



Дмитрий Евгеньевич ЩУР

*заместитель технического директора,
научно-техническое предприятие «ТКА»*



Юрий Алексеевич БАРБАР

*кандидат технических наук, технический директор,
научно-техническое предприятие «ТКА»*



Константин Абрамович ТОМСКИЙ

*доктор технических наук, генеральный директор,
научно-техническое предприятие «ТКА»*



БЕСПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ МУЗЕЙНЫХ И БИБЛИОТЕЧНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

С развитием цифровых технологий и появлением новых возможностей по мониторингу, диспетчеризации и управлению производством требования к точному соблюдению климатических параметров в различных сферах производства и хранения продукции постоянно возрастают. Поэтому в последние годы в производстве, на транспорте и в быту широко внедряются системы мониторинга микроклимата. Контроля могут требовать самые разные параметры: температура, влажность, давление, освещенность, скорость воздушного потока, концентрация различных газов в воздухе и т. д.

В большинстве случаев точные климатические показатели предписаны нормативными актами, а потому системы мониторинга не просто необходимы, но и являются юридической защитой предпринимателя, поскольку позволяют создать документальную базу для контролируемых организаций.

Отметим отрадный факт: в настоящее время на российском рынке лидируют отечественные производители локальных систем мониторинга, будь то мониторинг температуры, влажности, окружающего (атмосферного) давления, скорости движения воздуха или условий световой среды помещения. И хотя брендов, под которыми выпускается оборудование для данных систем, не так много (если учитывать только ту продукцию, которая изначально разработана и произведена в России), конкуренция между этими брендами достаточно жесткая. Производители предлагают как серийные образцы, которые у большинства из них обладают сходными характеристиками, так и специфические устройства для выполнения более узкого круга задач. Так что порой один регистратор-измеритель может быть представлен в линейке производителя почти десятком разных модификаций: с экраном визуализации и без него, с автономным питанием, в стационарном исполнении, разного класса точности и т. д. Таким образом, вопреки устаревшему



обывательскому мнению, утверждающему, что у нас хорошо умеют конструировать только сверхдорогие и засекреченные объекты, в нашей стране усердно трудятся центры НИОКР многих компаний, создающих оборудование, предназначенное для каждодневной жизни.

Основой любой системы мониторинга являются средства измерений: различные датчики, регистраторы, логгеры и прочие устройства, на разработке и производстве которых могут специализироваться целые предприятия. Петербургская компания НТП «ТКА» работает на этом рынке более 30 лет.

Измерители-регистраторы параметров микроклимата серии ТКА-ПКЛ позволяют в режиме реального времени наблюдать значения параметров микроклимата (температура, влажность, атмосферное давление) с возможностью объединения их в систему мониторинга; получать архив данных, который можно использовать как доказательную базу для контролируемых органов.

Регистраторы-измерители серии ТКА-ПКЛ

Для проведения мониторинга по температуре, влажности и атмосферному давлению компания «ТКА» разработала регистраторы-измерители серии ТКА-ПКЛ. Они фиксируют значения измеренных параметров, обрабатывают и записывают полученные данные в свою внутреннюю память, которая у некоторых моделей вмещает более 500 000 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. Этот принцип унификации положен нами в основу различных 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 ил. 1 и 2, 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 сложно 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).

Отметим, 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) снабжены всеми функциями, позволяющими им 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. Таким образом, предусмотрены возможности для построения любых сетей: как проводных, так и беспроводных (табл. 1).

Самым простым конструктивным решением отличается USB-регистратор ТКА-ПКЛ (27) (ил. 3). Это самое компактное устройство в серии, лишенное внутреннего элемента питания



измеритель ТКА-ПКЛ (26)

Ил. 2. Регистратор-измеритель ТКА-ПКЛ (29)



Таблица 1. Системы, которые можно построить на автономных логгерах ТКА-ПКЛ

Тип системы	Тип логгера	Количество логгеров в системе	Способ передачи / отображения результатов и измерений
Беспроводная	ТКА-ПКЛ (26)	До 253	На ЖКИ, USB, Wi-Fi, по радиоканалу
Стационарная	ТКА-ПКЛ (27)	–	По USB
Проводная	ТКА-ПКЛ (28)	До 253	По USB, Ethernet
Беспроводная	ТКА-ПКЛ (29)	До 253	По USB, Wi-Fi



Ил. 3. USB-регистратор
ТКА-ПКЛ (27)

и энергонезависимой памяти, но при этом ТКА-ПКЛ (27) позволяет вести мониторинг измеряемых параметров на ПК, передавая информацию по шине USB.

Регистраторы-измерители ТКА-ПКЛ (26) и ТКА-ПКЛ (29) способны измерять значения параметров только в одной точке, зато они 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), снабжена дисплеем, на котором в циклическом режиме отображаются значения температуры, влажности, а также давления (ТКА-ПКЛ (26)Д).

С выхода регистратора данных ТКА-ПКЛ (28) информацию можно снять с помощью USB-накопителя, а также с помощью PoE (PoweroverEthernet) – технологии, позволяющей передавать питание и информацию через один Ethernet-кабель (ил. 4). Питание ТКА-ПКЛ (28) осуществляется только от сети.

Приборы производства НТП «ТКА» серии ТКА-ПКЛ внесены в Госреестр средств измерения РФ, № 76454-19, производятся



Ил. 4. Регистратор
данных ТКА-ПКЛ (28)



отечественным производителем и включены в Реестр средств измерений РЖД.

Метрологическая поддержка выпускаемых приборов обеспечивается наличием на предприятии специально разработанных эталонов.

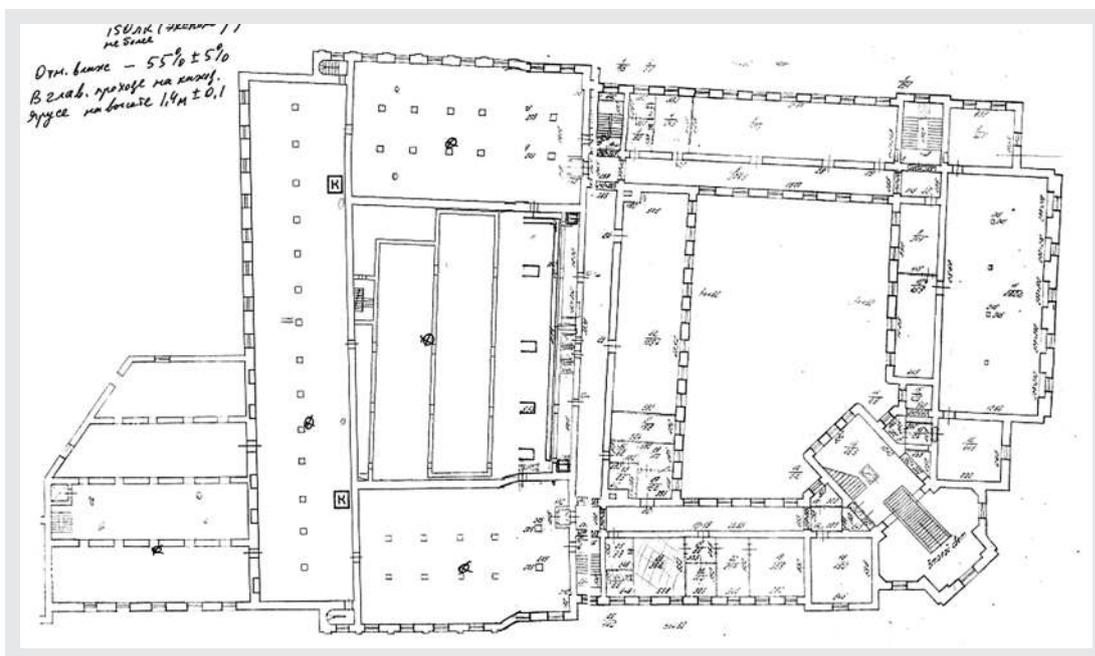
Все измерители-регистраторы имеют внутреннюю память для записи результатов измерений. Кроме того, регистраторы в зависимости от модели имеют возможность передачи данных как по проводным каналам Ethernet и RS-485, так и по беспроводным — Wi-Fi или радиоканал 433 МГц с технологией LoRa.

Программное обеспечение, прилагаемое к системе, 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 (расстояние, наличие внутренних стен, их толщина и материал, источники 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.

Внедрение системы мониторинга в Библиотеке Академии наук (БАН)

В рамках гранта Министерства науки и высшего образования РФ в форме субсидий, проект № 075-15-2020-786 «История письма европейской цивилизации» (участвуют БАН, ИРЛИ, СПБНИИ, СПбФ АРАН), в результате предварительных испытаний в хранилищах библиотеки и с учетом первичных требований к системе мониторинга специалистами БАН и НТП «ТКА» было принято совместное решение использовать для построения системы приборы с передачей данных по радиоканалу LoRa на частоте 433 МГц (свободная разрешенная



Ил. 5. Планировка основного здания XXX БАН

частота) как наиболее подходящее ввиду сложности и специфики объекта размещения. Помещения, в которых устанавливались элементы системы, размещались в нескольких корпусах (ил. 5) на разных этажах, толщина стен достигала от 0,8 до 1 м.

Отличительные особенности беспроводной системы мониторинга для музеев:

- беспроводное исполнение, чтобы при монтаже минимально воздействовать на помещение;
- работа в режиме 24/7/365;
- вывод информации на рабочее место администратора;
- наглядная визуализация показаний температуры и влажности;
- возможность объединить несколько зданий музеев и музейных комплексов на один экран для удобства контроля;
- гибкие возможности уведомления ответственных лиц о нарушениях микроклимата. Предупреждение на экране, по электронной почте, SMS и звонку;



- возможность, при необходимости, интегрировать систему мониторинга микроклимата с климатическими установками для автоматического управления ими.

Схема работы системы мониторинга микроклимата в музее

В точках контроля устанавливаются беспроводные датчики. Места установки могут быть скрытыми, чтобы не влиять на декор помещений. Благодаря большому радиусу действия датчиков возможно покрытие больших площадей и залов. При нарушениях режима ответственный персонал получает уведомления о событиях. Данные о микроклимате хранятся в сервисе до пяти лет включительно. Таким образом, система мониторинга микроклимата музея позволяет решить задачу мониторинга (температура, влажность, атмосферное давление, световые параметры и др.) в помещениях и залах музеев, галерей и библиотек. Контрольные приборы (регистраторы) благодаря специально разработанным вариантам креплений устанавливаются без вмешательства в декор помещений.

Как было отмечено выше, специфика корпусов и отдельных помещений БАН потребовала проведения предварительных испытаний для установления проницаемости стен и дверей для беспроводной связи. В результате при разработке проекта была выявлена потребность в установке дополнительно восьми промежуточных ретрансляторов (репитеров) для надежного прохождения радиосигнала.

Программа ТКА NET Монитор

Программа ТКА NET Монитор предназначена для приема по каналам связи (Wi-Fi, Ethernet, RS-485, Lora) результатов измерений параметров микроклимата от измерителей-регистраторов данных серии ТКА-ПКЛ, вывода текущих показаний прибора на экране компьютера и сохранения их в базу данных.

Текущие принятые данные от регистраторов отображаются в главном окне программы в табличном виде (ил. 6). При этом все принятые результаты измерений от приборов сохраняются в специальной базе данных. Каждая строка в таблице, в которой отображаются присвоенное название прибора, серийный номер, текущие показания и статус, соответствует



Название	Номер	t, °C	RH, %	P, кПа	Бат., %	Статус
Хр 20-1 (4,5 эт)	26100026	0,0	0,0	0,0	0	●
Читальный зал (4 эт)	26100033	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 23 (5 эт)	26100030	0,0	0,0	0,0	0	●
Рукописный отдел (2 эт)	26100017	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 5 (2 эт)	26100018	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 11 (3 эт)	26100021	0,0	0,0	0,0	0	●
К 501 (5 эт)	26100032	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 236 (5 эт)	26100031	0,0	0,0	0,0	0	●
Рукописный отдел (2 эт)	26100016	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 8 (2,5 эт)	26100020	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 14 (3,5 эт)	26100022	0,0	0,0	0,0	0	●
Рукописный отдел (2 эт)	26100015	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 20-2 (4,5 эт)	26100028	0,0	0,0	0,0	0	●
Рукописный отдел (2 эт)	26100014	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 5А (2 эт)	26100019	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 206-2 (4,5 эт)	26100029	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 23 (3,5 эт)	26100023	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 206-1 (4,5 эт)	26100027	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 17 (4 эт)	26100024	0,0	0,0	0,0	0	●
Хр 21 (4,5 эт)	26100025	0,0	0,0	0,0	0	●

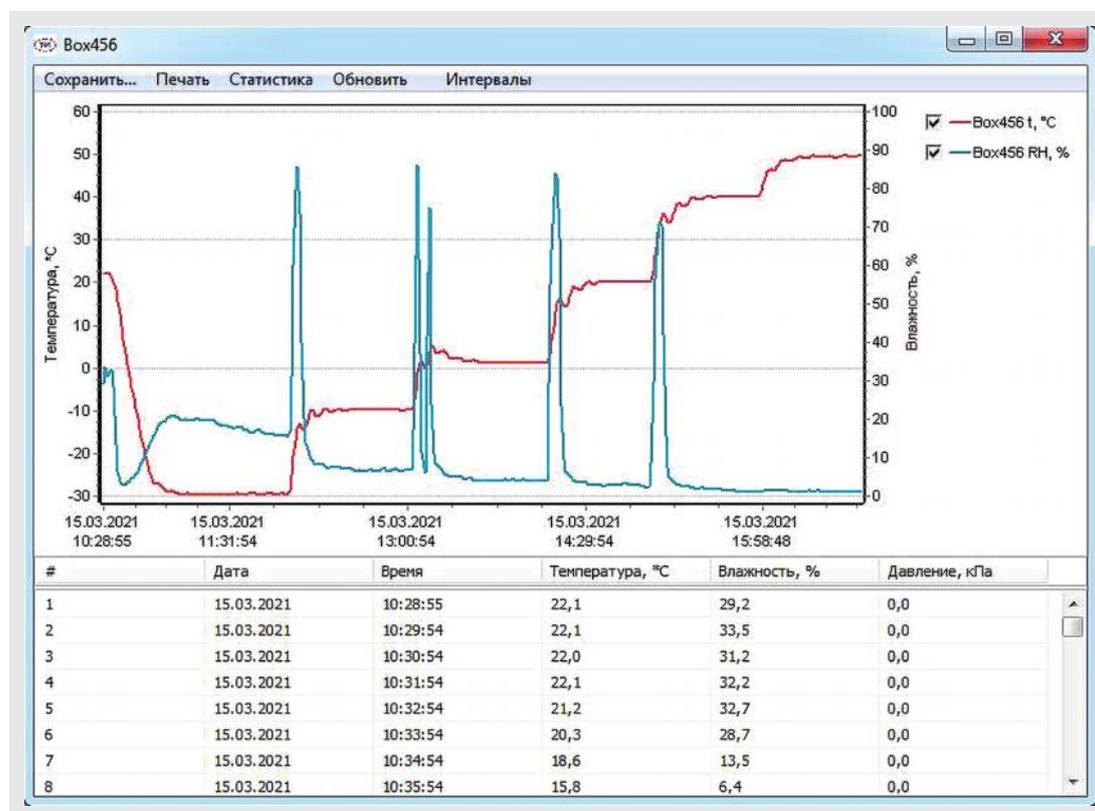
Ил. 6. Главное окно на компьютере оператора

одному прибору. При этом поле статуса кодируется цветом: зеленый круг – нормальное состояние прибора, красный – тревога, серый – от прибора нет отклика.

Окно с накопленными данными регистратора ТКА-ПКЛ представлено на ил. 7 и разделено на три области. Сверху располагается меню из пяти пунктов (Сохранить, Печать, Статистика, Обновить, Интервалы), а под меню – области с графической информацией и данными в табличном виде.

По умолчанию на графике и в таблице выводятся результаты измерений за текущий день. Если необходимо посмотреть данные за другой промежуток времени, то для этого необходимо воспользоваться пунктом меню «Интервалы» (ил. 8).

Суммируя, можно отметить, что на первом этапе в БАН поставлено 20 измерителей-регистраторов с передачей данных

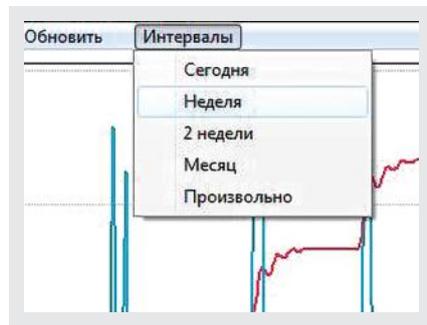


Ил. 7. Окно с накопленными данными регистратора ТКА-ПКЛ

по радиоканалу и 30 ретрансляторов радиосигнала (с запасом на будущее). На втором этапе поставлено еще 64 измерительных прибора, в результате чего система мониторинга показателей микроклимата будет насчитывать в своем составе уже значительное количество регистраторов, 84 штуки, что дает возможность организации мониторинга в комплексе зданий БАН, включая филиалы.

Дальнейшее развитие интеллектуальных систем контроля и управления микроклиматом (включая контроль и управление освещением)

Известно, что длительное воздействие излучения на объекты приводит к заметным для глаза изменениям их внешнего вида (цвета, яркости, механических свойств



Ил. 8. Заданные интервалы
(промежутки времени)



Ил. 9. Регистратор-измеритель
оптических параметров

и структуры материала). Влияние излучения зависит от следующих факторов:

- спектрального состава оптического излучения;
- относительной спектральной чувствительности образца, то есть степени его устойчивости к воздействию излучения;
- продолжительности экспонирования.

Действующие рекомендации по контролю освещения в музеях ограничивают допустимые освещенности в видимой области спектра и энергетической освещенности УФ-излучения, воздействующие на экспонаты.

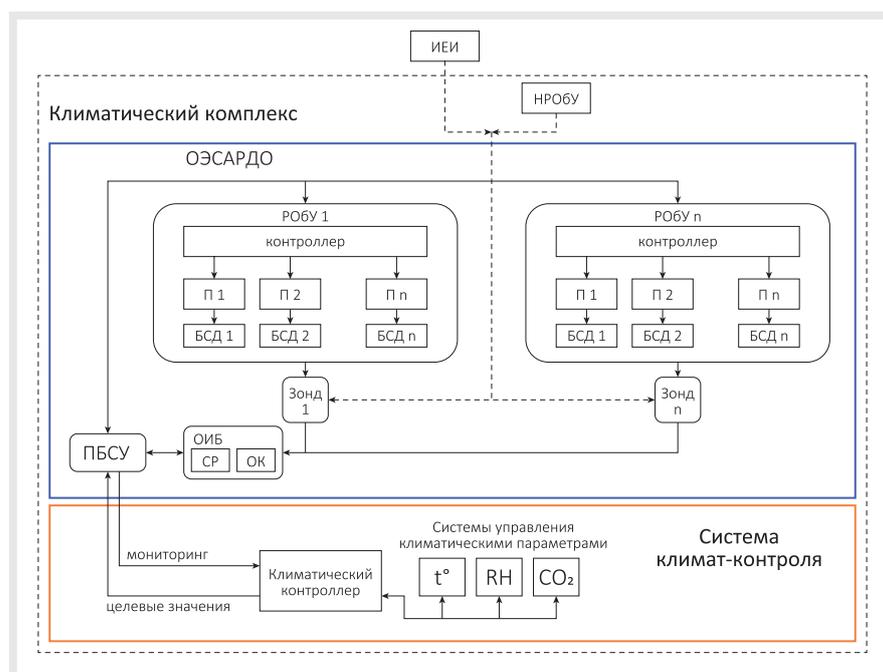
Разработанные регистраторы-измерители оптических параметров (ил. 9) (освещенность, УФ-облученность) оснащены беспроводной связью. Дизайн прибора разработан с учетом специфики музейных и библиотечных помещений, чтобы минимально влиять на восприятие экспонатов посетителями.

Было проведено опробование оптических логгеров видимого и ультрафиолетового диапазонов, совмещенных с системой контроля микроклимата, и было принято решение на первом этапе ограничиться несколькими мобильными фотометрами известной серии ТКА-ПКМ. В 2022 году планируется подключение в комплекс нескольких систем с использованием фотометров с беспроводной передачей данных. Обобщенная структура климатического комплекса представлена на ил. 10.

Для интеллектуального управления климатом в помещениях и обратной связи с исполнительными устройствами управления климатическими параметрами (отопление, конди-



ционирование, освещение и др.) разработана система ТКА-Климат. Специальный контроллер, обеспечивающий коммуникации, по нашему заданию разрабатывает ЦНИИ «Вектор».



Ил. 10. Обобщенная структура климатического комплекса

Литература и источники

1. Приказ Минкультуры России от 23.07.2020 № 827 (ред. от 24.11.2020) «Об утверждении Единых правил организации комплектования, учета, хранения и использования музейных предметов и музейных коллекций» (зарегистрирован в Минюсте России 05.11.2020, № 60748). Раздел X1: Требования к условиям микроклимата, обеспечивающим сохранность музейных предметов.
2. ООО «НТП «ТКА». Автономные регистраторы ТКА-ПКЛ // Промышленный вестник. 2019. № 9. С. 22–23.
3. Барбар Ю. А., Томский К. А., Щур Д. Е., Рысков М. А. Метрологическое обеспечение измерений относительной влажности воздуха в условиях серийного производства термогигрометров // Журнал ИСУП (Информатизация и системы управления в промышленности). 2020. № 5(89). С. 65–70.
4. Барбар Ю. А., Томский К. А., Щур Д. Е., Рысков М. А. Калибратор влажности «ТКА-КВЛ-04» как метрологическое средство измерений при серийном производстве термогигрометров // Журнал ИСУП (Информатизация и системы управления в промышленности). 2021. № 3(93). С. 45–50.