

ЭТАЛОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ВЛАЖНОГО ГАЗА СУХОВЕЙ

Генераторы **Суховей-1, Суховей-1П, Суховей-2** предназначены для **поверки** гигрометров различных производителей по каналу измерения относительной влажности (одновременно до 8). Измерительная камера, в которую устанавливаются зонды гигрометров, не имеет активного термостатирования с модулями Пельтье, но интенсивно обдувается встроенным вентилятором, что позволяет минимизировать градиенты температуры по объему камеры и между камерой и поверяемыми гигрометрами.

Генераторы **Суховей-3, Суховей-3П, Суховей-4** и **Суховей-4В** предназначены для поверки и градуировки гигрометров различных производителей по каналу измерения точки росы (иней).



Внешний вид генератора Суховей-1П.

Отличие между генераторами Суховой-1 и Суховой-1П заключается в погрешности воспроизведения относительной влажности – $\pm 1\%$ у генератора Суховой-1, погрешность же генератора Суховой-1П в диапазоне от 0 до 98 % составляет $\pm 0,5\%$ (в диапазоне от 98 до 100 % его погрешность также $\pm 1\%$). Таким образом, генератор Суховой-1П (в отличии от Суховея-1) может применяться для поверки гигрометров, имеющих погрешность измерения относительной влажности $\pm 1\%$ в соответствующем диапазоне (например, ИВА-6АР с измерительным преобразователем ДВ2ТСМ-1Т-2П-Б, Rotronic HygroPalm и других).

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ВЛАЖНОГО ГАЗА

В действующем ГОСТ 8.547-2009 «Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов» рабочие средства измерений относительной влажности (термогигрометры, измерители влажности, приборы комбинированные и т.п.) выделены в две группы (см. таблицу 1).

№ группы	Абсолютная погрешность, %	Методы передачи единицы относительной влажности	Эталоны
1	от 1 до 3	метод прямых измерений	генераторы влажного газа 1-го разряда (относительная влажность) с погрешностью воспроизведения $\pm (0,5 \dots 1)\%$
2	от 3 до 25	метод непосредственного сличения	эталонные гигрометры 2-го разряда (относительная влажность) с погрешностью измерений $\pm (1 \dots 3)\%$
		метод прямых измерений	генераторы влажного газа 1-го и 2-го разряда (относительная влажность)
		метод косвенных измерений	генераторы влажного газа 1-го разряда (молярная доля влаги, температура точки росы/иней)

Таблица 1. Рабочие средства измерений относительной влажности согласно ГПС.

В таблице 2 показаны эталонные генераторы влажного газа 1-го разряда, воспроизводящие единицу относительной влажности, внесенные в Госреестр средств измерений (Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений) и применяемые в России в настоящее время. Рабочие средства измерения относительной влажности, относящиеся к первой группе (имеющие погрешность лучше 3 %), согласно Государственной поверочной схеме можно поверять, используя только генераторы влажного газа 1-го разряда с погрешностью воспроизведения относительной влажности $\pm (0,5 \dots 1)\%$. К первой группе относятся все типы термогигрометров ИВА-6 и преобразователей ДВ2 (НПК «МИКРОФОР»), измерители влажности и температуры ИВТМ-7 («ЭКСИС»),

некоторые типы логгеров и комбинированных приборов Testo, большинство гигрометров Rotronic и многие другие. Практически всегда они имеют одну общую особенность конструкции – наличие зонда измерения влажности, вынесенного за пределы блока индикации.

Генераторы Суховея-1 и Суховея-1П предназначены для поверки средств измерения относительной влажности, имеющих вынесенный за габариты корпуса герметичный зонд измерения влажности, либо представляющие собой такой зонд.

Поверку приборов второй группы (погрешность от 3 % и хуже) обычно проводят методом непосредственного сличения в климатической камере, помещая в нее эталонный гигрометр относительной влажности 2-го разряда и поверяемые приборы.

Анализ записей во ФГИС «Аршин» о произведенных поверках термогигрометров показал, что ряд организаций проводят поверку средств измерений первой группы, используя в качестве эталона относительной влажности эталонные гигрометры 2-го разряда, что является нарушением и с точки зрения Государственной поверочной схемы и требований соответствующих методик поверки по использованию других средств измерений, обеспечивающих необходимую точность.

ГЕНЕРАТОРЫ ВЛАЖНОГО ГАЗА (ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ), ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РОССИИ.

К нашему сожалению, приходится констатировать, что за прошедшие 20 лет проблема с метрологическим обеспечением средств измерения влажности газов решена так и не была. Большинство ЦСМ используют неплохие генераторы HugroGen, имеющие совершенно неадекватную цену и ряд других недостатков, о которых будет сказано далее. В Госреестр было внесено несколько генераторов российского производства, но, как будет показано далее, их соответствие заявленным метрологическим характеристикам весьма сомнительно.

Наименование генератора (погрешность)	Преимущества	Недостатки
Генератор влажного воздуха HygroGen 1 (± 1 %) и HygroGen 2 ($\pm 0,5$ %)	+ поверяемый гигрометр при необходимости можно поместить в рабочую камеру целиком; + быстрая стабилизация относительной влажности и температуры в рабочей камере благодаря активному перемешиванию воздуха в его объеме; + удобный интерфейс пользователя, простота использования; + возможность поверки гигрометров по температуре	- очень высокая стоимость, длительный и дорогостоящий ремонт; - работа основана на методе смешивания по показаниям контрольного гигрометра, что неизбежно приводит к дрейфу воспроизводимой влажности со временем; - использование контрольного конденсационного гигрометра не обеспечивает воспроизведение относительной влажности с погрешностью $\pm 0,5$ % (см. далее)
Образцовые генераторы влажного газа Родник-2 и Родник-2М ($\pm 0,5$ %)	++ работа основана на фундаментальном физическом принципе - методе двух давлений	- давно не производятся - запасных частей нет, ремонт сложен; - управление сложное и архаичное, требует специфических знаний, умений и постоянного внимания
Генераторы влажного газа Родник-4 и Родник-4М (± 1 %)	++ работа основана на фундаментальном физическом принципе - методе двух давлений	- управление архаичное, требует умения и постоянного внимания
Генераторы влажного газа ТКА-ГВЛ-01-1 (± 1 %)	нет	- - использование метода смешивания по показаниям контрольного гигрометра в сочетании с отсутствием термостатирования рабочей камеры приводят к большой ошибке воспроизведения единицы относительной влажности (см. далее)
Генераторы влажного газа	нет	

ГВГ-901 и ГВГ-902 (± 1 %)		
Генераторы влажного газа эталонные Суховой-1 (± 1 %) и Суховой-1П ($\pm 0,5$ %)	++ работа основана на фундаментальных физических принципах – сочетании методов двух температур и двух давлений; + удобный интерфейс пользователя, простота использования	- невозможность поверки гигрометров с негерметичным зондом или не имеющих выносного зонда

Таблица 2. Сравнение представленных в РФ генераторов влажного газа.

Работа половины из представленных в таблице генераторов основана на методе смешивания сухого и влажного газовых потоков по показаниям контрольного гигрометра. К достоинствам генераторов на основе метода смешивания можно отнести простоту конструкции. Существенным недостатком является необходимость использования контрольного гигрометра для измерения задаваемой влажности. В качестве контрольного гигрометра используют «высокоточные» преобразователи на основе емкостного сенсора или, в более продвинутых генераторах, конденсационные гигрометры.

Весьма спорным является вопрос о том можно ли считать такие генераторы реализующими метод прямых измерений, так как фактически передача единицы измерения относительной влажности производится от контрольного гигрометра, который подвержен дрейфу градуировочной характеристики в зависимости от условий эксплуатации, имеет гистерезис (зависимость показаний от направления изменения относительной влажности).

Основанные на методе смешивания генераторы ТКА-ГВЛ, ГВГ-901 и ГВЛ-902 не имеют термостатируемой камеры, которая в генераторах HuroGen используется, чтобы температура зондов поверяемых гигрометров и контрольного гигрометра была одинаковой. Необеспечение равенства этих температур вследствие наличия градиента по рабочей камере происходит по следующим причинам:

- 1) генератор сам по себе является источником тепла;
- 2) некоторые преобразователи поверяемых гигрометров имеют саморазогрев;
- 3) в помещении, где располагается генератор, почти всегда есть сквозняки, работают нагревательные приборы, кондиционер.

Несоответствие температуры поверяемых гигрометров и контрольного датчика генератора приводит к дополнительной погрешности при передаче единицы относительной влажности, которая при большой влажности может значительно превышать заявленную погрешность генератора. Оценим к какой ошибке это может приводить. Для этого воспользуемся формулами в соответствии с ГОСТ 8.811-2012 «Таблицы психрометрические. Построение, содержание, расчетные соотношения» и РМГ 75-2014 «Измерения влажности газов. Термины и определения», либо метрологическим калькулятором Микрофор.

Рассчитаем какие показания будут у поверяемого гигрометра, если его температура будет отличаться от температуры контрольного гигрометра на 0,1 и 0,2 °С (см. таблицу 3).

Контрольный гигрометр		Поверяемый гигрометр		Ошибка, %
Температура, °С	Относительная влажность, %	Температура, °С	Относительная влажность, %	
23,0	50,0	23,1	49,7	-0,3
		23,2	49,4	-0,6
23,0	75,0	23,1	74,6	-0,4
		23,2	74,1	-0,9
23,0	90,0	23,1	89,5	-0,5
		23,2	88,9	-1,1
23,0	95,0	23,1	94,4	-0,6
		23,2	93,9	-1,1
23,0	98,0	23,1	97,4	-0,6
		23,2	96,8	-1,2

Таблица 3. Ошибка измерения относительной влажности при несоответствии температур контрольного и поверяемого гигрометра.

Если учесть, что к этой ошибке добавляются погрешности контрольного гигрометра по относительной влажности и температуре, то возникают очень большие сомнения в способности таких генераторов влажного газа (работа которых основана на методе смешивания и не имеющих термостатируемой измерительной камеры) обеспечить заявленную погрешность воспроизведения относительной влажности $\pm 1\%$ в соответствии с описаниями типа на них.

Генераторы Родник, которые реализуют фундаментальные методы воспроизведения относительной влажности (к ним относятся метод двух температур, метод двух давлений и метод фазового равновесия), являются сложными в эксплуатации и морально устаревшими.

Генераторы Суховей-1 и Суховей-1П воспроизводят единицу относительной влажности, используя сочетание методов двух давлений и двух температур, имеют современную элементную базу, удобное управление и высокую автоматизацию.

О МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ГЕНЕРАТОРА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА HYGROGEN

Отдельно следует отметить эталонный генератор влажного воздуха HygroGen 2, получивший наибольшее распространение в России за последние 10 лет благодаря удобству использования и качественному исполнению. В соответствии с описанием типа на него (номер в ФИФ 32405-11), почти все модификации этого генератора имеют погрешность воспроизведения относительной влажности $\pm 0,5\%$ в диапазоне от 0 (или 5) до 100 %. Эти характеристики вызывают большие сомнения по двум причинам:

1) Спецификация производителя Rotronic радикально отличается от спецификации Российских дистрибьютеров (характеристики у последних соответствуют описанию типа СИ)

В полной спецификации производителя от 03.11.2016 записано (см. таблицу 4), что точность контрольного датчика генератора HG2-S (соответствует HygroGen 2 в описании типа) составляет $\pm 0,8\%$, а его тип - HygroClip2.

HygroGen2 Specifications		HG2-S	HG2-XL
Chamber volume		2 litres	20 litres
Working volume		1.5 litres	17 litres
Humidity changes ($\leq \pm 0.1$ %RH stability)	5...95 %RH	<5 minutes	<15 minutes
Temperature changes ($\leq \pm 0.01$ °C stability)	23...50 °C	<5 minutes	<15 minutes
	23...0 °C	<25 mins	<35 minutes
Thermal gradients	15...50 °C	$\leq \pm 0.05$ °C	$\leq \pm 0.05$ °C
	5...60 °C	$\leq \pm 0.1$ °C	$\leq \pm 0.1$ °C
	0...5 °C	$\leq \pm 0.15$ °C	$\leq \pm 0.15$ °C
Probe mounts		Up to 6 probes through door ports	Up to 19 probes through door, plus internal shelf racks
Weight & Dimensions		13 kg, 45 x 41 x 21 cm	37 kg, 80 x 62 x 41 cm
Generation method	Mixed flow with desiccant drier cell and piezoelectric humidifier; Peltier thermoelectric element with radial chamber mixing fan		
Control probe specification	± 0.8 %RH (10...30 °C), ± 2 %RH (0...60 °C) ± 0.1 K (10...30 °C), ± 0.3 K (0...60 °C)		
Typical calibration uncertainty	± 1.5 %RH ($k=2$) at 23 °C, ± 0.15 °C ($k=2$) 15...50 °C		
Sensor	HygroClip2, capacitive RH sensor, Pt100 temperature sensor		

Таблица 4. Характеристики генераторов HygroGen на сайте производителя.

Также приводятся значения факторов, которые вносят дополнительную погрешность воспроизведения - градиенты температуры и влажности по камере, погрешность измерения и установки температуры в камере. Самым интересным является параметр "Типичная неопределенность калибровки" ("Typical calibration uncertainty") $\pm 1,5$ %.

Вывод - в настоящее время (и, судя по дате спецификации, с 2016 года) Rotronic не производит генераторы влажного воздуха HygroGen в модификации, которая могла бы обеспечить погрешность воспроизведения относительной влажности $\pm 0,5$ %.

2) В описании типа на HygroGen указано, что контрольный сорбционно-емкостной датчик (HygroClip) используется «для измерения воспроизводимых значений относительной влажности» только в генераторах HygroGen 1 с погрешностью ± 1 %, в остальных генераторах (с погрешностью $\pm 0,5$ %) используются различные конденсационные гигрометры с погрешностью измерения температуры точки росы (инея) $\pm 0,2$ °C и температуры $\pm 0,1$ °C. Сам Rotronic в настоящее время таких модификаций не предлагает.

Проведем оценку погрешности измерения относительной влажности конденсационным гигрометром косвенным методом, при котором значение относительной влажности рассчитывается на основе измеренных конденсационным гигрометром значений точки росы и температуры. Для этого воспользуемся формулами в соответствии с ГОСТ 8.811-2012 «Таблицы психрометрические. Построение, содержание, расчетные соотношения» и РМГ 75-2014 «Измерения влажности газов. Термины и определения» или калькулятором – примем, что в рабочей камере установлена температура 23°C и рассчитаем какую погрешность по относительной влажности будет иметь конденсационный гигрометр с погрешностью по точке росы (инея) $\pm 0,2$ °C при различных значениях относительной влажности (см. таблицу 5).

Заданная относительная влажность, %	Соответствующая точка росы/инея, °C	Измеренная конденсационным гигрометром относительная влажность, %		Погрешность конденсационного гигрометра по относительной влажности, %	
		при погрешности -0,2 °C	при погрешности +0,2 °C	при погрешности -0,2 °C	при погрешности +0,2 °C
0,1	-52,7	0,1	0,1	0	0
25	1,9	24,6	25,3	-0,4	+0,3
50	12,0	49,3	50,6	-0,7	+0,6
75	18,3	73,9	75,8	-1,1	+0,8
95	22,1	93,5	95,8	-1,5	+0,8

Таблица 5. Результаты расчеты погрешности конденсационного гигрометра по относительной влажности.

Из таблицы видно, что смысл от использования конденсационного гигрометра имеется только в диапазоне приблизительно 50 % и меньше. Но в диапазоне менее 25 % (когда точка инея становится ниже 0 °C) у него появляется другая проблема – неопределенность фазы конденсата (вода или лед) при отрицательной температуре зеркала. С учетом этой неопределенности, погрешности $\pm 0,5$ % по относительной влажности сложно достигнуть даже в этой области.

Также необходимо учесть погрешность измерения температуры конденсационным гигрометром, которая составляет $\pm 0,1$ °C – в этом случае ошибка при передаче единицы увеличится еще в 1,5 раза.

Вывод - использование конденсационного гигрометра не позволяет достичь погрешности воспроизведения относительной влажности генератора HygroGen 2 $\pm 0,5$ % в заявленном диапазоне.

Конденсационный гигрометр значительно стабильнее при длительной эксплуатации, чем сорбционно-емкостной HygroClip2 (или любой другой) – наверняка именно поэтому Rotronic раньше предлагал его в комплекте с генератором.

Так как срок действия свидетельства об утверждении типа на генераторы HygroGen заканчивается в конце 2021 года, а представленные в этом описании типа генераторы HygroGen 2 достаточно сложно скомплектовать (из-за особенностей слияний и поглощений производящих генераторы и конденсационные гигрометры компаний, которые сейчас являются конкурентами на мировом рынке), с интересом ожидаем какие характеристики будут иметь эти генераторы в новом описании типа, которое на момент написания этой статьи готовилось.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРОВ СУХОВЕЙ-1 и СУХОВЕЙ-1П

Принцип действия генераторов Суховой-1 и Суховой-1П основан на использовании метода двух температур, метода двух давлений и их комбинаций. Генератор содержит предварительный увлажнитель газа, насытитель, регуляторы температуры увлажнителя и насытителя, регуляторы давления газа в насытителе и измерительной камере, а также измерительную камеру с 8 портами, в которые устанавливаются зонды поверяемых гигрометров.

Газ от внешнего источника (это может быть баллон с азотом или сжатым воздухом с редуктором, компрессор, либо специально разработанная ООО НПК «МИКРОФОР» система подготовки сжатого воздуха) подается на вход генератора и, проходя через пропорциональный клапан регулятора давления К1, последовательно поступает в увлажнитель и насытитель, давление и температура в котором поддерживается на заданном уровне Р1 регуляторами давления и температуры (см. газовую схему генератора на рисунке 2).

Увлажнитель представляет собой термостатируемый стакан с водой с измерителем уровня жидкости. Стакан содержит вертикальную перегородку из газопроницаемого смачиваемого материала. Значение температура воды в стакане поддерживается на несколько градусов выше температуры насытителя. Газ, проходя через увлажнитель, слегка нагревается и насыщается влагой. Температура точки росы газа на выходе увлажнителя выше, чем температура насытителя.

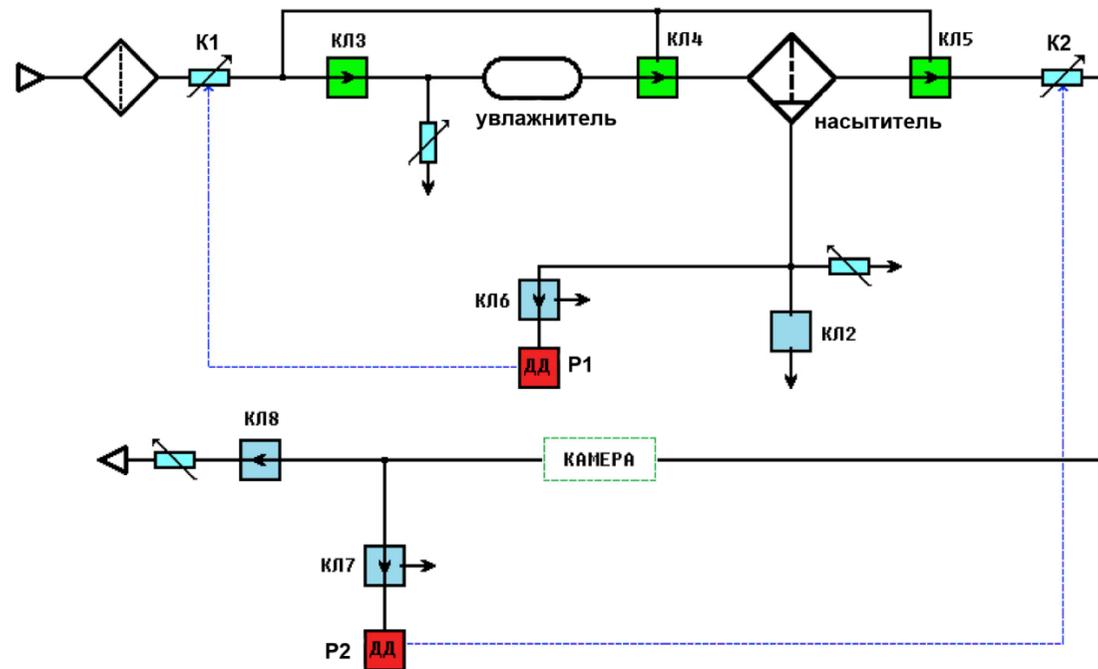


Рисунок 2 - Схема газовой системы генераторов Суховой-1 и Суховой-1П

Насытитель представляет собой термостатируемую с помощью термоэлектрического модуля камеру с системой каналов, проходя через которые увлажненный газ охлаждается, принимая температуру камеры, сконденсировавшаяся на стенках каналов влага стекает в нижнюю часть камеры и удаляется наружу.

Из насытителя газ с заданным значением точки росы поступает через пропорциональный клапан К2 во встроенную измерительную камеру с поверяемыми зондами гигрометров. Давление P2 в измерительной камере поддерживается регулятором давления, температура камеры измеряется установленным в ней платиновым термопреобразователем. На выходе измерительной камеры с обратной её стороны установлен контрольный измерительный преобразователь влажности и температуры ДВ2ТС-1Т-2П, предназначенный для контроля работы генератора. Он не участвует в установке относительной влажности, может быть отключен и демонтирован - это не повлияет на работу генератора. С выхода измерительной камеры газ сбрасывается в атмосферу. Измерительная

камера имеет мощный вентилятор принудительного обдува, который позволяет привести температуру зондов гигрометров и камеры к температуре окружающей среды и минимизировать температурные градиенты в зоне измерений.

Клапан КЛ2 используется для сброса конденсата из насытителя при просушке. Клапаны КЛ3-КЛ5 обеспечивают подачу в измерительную камеру сухого воздуха от внешнего источника и просушку насытителя перед выключением генератора. Клапаны КЛ6 и КЛ7 предназначены для установки нулей соответствующих датчиков давления. Клапан КЛ8 предназначен для запираания измерительной камеры при выполнении процедуры проверки ее герметичности.

Высокая точность воспроизведения единицы относительной влажности генераторами Суховой-1 и Суховой-1П достигается следующими техническими решениями:

- 1) фундаментальными физическими принципами методов воспроизведения – воспроизводимая относительная влажность определяется только температурами и давлениями в насытителе и измерительной камере и атмосферным давлением;
- 2) применяемые современные сенсоры температуры (платиновые термометры сопротивления) и давления (тензорезистивные датчики) имеют высокую точность и стабильность, в отличие от любых современных сенсоров влажности;
- 3) для повышения точности измерений давлений в насытителе и измерительной камере сенсоры давления и их электронный модуль поддерживаются при постоянной температуре, установка «нуля» давлений осуществляется перед каждой установкой относительной влажности в процессе работы генератора;
- 4) активный обдув окружающим воздухом и конструктивные особенности измерительной камеры позволяют минимизировать градиенты температур между ней и преобразователями поверяемых гигрометров до 0,02 ... 0,05 °С;
- 5) конструкция конденсационной камеры насытителя обеспечивает полное насыщение влагой проходящего через нее газа.

Градуировка генераторов Суховой-1 и Суховой-1П по относительной влажности невозможна – вместо этого в процессе производства градуировку проходят модули измерения температуры насытителя и измерительной камеры, модули измерения давлений в насытителе и измерительной камере и модуль измерения атмосферного давления.

Расчет значения воспроизводимой относительной влажности в генераторе осуществляется на основе измеренных значений атмосферного давления, избыточных давлений и температур в насытителе и измерительной камере специальным программным модулем в полном соответствии с ГОСТ 8.811-2012 «Таблицы психрометрические. Построение, содержание, расчетные соотношения» и

PMГ 75-2014 «Измерения влажности газов. Термины и определения» (с учетом неидеальности газа). На основе этого программного модуля выполнена программа RH Calc (рисунок 3).

The screenshot shows a software window titled "RH Calc" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into two main sections: "Исходные данные" (Input data) and "Результаты" (Results).

Исходные данные (Input data):

- Формула: ГОСТ (dropdown menu)
- t камеры: 23 °C
- t насытителя: 6 °C
- P атмосферное: 100 кПа (dropdown menu)
- dP камеры: 3 кПа (dropdown menu)
- dP насытителя: 600 кПа (dropdown menu)
- Коэф. разбавл.: 1
- Молярная доля: 0 млн-1

Результаты (Results):

- Ps нас: 9,3453 гПа
- f нас: 1,0271
- Ps кам: 28,0834 гПа
- f кам: 1,0046
- RH идеальная: 4,8965 %
- RH с поправкой: 5,0057 %
- dP ид.: -16,9688 °C
- dP попр.: -16,7331 °C
- Молярная доля: 1,364840110E+3 млн-1

Рисунок 3 - Окно программы RH Calc.

ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ СУХОВЕЙ-1 И СУХОВЕЙ-1П

Наименование характеристики	Значение
Диапазон воспроизведения относительной влажности*, %: - при питании осушенным газом - при питании сжатым воздухом непосредственно от компрессора	от 0 до 100 от 5 до 100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при воспроизведении относительной влажности, %: - для генератора Суховей-1:	±1,0
- для генератора Суховей-1П: - в диапазоне от 0 (не включительно) до 98 % (включительно) - в диапазоне от 98 % (не включительно) до 100 % (не включительно)	±0,5 ±1,0
Время установления относительной влажности, мин, не более	30
Расход газа на выходе генератора, л/мин	от 1 до 1,5
Габаритные размеры (ширина×высота×глубина), мм, не более	500×350×420
Масса генератора, кг, не более	25
Напряжение питания переменного тока, В	220 ± 22
Потребляемая мощность, Вт, не более	300
Средняя наработка на отказ в нормальных условиях, ч, не менее	10 000
Средний срок службы, лет, не менее	8

Таблица 6 - Метрологические и технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Тип газа	сжатый воздух

Избыточное давление газа на входе в генератор, МПа	от 0,6 до 0,9
Температура точки инея питающего газа при рабочем давлении на входе в генератор, °С, не хуже: - диапазон воспроизведения относительной влажности от 5 до 100 % - диапазон воспроизведения относительной влажности от 0 до 100 %	нет требований -20*
Содержание механических примесей (пыль, сажа, окалина, масло и др.), мг/м ³ , не более	2
* - вместо сжатого воздуха допускается использование баллонного азота технического по ГОСТ 9293-74 или более качественного.	

Таблица 7 - Требования к питающему газу

Требования таблицы 7 для диапазона воспроизводимых значений относительной влажности от 0 до 100 % обеспечиваются Системой подготовки сжатого воздуха, о которой будет рассказано ниже.

УПРАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОМ

Генераторы Сухой-1 и Сухой-1П управляются при помощи сенсорного экрана, расположенного на передней панели слева от измерительной камеры (см. рисунок 1). Интерфейс ориентирован на использование пальца и состоит из двух зон - вертикального ряда кнопок слева, с помощью которого выбирается режим отображения зоны справа. Две нижние кнопки служат для взаимодействия пользователя с текущей программой, поэтому их текст и назначение изменяются в зависимости от выполняемой программы.

На экране «Состояние» (см. рисунок 4) отображается текущее значение относительной влажности в измерительной камере, статус генератора и другая справочная информация.

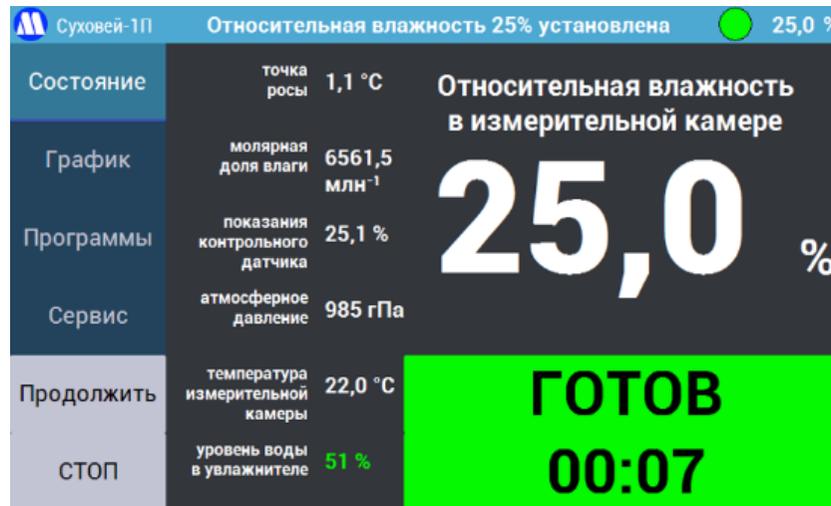


Рисунок 4 - Экран «Состояние».

На экране «График» (рисунок 5) отображаются зависимости от времени для текущего и заданного значений относительной влажности, а также показания контрольного датчика. Масштаб времени можно легко менять, нажимая на сам график.

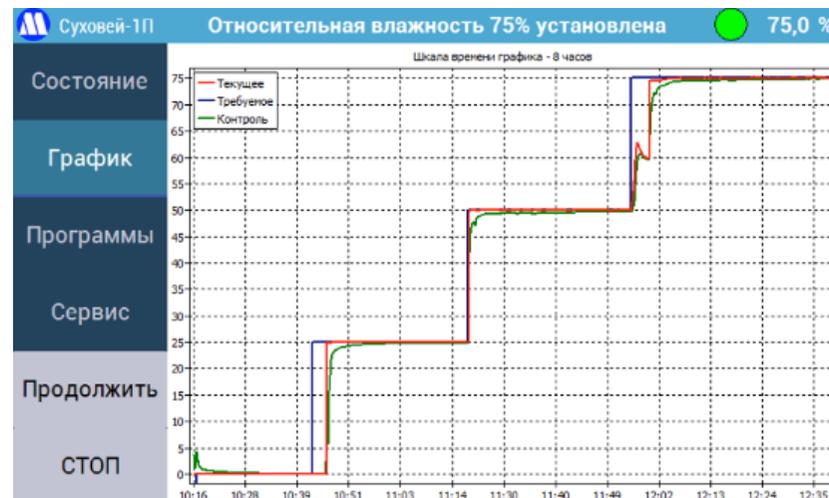


Рисунок 5 - Процесс установки нескольких значений относительной влажности на графике.

Установка относительной влажности может производиться либо нажатием на программируемые кнопки из меню «Установка» (рисунок 6 слева), либо по программам поверки из меню «Программы» (рисунок 6 справа).

Наиболее интересным представляется режим работы по программам, так как по нему будут последовательно установлены все значения относительной влажности в соответствии с методикой поверки. Генератор выполнит проверку герметичности, установит первую точку по методике поверки и будет автоматически ее поддерживать, пока пользователь не нажмет кнопку «Продолжить» (слева на рисунке 4), после чего генератор установит следующую точку по методике поверки и так далее.

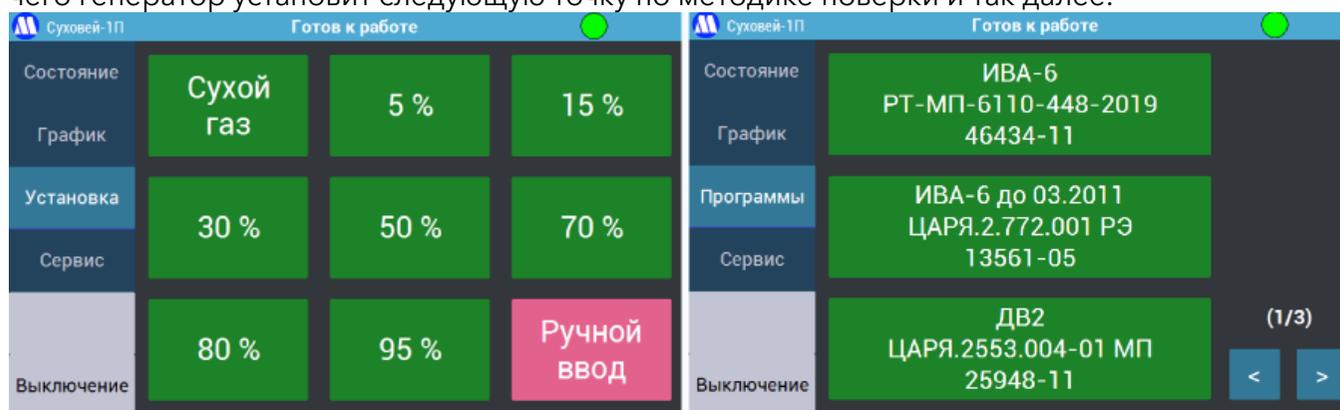


Рисунок 6 – Экраны меню установки относительной влажности.

Программы поверки будут постоянно обновляться (при внесении изменений) и пополняться, в том числе по запросам пользователей. На момент написания статьи имеется 30 программ для поверки гигрометров различных производителей (ИВА-6, ДВ2, ИВТМ-7, многочисленные приборы Testo, ОБЕН ПВТ100, CENTER 310-317, Rotronic HygroPalm и другие).

На экране «Сервис» (рисунок 7 слева) имеются различные сервисные программы, включая программы для слива и залива воды в увлажнитель и проверку герметичности. Вид меню «Настройки» показан на рисунке 6 справа.

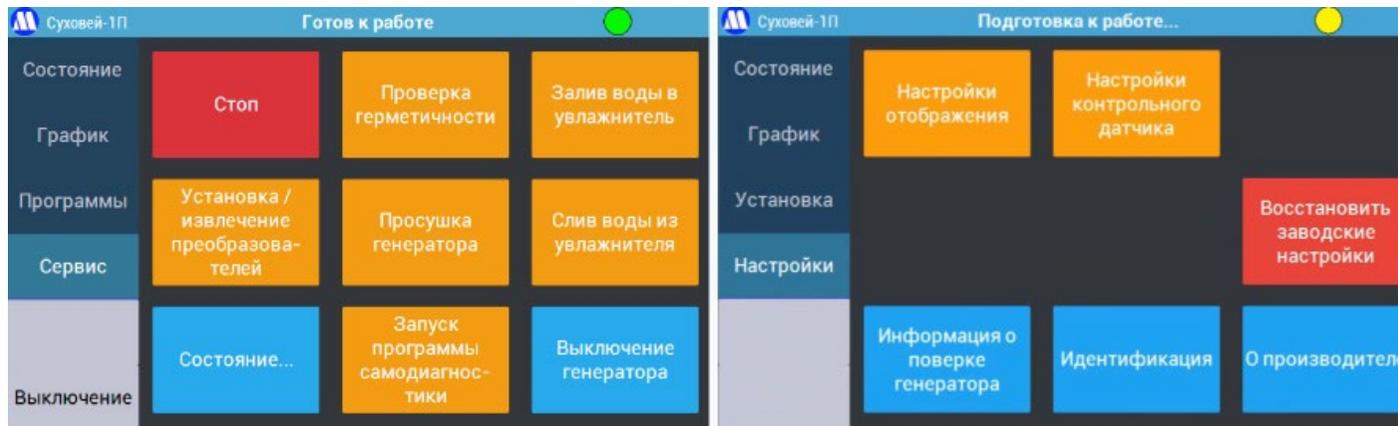


Рисунок 7 - Экраны «Сервис» и «Настройки».

ПРОЦЕСС ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

Поверка гигрометров по относительной влажности с использованием генераторов Суховай-1 или Суховай-1П начинается с его включения, в ходе которого генератор устанавливает связь со всеми собственными модулями, проверяет соответствие температуры измерительной камеры рабочим условиям применения, наличие газа на входе и наличие установленных в измерительную камеру зондов гигрометров. После завершения проверок на экране загорится статус «ГОТОВ» (см. рисунок 8).



Рисунок 8 – Генератор готов к работе.

Рабочие порты измерительной камеры имеют резьбу M24×1. Преобразователи ДВ2 исполнения -В устанавливаются в них непосредственно (крышка измерительной камеры сделана из титана, поэтому в резьбе их «закусывать» не будет). Для зондов с другими установочными размерами в комплект поставки входит набор переходных втулок, обеспечивающих необходимое уплотнение. Установка втулок и зондов производится с помощью входящего в комплект поставки рожкового ключа.

Далее будет продемонстрирован пример одновременной поверки 7 шт. термогигрометров ИВА-6Н и одного ИВА-6Б2 с измерительным преобразователем ДВ2ТСМ-1Т-1П-В. На рисунке 8 показано как зонды семи ИВА-6Н установлены в порты измерительной камеры генератора через втулки, а в восьмой порт непосредственно установлен измерительный преобразователь ДВ2ТСМ-1Т-1П-В.

Поверка запущена по программе «ИВА-6» (рис. 6 справа). Генератор производит проверку герметичности установки зондов, затем устанавливает точку 0 % в соответствии с методикой поверки на ИВА-6. После завершения установки генератором относительной влажности 0 % (т.е. выхода на режим подачи в измерительную камеру сухого газа от системы подготовки сжатого воздуха), генератор покажет статус «ГОТОВ» (рис. 9).



Рисунок 9 – Воспроизведение точки 0 % относительной влажности.

После фиксации показаний термогигрометров (для этого на блоках индикации ИВА-6Н следует нажать правую кнопку - они на время перейдут в режим «быстрых» измерений), следует нажать на экране генератора кнопку «Продолжить». После этого генератор начнет установку следующей точки по методике поверки и так далее (рис. 10).



Рисунок 10 - Воспроизведение остальных значений относительной влажности в соответствии с методикой поверки.

После фиксации показаний термогигрометров в последней точке и нажатия на кнопку «Продолжить», генератор задаст вопрос следует ли завершить работу (в этом случае он приступит к просушке насытителя), либо извлечь текущие зонды для установки следующей партии.

Весь процесс выполнения поверки для этой демонстрации занял 2 часа 10 минут с момента включения генератора от установки зондов термогигрометров до момента их извлечения.

Для средств измерения, произведенных ООО НПК «МИКРОФОР», имеется возможность автоматизации проведения поверки.

СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

ООО НПК «МИКРОФОР» специально для генераторов влажного газа эталонных Суховой разработало два вида автономных систем питания генераторов газом – Систему подготовки сжатого воздуха (для генераторов Суховой-1, Суховой-1П и Суховой-2) и Систему подготовки сжатого воздуха с глубокой осушкой (для генераторов Суховой-3, Суховой-3П и Суховой-4).

В Систему подготовки сжатого воздуха входят:

- малошумный компрессор с со встроенным ресивером;
- фильтры конденсата, масла и частиц;
- редуктор;
- блок осушки с автоматической холодной регенерацией, которая производится автоматически без прерывания подачи газа.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ПОВЕРКА

Объем технического обслуживания генераторов Суховой-1 и Суховой-1П заключается в периодической (примерно раз в месяц при интенсивном использовании) заправке увлажнителя дистиллированной водой. Уровень воды в увлажнителе выводится на экран «Состояние».

Поверка генераторов производится с использованием гигрометра-компаратора из состава Государственного первичного эталона единиц относительной влажности газов, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/иней, температуры конденсации углеводородов ГЭТ151-2020. Межповерочный интервал составляет 1 год. Генераторы имеют возможность ввода даты следующей поверки с настройкой оповещений о ее приближении.

ВЫВОДЫ

Генераторы Суховей-1 и Суховей-1П обеспечивают возможность поверки широкой номенклатуры гигрометров с герметичным выносным зондом, обладают лучшими реальными метрологическими и техническими характеристиками среди всех аналогов, имеют адекватную стоимость и производятся Российской компанией с многолетней историей. ООО НПК «МИКРОФОР» всегда готово оказать оперативную поддержку и учесть пожелания потребителей.

Дикевич А.А., к.т.н., главный метролог ООО НПК «МИКРОФОР», дата публикации: 30.04.2021

КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ

E-mail: zakaz@metrol-kip.kz
grigorev@metrol-kip.kz

Тел: +7 (707) 606 45-00