

# Метрологическое обеспечение выпуска средств измерений и систем контроля параметров микроклимата.

## Новые спектро радиометры

Юрий БАРБАР, к.т.н.,  
Константин ТОМСКИЙ, профессор, д.т.н.,  
Дмитрий ЩУР,  
Сергей БАЕВ,  
Михаил РЫСКОВ,  
ООО «НТП «ТКА»

По мере увеличения темпов выпуска термогигрометров мы столкнулись с необходимостью разработки собственных высокопроизводительных эталонов, в результате чего в нулевых годах был создан и сертифицирован в качестве эталона генератор влажного газа «ТКА-ГВЛ», работающий на принципе смешения двух потоков газа (воздуха), сухого и влажного, с ручным заданием уровня влажности двумя ротаметрами (рис. 1). Погрешность измерений этого генератора равна 1%, а время рабочего цикла при диапазоне влажности 1–99% и с интервалами задания рабочих точек в 5–10% составляет около 4 ч.

### Эталон относительной влажности

В основу измерений величин влажности газов положены размеры единиц, воспроизводимые государственным первичным эталоном, в состав которого входят в том числе генераторы влажного газа и прецизионные гигрометры для контроля работы эталонных генераторов влажного газа.

Генераторы влажного газа ТКА-ГВЛ-01 (рис. 1), которые предприятие выпускает более 15 лет (№54028-13 в Госреестре СИ РФ), снабжены шестью рабочими портами, не требуют подключения к внешним газовым магистралям и имеют двухстороннюю связь с ПК. Воспроизведение требуемого уровня влажности обеспечивается с помощью программно управляемых встроенных компрессоров. Они имеют погрешность измерений 1%, работают в диапазоне влажности 1–100%.

Генераторы ТКА-ГВЛ-01, которые постепенно приходят на смену импортному оборудованию, могут быть дополнительно оснащены калибратором ТКА-КВЛ-04-2. Принцип действия этого калибратора основан на поддержании поступившей в его рабочую камеру от внешнего источника паровоздушной смеси с определенной относительной влажностью (№85673-22 в Госреестре СИ РФ).

Камера калибратора имеет полезный объем 8,3 л, содержит встроенный контрольный термогигрометр и подключается к генератору «ТКА-ГВЛ-01» с помощью гибкого шланга и быстроразъемных адаптеров (рис. 2).

Действительное значение относительной влажности определяется эталонным гигрометром непосредственно в рабочей камере калибратора. Таким образом, появляется возможность не только проводить метрологические испытания термогигрометров, не имеющих выносных датчиков (логгеров, регистраторов и т. д.), но и повысить точность измерений в соответствии с погрешностью используемого эталонного гигрометра. Погрешность таких измерений не превышает 1% относительной влажности.

Продолжением этой линейки продуктов является новая модель – переносной калибратор влажности ТКА-КВЛ-04-1 (рис. 3), который совмещает в себе полезные функции ранее разработанного оборудования и может эксплуатироваться как в стационарных, так и в мобильных условиях, при выездных работах на местах расположения проверяемых приборов (№85673-22 в Госреестре СИ РФ). Калибратор влажности работает по принци-

пу двух расходов, сутью которого является создание паровоздушной смеси за счет смешения двух газовых потоков – сухого воздуха и воздуха, максимально насыщенного влагой. В качестве элементов, регулирующих потоки в каналах сухого и влажного воздуха, используются малогабаритные воздушные компрессоры. Генерация паровоздушного



Рис. 1. Калибровочный центр, оборудованный группой генераторов ТКА-ГВЛ-01



Рис. 2. Калибратор влажности ТКА-КВЛ-04-2 подключен к генератору ТКА-ГВЛ-01



Рис. 3. Калибратор влажности ТКА-КВЛ-04-1 с установленным в рабочую камеру зондом эталонного термогигрометра



Рис. 4. Термогигрометр эталонный ТКА-ТВ/Эталон



Рис. 5. Термогигрометр эталонный ТКА-ТВ/Эталон в составе генератора влажности ТКА-ГВЛ-01

потока с требуемым уровнем относительной влажности обеспечивается смешением в необходимой пропорции потоков сухого и влажного воздуха за счет подачи соответствующих напряжений питания на компрессоры. Конструктивно калибратор влажности представляет собой моноблок с рабочей камерой на 8,3 л, в котором расположены: канал сухого воздуха, включая воздушный малогабаритный компрессор; осушительный патрон, заполняемый силикагелем; контрольный ротаметр расхода осушаемого воздуха; канал влажного воздуха, включая воздушный малогабаритный компрессор; насытитель увлажнителя с системой термостатирования. Он имеет погрешность измерений 1% (при наличии эталонного гигрометра) и работает в диапазоне влажности 5–95%.

Для повышения точности градуировки генераторов влажного газа предприятие начало выпуск отечественных термогигрометров эталонных ТКА-ТВ/Эталон двух типов с погрешностью измерения 0,5 и 1% относительной влажности в диапазоне измерения 5–95% (№87919-23 в Госреестре СИ РФ).

Алгоритм обработки сигналов дополнен вычислением корректирующих поправок, а также вычислением/отображением температур точки росы и влажного термометра.

Для максимальной автономности прибора используется интуитивно понятный интерфейс и интерактивный жидкокристаллический сенсорный дисплей. Управление термогигрометром через сенсорный дисплей обеспечивает: ввод температурной поправки, отображение текущих значений в текстовом/

графическом режимах; энергосбережение дисплея (время переключения экрана в режим малой яркости); установку календаря; выбор беспроводного интерфейса; запись результатов на карту microSD.

Термогигрометры выпускаются в компактном портативном исполнении. Конструктивно термогигрометр состоит из двух функциональных блоков: измерительного зонда (ИЗ) и блока обработки информации (БОИ), соединенных кабелем. На рис. 4 представлен термогигрометр эталонный ТКА-ТВ/Эталон.

Блок обработки сигналов оснащен литиево-ионным аккумулятором емкостью 8 А·ч и цветным сенсорным 3,5-дюймовым TFT-дисплеем с разрешением 320×240 пикселей. Большая емкость аккумулятора обеспечивает работу прибора в течение длительного времени без необходимости подключения к источникам питания, что актуально при прецизионном измерении относительной влажности. Применяемый дисплей одновременно отображает не только большое количество текущих значений, но и графики измеряемых величин. В нижнюю поверхность корпуса встроены магниты, позволяющие надежно разместить прибор на любой стальной поверхности, в том числе вертикальной. Для обеспечения удаленного мониторинга измерений прибор оснащен интерфейсами USB 2.0 (Type C), Wi-Fi, Bluetooth 2.0. Прибор имеет слот для карт памяти MicroSD для записи результатов измерений.

Возможная область применения: в качестве эталонного средства измерения метрологиче-

скими службами предприятий и ЦСМ при поверке и калибровке средств измерения относительной влажности газов (рис. 5).

### Новый российский спектрорадиометр ТКА-Спектр

Спектрорадиометры ТКА-Спектр (рис. 6) предназначены для исследования спектрального состава по длинам волн электромагнитных излучений в видимой области спектра 390–760 нм, нахождения спектральных характеристик излучателей, а также для спектрального анализа и фотометрирования.

Прибор позволяет определить следующие параметры.

*Изменяемые параметры:*

- яркость источников света  $L$ , кд/м<sup>2</sup>;
- освещенность, создаваемая источниками света непрерывного излучения  $E$ , лк;
- координаты цветности в международной колориметрической системе МКО 1931 (xy) (Международной комиссии по освещению);
- коррелированная цветовая температура источников света  $T_{ц}$ , К;
- общий индекс цветопередачи  $R_a$  самосветящихся объектов.

*Дополнительные вычисляемые параметры:*

- спектральная плотность энергетической яркости (СПЭЯ), Вт/(ср·м<sup>2</sup>·нм);
- спектральная плотность энергетической освещенности (СПЭО), Вт/(м<sup>2</sup>·нм);
- координаты цветности в системах МКО 1964 (xy) и МКО 1976, ( $u^*v^*$  и  $L^*a^*b^*$ );



Рис. 6. Спектрорадиометр ТКА-Спектр



Рис. 7. Регистратор-измеритель ТКА-ПКЛ(26) и регистратор-измеритель ТКА-ПКЛ(29)



Рис. 8. Регистратор данных ТКА-ПКЛ(28)

- энергетическая яркость непрерывного излучения  $L_e(\lambda)$ , Вт/(ср·м<sup>2</sup>);
- энергетическая освещенность в видимой области спектра  $E_e(\lambda)$ , Вт/м<sup>2</sup>;
- фотосинтетическая активная радиация (ФАР) в фотонных и энергетических единицах;
- цветовые различия в сравнении с эталонным излучателем  $\Delta E^*_{ab}$ ;
- доминантная длина волны (цветового тона)  $\lambda_d$ , нм;
- чистота цвета  $p_e$  (опция на ПК);
- индексы цветопередачи в системах: CRI или CQS;
- индексы цветопередачи TM-30 (опция на ПК);
- различие между яркостями в условиях сумеречного и дневного зрения S/P;
- представление данных измерения в виде спектрального графика или цветовых диаграмм;
- передача результатов измерения в виде графического, текстового файла или для дальнейшей обработки в MS Excel (Bluetooth, USB),
- сохранение данных на внешний носитель информации (MicroSD).

### Системы мониторинга микроклимата

Для проведения мониторинга помещений по температуре, влажности и атмосферному давлению компания «ТКА» выпускает регистраторы-измерители серии ТКА-ПКЛ (№76454-19 в Госреестре СИ РФ). Они фиксируют значения измеренных параметров, обрабатывают и записывают полученные данные в свою внутреннюю память, которая у некоторых моделей вмещает более 500 тыс. измерений. Регистраторы-измерители серии ТКА-ПКЛ были созданы на базе другого, широко используемого, измерительного прибора – ТКА-ПКМ, обладающего очень хорошими возможностями по присоединению различных датчиков. В зависимости от того, какой датчик подключен к его измерительному блоку, прибор может выполнять функции термогигрометра, анемометра, люксметра, яркомера и т. д. Принцип унификации положен в основу разных модификаций регистратора-измерителя серии ТКА-ПКЛ.

Все регистраторы-измерители серии ТКА-ПКЛ весьма удобны в эксплуатации. Так, две модели из линейки, ТКА-ПКЛ(26) и ТКА-ПКЛ(29), которые представлены на рис. 7,

имеют энергоемкие «долгоиграющие» встроенные источники питания и конструктивно представляют собой автономные логгеры, хотя способны выполнять более сложный по сравнению с обычными логгерами набор функций. Потребность в таких устройствах особенно велика в том случае, если на объекте трудно проложить кабель связи. К корпусу регистраторов-измерителей при необходимости крепится магнит (входящий в комплект поставки), с помощью которого логгер с легкостью как «монтируется» на точку измерения, так и «демонтируется» с нее. Для крепления к круглым поверхностям предусмотрены стяжки (также входящие в комплект поставки). Заметим, что крепление не всегда востребовано: с помощью такого логгера можно провести разовый замер в подконтрольном помещении, даже не прикрепляя прибор к поверхности. Вместе с тем, на базе этих устройств можно построить и распределенную систему мониторинга, автоматически собирающую данные и передающую их в персональный компьютер. Автономные регистраторы ТКА-ПКЛ(26) и ТКА-ПКЛ(29) оснащены всеми функциями, позволяющими формировать полевой уровень автоматизированной системы мониторинга, причем в такой системе поддерживается подключение к одному компьютеру до 253 регистраторов.

На верхний уровень системы информация попадает разными способами в зависимости от исполнения прибора. Это может быть как беспроводная передача данных по Wi-Fi, по радиоканалу, так и проводная – по сети Ethernet. Можно также снять показания с прибора по шине USB прибора.

Таким образом, предусмотрены возможности для построения любых сетей: как проводных, так и беспроводных.

Регистраторы-измерители ТКА-ПКЛ(26) и ТКА-ПКЛ(29) поддерживают привязку ко времени и накопление данных во внутренней энергонезависимой памяти до 8 месяцев. Данные передаются по Wi-Fi или шине USB. Первая из этих моделей, ТКА-ПКЛ(26), оснащена дисплеем, на котором в циклическом режиме отображаются значения температуры, влажности, а также давления при использовании модели ТКА-ПКЛ(26)Д.

С выхода регистратора данных ТКА-ПКЛ(28) информацию можно снять с помощью USB-накопителя, а также с помощью PoE (Power over Ethernet) – технологии, позволяющей передавать питание и инфор-



Рис. 9. Оптические логгеры ТКА-ПКЛ(34) и ТКА-ПКЛ(35)

мацию через один Ethernet-кабель (рис. 8). Питание ТКА-ПКЛ(28) осуществляется только от сети.

Прилагаемое к системе программное обеспечение позволяет наблюдать на экране монитора ПК в режиме реального времени текущие значения измеряемых параметров микроклимата, генерировать отчеты, задавать по каждому из параметров критические (аварийные) уровни, выход за пределы которых генерирует звуковой сигнал тревоги и отправку сообщения тревоги на указанную электронную почту.

Дальность действия системы при передаче данных по радиоканалу LoRa или Wi-Fi определяется особенностями объекта размещения (расстоянием, наличием внутренних стен, их толщиной и материалом, источниками электромагнитных помех и т. д.) и может быть повышена за счет установки дополнительных ретрансляторов (роутеров). Для регистраторов с радиоканалом НТП «ТКА» производит усилители сигнала как с автономным питанием от сменных аккумуляторов, так и с питанием от блока питания.

Встроенный в каждый датчик микропроцессор включает его через установленный из программы интервал, производит замеры, преобразует данные в цифровой сигнал и по радиоканалу передает на базовую станцию. Базовая станция регистрирует и сохраняет данные до момента их передачи на ПК, где они сохраняются в архиве и анализируются.

Системы мониторингового контроля могут оснащаться оптическими логгерами (рис. 9). Недавно разработанные регистраторы оптических параметров (освещенность, УФ-облученность) модификаций ТКА-ПКЛ(34) и ТКА-ПКЛ(35) оснащены беспроводной связью. Дизайн прибора разработан с учетом специфики музейных и библиотечных помещений, чтобы минимально влиять на восприятие экспонатов посетителями с датчиками видимого и УФ-диапазона. Наше предприятие, являясь ведущим производителем фотометрических приборов, обеспечивает высокое качество оптических измерений. ■