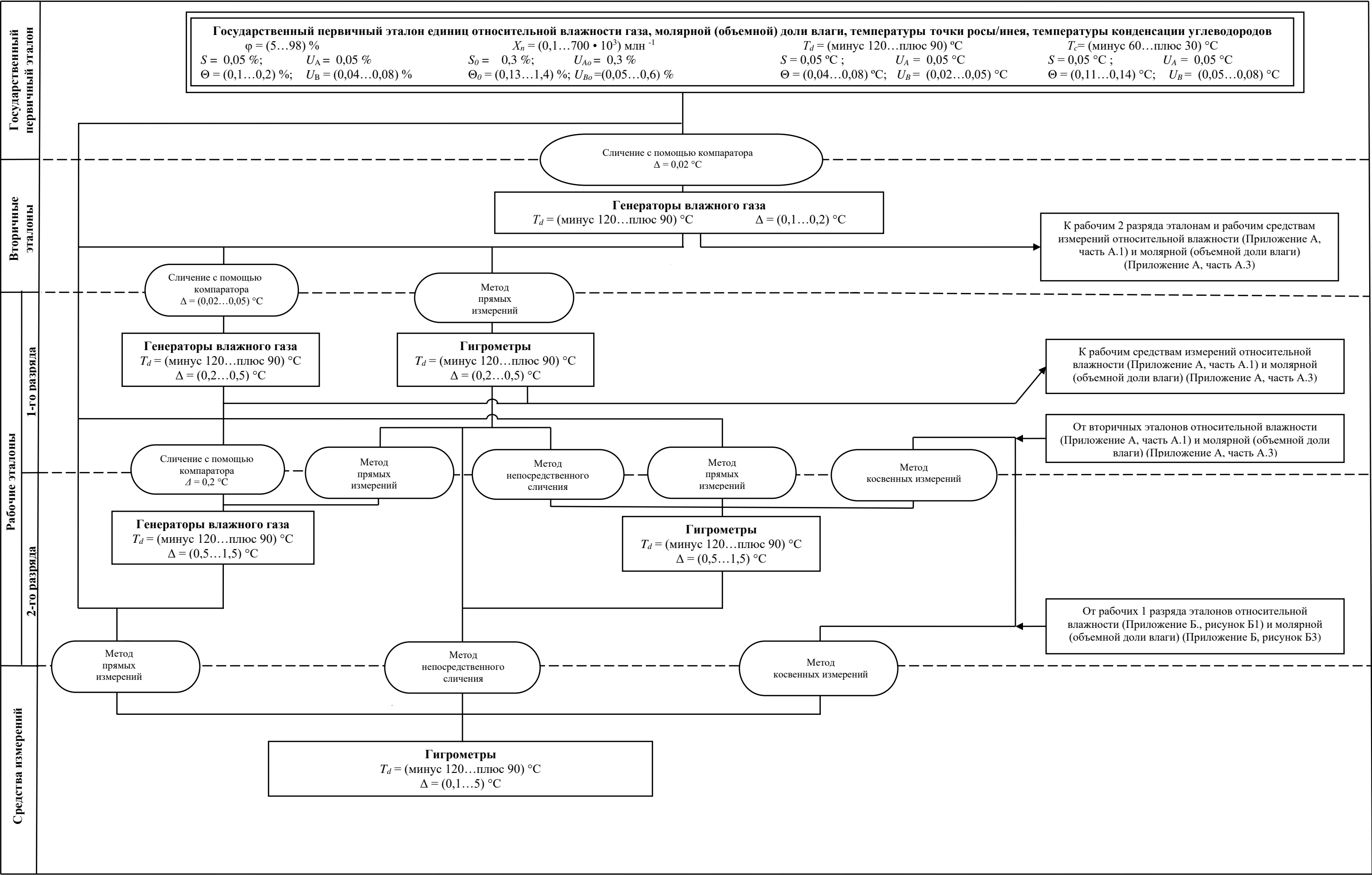
Наименование величины влажности и обозначение	Формула по определению	Относительная влажность φ	Температура точки росы/инея T_d	Молярная доля влаги, x_n
Относительная влажность φ	$\varphi = \left(\frac{x_n}{x_{nw}} \right)_{P,T}$	1	$\varphi = \frac{(e_v f_v)_{P,T}}{(e_{vw} f_v)_{P,T_d}}$	$\varphi = \left(\frac{x_n}{\frac{e_{vw} f_v}{P}} \right)_{P,T}$
Температура точки росы/инея T_d	$\frac{(x_n)_{P,T}}{(x_{nw})_{P,T_d}} = 1$	$(e_{vw} f_v)_{P,T_d} = (\varphi e_v f_v)_{P,T}$ **	1	$(e_{vw} \cdot f_v)_{P,T_d} = (x_n P)_{P,T}$ **
Молярная доля влаги x_n	$x_n = \frac{n_v}{n_v + n_a}$	$x_n = \left(\frac{\varphi \cdot e_{vw} \cdot f_v}{P} \right)_{P,T}$	$x_n = \left(\frac{e_{vw} \cdot f_v}{P} \right)_{P,T_d}$	1
Объемная доля влаги* x_v	$x_v = \frac{V_v}{V}$	$x_v = \left(\frac{\varphi \cdot e_{vw} \cdot f_v}{P} \right)_{P,T}$	$x_v = \left(\frac{e_{vw} \cdot f_v}{P} \right)_{P,T_d}$	1
* Объемную долю влаги x_v принимают равной молярной доле влаги x_n при условии, что влажный газ ведет себя как идеальный газ. ** Значение температуры точки росы/инея T_d определяют при решении уравнений методом последовательных приближений при начальном значении $f(T, P) = 1$.				

П р и м е ч а н и е – В формулы взаимного пересчета величин влажности газов (см. таблицу 1) входят давление насыщенного водяного пара e_{vw} и повышающий коэффициент f_v , характеризующий отклонение молярной доли влаги реального влажного газа от молярной доли влаги для модели «идеальный газ» (в соответствии с РМГ 75 – 2014). Значения этих величин можно определить, используя справочные данные свойств влажных газов.

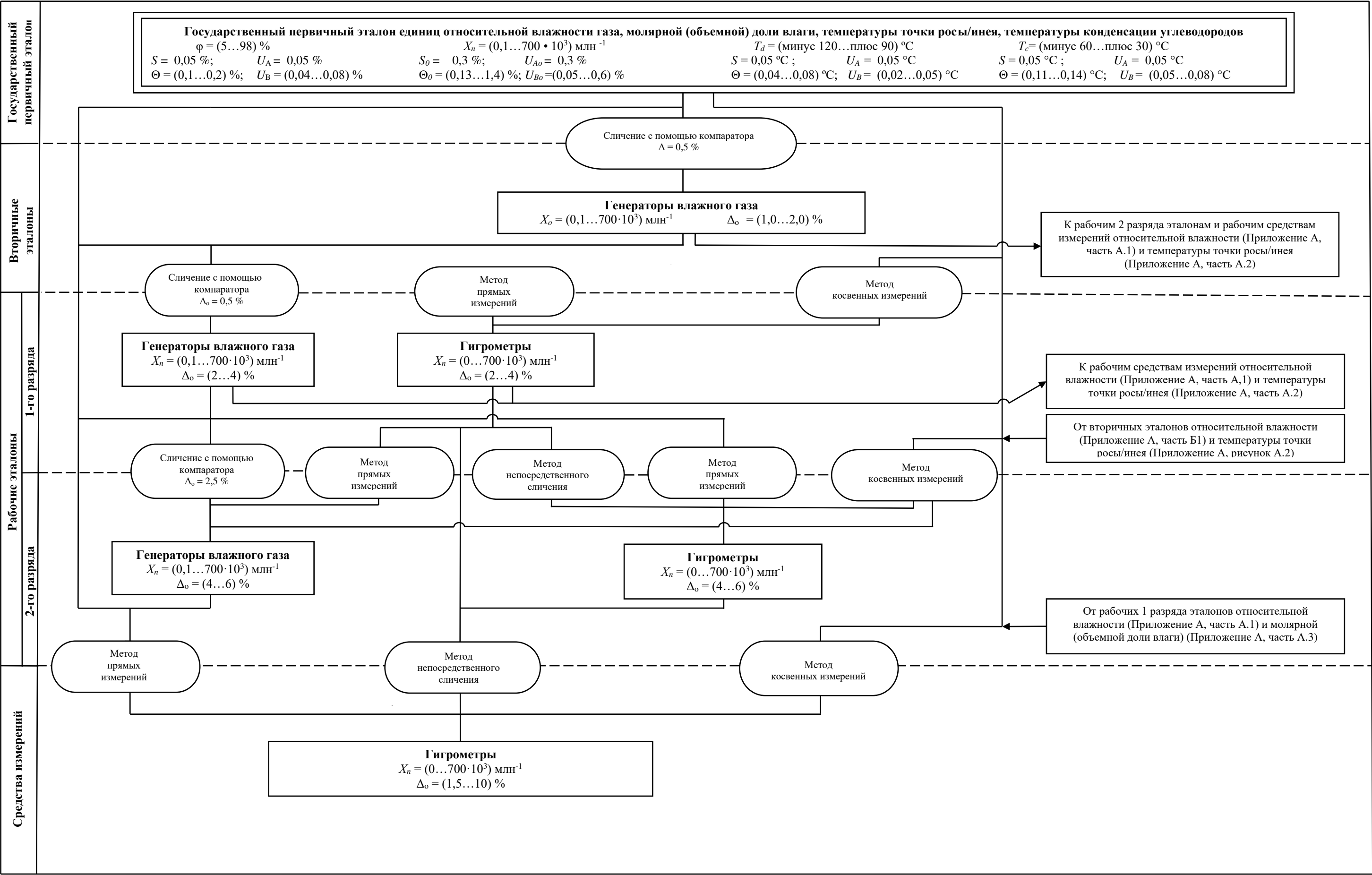
Приложение А
(обязательное)
Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов
Часть А.1 Государственная поверочная схема для средств измерений относительной влажности газов



Приложение А
(обязательное)
Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов
Часть А.2 Государственная поверочная схема для средств измерений температуры точки росы/инея



Приложение А
(обязательное)
Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов
Часть А.3 Государственная поверочная схема для средств измерений молярной (объемной) доли влаги в газе



Приложение А
(обязательное)

Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов
Часть А.4 Государственная поверочная схема для средств измерений температуры конденсации углеводородов

