

СОСТОЯНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ РОСГИДРОМЕТА

Обосновывается необходимость создания принципиально новой системы метрологического обеспечения гидрометеорологических измерений для наземной наблюдательной сети Росгидромета. Задача обеспечения качества измерений диктует необходимость модернизации имеющейся эталонной базы и создания новых эталонов Росгидромета. Сервисное обслуживание автоматизированных метеорологических комплексов и автоматических метеорологических станций после окончания срока гарантийных обязательств должно обеспечиваться поверкой с использованием уточненных нормируемых метрологических характеристик приборов.

Ключевые слова:

метрологическое обеспечение гидрометеорологических измерений, метрологическое обслуживание метеорологических приборов, наблюдательная сеть Росгидромета, наземные метеорологические измерения, нормируемые метрологические характеристики, поверка, сервисное обслуживание метеорологических приборов, эталоны Росгидромета.

Проект по модернизации и техническому перевооружению учреждений и организаций Росгидромета предусматривает широкомасштабное внедрение более 1800 автоматизированных метеорологических комплексов (АМК) и автоматических метеорологических станций (АМС). В связи с этим возникла необходимость создания принципиально новой **системы метрологического обеспечения гидрометеорологических измерений**. С 2007 г. начала реализовываться разработанная ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» («ГГО») концепция метрологического обеспечения наземных метеорологических измерений.

Основная тенденция развития системы метрологического обеспечения – переход от существовавшей ранее узкой задачи обеспечения единства и требуемой точности измерений к принципиально новой задаче обеспечения качества измерений для получения в установленный срок результатов измерений с требуемой точностью (пределом допускаемой погрешности), метрологической надежностью, достоверностью, правильностью, сходимостью, воспроизводимостью.

Концепция высокоэффективной системы метрологического обеспечения метеорологических измерений основана на реализации и внедрении технологий, обеспечивающих на современном уровне:

- анализ и управление состоянием (метрологической надежностью) парков гидрометеорологических средств измерений;
- внедрение нового поколения эталонного и поверочного оборудования;

- внедрение нормативной документации для поступающих на сеть метеорологических средств измерений, автоматических метеорологических комплексов, станций и систем, поверочного оборудования;

- поддержание, модернизацию и создание новых исходных и рабочих эталонов Росгидромета, обеспечивающих единство, качество, воспроизводимость и надежность измерений в системе Росгидромета и ВМО.

В настоящее время часть задач по созданию новой системы метрологического обеспечения уже решена. В 2008–2009 гг. для Службы средств измерений (ССИ) Центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и Межрегиональных территориальных органов управления Росгидромета (УГМС) осуществлены следующие мероприятия:

- поставка 28 мобильных автоматизированных поверочных лабораторий (МАПЛ) для поверки автоматических станций, автоматизированных систем и автономных средств измерений *на местах эксплуатации*, что позволяет обеспечить комплектную поверку датчиков и измерительных каналов автоматизированных метеорологических информационно-измерительных систем (АМИИС), минимизировать затраты на поверку, сократить время поверки датчиков АМИИС и автономных СИ, обеспечив единство и надежность измерений на сети Росгидромета; 14 стационарных поверочных лабораторий (СПЛ) для поверки, в том числе послеремонтной, средств измерений и датчиков автоматических станций *в стационарных*

условиях, что позволяет существенно увеличить производительность поверки;

- автоматизация поверки, что позволяет избежать ошибок при ее проведении (в т.ч. в оформлении документации – свидетельств и протоколов поверки), повысить надежность измерений;

- внедрение нового поколения методических рекомендаций по проведению поверки автономных средств измерений и измерительных каналов автоматических станций;

- обучение специалистов УГМС новым, автоматизированным методам поверки с использованием современного поверочного оборудования.

Однако есть нерешенные проблемы. Самая острая из них – **метрологическое обслуживание АМК, автоматизированных актинометрических комплексов (ААК) и АМС**, установка которых на сети Росгидромета начата в 2011 г. и продолжится в 2012–2013 гг. После установки АМК и АМС запланирована опытная эксплуатация, включающая параллельные синхронные наблюдения, которые требуется проводить не менее 1 года. В УГМС/ЦГМС (ЦГМС-Р), где АМК и АМС установлены, опытная эксплуатация уже началась, выявлен ряд недостатков. Для достоверности результатов, получаемых в ходе параллельных синхронных необходимо, чтобы все АМК и АМС перед началом наблюдений прошли периодическую поверку.

В настоящее время поверочные лаборатории, которые были поставлены в ССИ УГМС (ЦГМС) Росгидромета, введены в эксплуатацию. Большинство УГМС прошли переаккредитацию на право поверки средств измерений (СИ) с применением МАПЛ и СПЛ и в течение 1,5–2 лет используют их для поверки автономных СИ и автоматических станций как на местах эксплуатации, так и в стационарных условиях. Однако для поверки 1843 АМК, ААК и АМС имеющегося количества поверочных лабораторий недостаточно. На коллегии Росгидромета, проходившей в Москве в июне 2009 г., была отмечена необходимость дополнительного дооснащения средствами поверки ССИ УГМС. Управлениям по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды предлагалось представить предложения.

Предложения, поступившие из УГМС, представлены в табл. 1. Из таблицы видно, что наиболее крупные управления, в состав которых входит несколько Центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды: Западно-Сибирское

(5), Северо-Западное (4), Северо-Кавказское (11) и Центральное (10) – нуждаются в дополнительной поставке как минимум 4-х МАПЛ, другие управления – от 1-й до 3-х МАПЛ. Десять управлений нуждаются в дооснащении стационарными поверочными лабораториями, т.к. ранее СПЛ в эти УГМС не поставлялись, и поэтому они не имеют возможности самостоятельно осуществлять как послеремонтную поверку метеорологических СИ, так и обеспечить высокопроизводительную поверку и калибровку нового поколения датчиков АМК (ААК), АМС, АМИИС и автономных средств измерений в стационарных условиях. Расчет необходимого количества МАПЛ к допоставке проводился, исходя из количества имеющихся и устанавливаемых метеорологических комплексов и станций в УГМС (ЦГМС), пробега автомобиля из состава МАПЛ (т.е. расстояния от места его базирования до метеостанции), климатических условий региона, трудозатрат, а также имеющегося персонала. Опыт эксплуатации МАПЛ в УГМС (ЦГМС) показал, что среднее количество АМК и АМС, обслуживаемых на местах эксплуатации, составляет в среднем 30 шт./год, что позволяет рассчитать общее количество МАПЛ, необходимых для модернизированной сети. В настоящее время на сеть поставлено 1627 АМК и 310 АМС (всего 1937 АМК, АМС), что требует для метрологического обслуживания не менее 64 МАПЛ (т.е. **необходима дополнительная поставка 36 МАПЛ**). Учитывая, что парк штатных метеорологических СИ, эксплуатируемых на 1627 обслуживаемых станциях должен поверяться одновременно с указанным выше количеством АМК, АМС, то с учетом штатных СИ количество подлежащих поверке СИ практически удваивается, что требует дополнительного количества МАПЛ и СПЛ. В табл. 1 приведено распределение МАПЛ и СПЛ по УГМС (ЦГМС) с учетом их загрузки.

Учитывая, что в рамках Проекта–2 по модернизации сети Росгидромета планируется в 2013–2014 гг. дополнительно установить еще 350 АМС и АМК, то соответственно увеличится нагрузка на ССИ УГМС (ЦГМС), и потребуются **увеличить количество МАПЛ еще на 11 шт.** (т.е. всего дополнительно поставить 47 шт.).

Кроме того, для ежегодной подготовки специалистов-метрологов УГМС (ЦГМС), стажировок по эксплуатации МАПЛ, СПЛ, обучению новым версиям программного обеспечения, проведению курсов повышения квалификации поверителей,

Количество мобильных и стационарных поверочных лабораторий, поставленных в УГМС, и предложения по дооснащению ими ССИ УГМС для комплексного решения задач по метрологическому и сервисному обслуживанию СИ с учетом перспектив технического перевооружения государственной гидрометеорологической наблюдательной сети, в т.ч. авиаметеорологических подразделений

№ п/п	УГМС	Количество поверочных лабораторий, поставленных в УГМС				Предложения по дооснащению			
		МАПЛА	Пункт назначения	СПА	Пункт назначения	МАПЛА	Пункт назначения	СПА	Пункт назначения
1	Башкирское	1	Уфа	–	–	2	Уфа	1	Уфа
2	Верхне-Волжское	1	Нижний Новгород	1	Нижний Новгород	2	Киров	–	–
3	Дальневосточное	2	Хабаровск, Благовещенск	1	Хабаровск	3	2 – Хабаровск 1 – Благовещенск	–	–
4	Забайкальское	1	Чита	1	Чита	2	ОГМС Чара Улан-Удэ	–	–
5	Западно-Сибирское	1	Новосибирск	1	Новосибирск	4	Кемерово, Барнаул, Томск, Горно-Алтайск	–	–
6	Иркутское	1	Иркутск	1	Иркутск	2	Братск, Иркутск	–	–
7	Калининградский ЦГМС	1	Калининград	–	–	1	Калининград	1	Калининград
8	Камчатское	1	Петропавловск-Камчатский	–	–	2	Петропавловск-Камчатский	1	Петропавловск-Камчатский
9	Колымское	1	Магадан	–	–	1	Магадан	1	Магадан
10	Мурманское	1	Мурманск	–	–	1	Кандалакша	1	Мурманск
11	Обь-Иртышское	2	Омск, Ханты-Мансийск	1	Омск	2	Тюмень, Салехард	–	–
12	Приволжское	1	Самара	1	Самара	3	Оренбург, Саратов, Пенза	–	–
13	Приморское	1	Владивосток	–	–	1		1	Владивосток
14	Сахалинское	1	Южно-Сахалинск	–	–	1	Южно-Сахалинск	1	Южно-Сахалинск
15	Северное	2	Архангельск, Сыктывкар	1	Архангельск	2	Вологда, Воркута	–	–
16	Северо-Западное	1	Санкт-Петербург	1	Санкт-Петербург	4	Санкт-Петербург, Петрозаводск, Великий Новгород, Псков	–	–
17	Северо-Кавказское	2	Ростов-на-Дону	1	Ростов-на-Дону	2	Ростов-на-Дону	–	–
18	Среднесибирское	1	Красноярск	1	Красноярск	2	Красноярск	–	–
19	Республики Татарстан	1	Казань	–	–	1		1	Казань
20	Уральское	1	Екатеринбург	1	Екатеринбург	1	Челябинск	–	–

№ п/п	УГМС	Количество поверочных лабораторий, поставленных в УГМС				Предложения по дооснащению			
		МАПА	Пункт назначения	СПА	Пункт назначения	МАПА	Пункт назначения	СПА	Пункт назначения
21	Центральное	1	Москва	1	Москва	3	Тверь, Ярославль, Кострома, Рязань, Москва	–	–
22	ЦЧО	1	Курск	1	Курск	1		–	–
23	Чукотское	1	Певек	–	–	1		1	Певек
24	Якутское	1	Якутск	–	–	2	Мирный, АЭ Алдан	1	Якутск
25	ГУ «ГГО»	–	–	–	–	1	Санкт-Петербург	1	Санкт-Петербург
	ВСЕГО:	28		14		47		11	

необходимо создание в «ГГО» учебного комплекса, оснащенного не менее чем одним комплектом портативных поверочных комплексов (КПП) из комплекта МАПА-1 (КПП-1 – КПП-6) и одним комплектом стационарных поверочных комплексов (СПК) из состава стационарной поверочной лаборатории СПА-1.

Вторая (по приоритету) проблема, связанная с состоянием метрологического обеспечения СИ, состоит в необходимости целевого финансирования **поверки эталонного оборудования** (в том числе МАПА и СПА), эксплуатируемого в ССИ УГМС (ЦГМС). Сами УГМС (ЦГМС) не имеют необходимого объема внебюджетных средств для оплаты этих работ. Поэтому необходимо возобновление существовавшего до 1998 г. целевого финансирования оперативных работ по метрологическому обеспечению метеорологической сети, выполняемой «ГГО».

Аналогичная ситуация сложилась с **поверкой эталонов Росгидромета**, хранящихся в «ГГО». Существенное увеличение Росстандартом стоимости поверки эталонов в 2008–2011 гг. не позволяет в настоящее время «ГГО» проводить их поверку и аттестацию за счет внебюджетных средств.

Третья проблема, связанная с состоянием метрологического обеспечения АМК и АМС, состоит в необходимости **уточнения их нормируемых метрологических характеристик АМК и АМС (НМХ)**, указанных в сертификате типа СИ и нормативной документации.

К сожалению, первичная поверка АМК и АМС была проведена в ФГУП им. А.И.

Менделеева формально, это не позволило выявить неточности в НМХ, указанных в сертификате типа СИ, и ошибки в свидетельствах об их первичной поверке. Формальное проведение первичной поверки АМК, АМС существенно повлияло на качество приборов при выпуске из производства и приемке в УГМС (ЦГМС).

Анализ метрологических характеристик комплексов АМК, АМС, приведенных в сертификате типа СИ (МКС: МКС-М1, МКС-М2, МКС-М3) RU.C.28.001A № 34225 (регистрационный номер 39804-08) показал следующее:

- диапазоны измерений и пределы допускаемой погрешности измерения температуры и влажности воздуха указаны неправильно, т.к. используемый в МКС датчик температуры и влажности воздуха типа НМР 45D имеет метрологические характеристики, ранее установленные сертификатом типа СИ FL.C.31.001.A № 6671 (регистрационный номер № 18634-99);

- диапазон измерений температуры воздуха от –40 до +50 град. С, предел допускаемой погрешности измерения $\pm 0,4$ град. С;

- диапазон измерений относительной влажности воздуха от 10 до 100%. Предел допускаемой погрешности измерений: в диапазоне от 10 до 90% – $\pm 4\%$, в диапазоне от 90 до 100% – $\pm 5\%$.

В сертификате типа СИ № FL.C.31.001.A №6671 датчик НМР45D сохраняет работоспособность в диапазоне температур от –40 до +50 град. С

В то же время сертификат типа СИ № RU.C.28.001A № 34225, выданный на ком-

- диапазон измерений температуры воздуха от -60 до $+60$ град. С, предел допускаемой погрешности измерения $\pm(0,1+0,005 t)$ град. С, где t – измеряемая температура воздуха;

- диапазон измерений относительной влажности воздуха от 0,8 до 100%. Предел допускаемой погрешности измерений: в диапазоне от 0,8 до 90% – $\pm 2\%$, в диапазоне от 90 до 100% – $\pm 3\%$.

Датчик НМР45D должен сохранять работоспособность в диапазоне температур воздуха от -60 до $+60$ град.С. Однако, по сведениям фирмы-изготовителя, датчики НМР45D в период с 1999 г. по настоящее время модернизацию не проходили.

Сравнение метрологических характеристик датчиков одного и того же типа НМР45D в указанных выше сертификатах типа СИ наглядно показывают, что диапазоны измерений и пределы допускаемой погрешности измерений температуры и влажности воздуха не совпадают. Результаты испытаний датчика НМР45D в ГГО показали, что его метрологические характеристики соответствуют ранее сертификату типа СИ FI.C.31.001.A № 6671(регистрационный номер № 18634-99), т.е. он **не предназначен** для работы в диапазоне температур от -60 до $+60$ град. С, а пределы допускаемой погрешности измерений температуры и относительной влажности воздуха **существенно занижены** по сравнению с результатами ранее проведенных сертификационных испытаний.

Аналогичная ситуация и по каналу измерения скорости воздушного потока:

- диапазон измерений скорости воздушного потока от 0,5 до 100 м/с;

- предел допускаемой погрешности $\pm 0,1\%$ во всем диапазоне измерений.

Анализ показывает, что при скорости 0,5 м/с предел допускаемой абсолютной погрешности будет 0,005 м/с, что ниже предела допускаемой погрешности государственного эталона скорости воздушного потока, а если учесть, что применяемый в МКС датчик скорости и направления ветра имеет порог чувствительности 1,0 м/с, то можно заметить, что диапазон и предел допускаемой погрешности измерений скорости воздушного потока указаны в сертификате типа СИ RU.C.28.001A № 34225 (регистрационный номер 39804-08) **недостаточно точно**. Ситуация с датчиками осадков аналогична.

В связи с этим возникает необходимость уточнения и коррекции НМХ ука-

занных выше датчиков МКС (в тексте АМК, АМС) производства ЗАО «ЛАНИТ» как в сертификате типа СИ, так и в нормативной документации.

Анализ состояния АМК, ААК, АМС по данным УГМС (ЦГМС) показал, что основными причинами отказов датчиков и оборудования являются: перебои в энергоснабжении, ошибки в программном обеспечении, временное нарушение работоспособности (перемежающиеся метрологические отказы типа сбоя) датчиков влажности (при длительной влажности около 100%), датчиков параметров ветра (при опасных гололедно-изморозевых отложениях), датчиков давления (самопроизвольное отключение), нарушение работоспособности (сбои) логгера после временного отключения электропитания, отказы логгера (из-за воздействия атмосферных электрических разрядов и низких отрицательных температур), неустойчивая связь между НП и центрами сбора данных (особенно в районах с плохо развитой телекоммуникационной инфраструктурой) и неудовлетворительное качество производства ряда компонентов (устройств заземления, мачт, ветрогенераторов, преобразователей напряжения МАП и др.). Дрейф НМХ датчиков АМК, АМС в целом ряде случаев превышает установленные сертификатом типа СИ **пределы допускаемой погрешности**, что требует их уточнения по результатам поверок 2011 г.

Поставщиком (ЗАО «ЛАНИТ») завершена в 2011 г. поставка в УГМС, ЦГМС автоматизированных метеорологических комплексов, автоматических метеорологических станций и автоматизированных актинометрических комплексов. Всего поставлено 1627 АМК, 310 АМС и 19 ААК.

К началу октября 2011 г. установлены около 80% поставленных АМК (1300 шт.), почти 30% поставленных АМС (93 шт.) и около 70% поставленных ААК (13 шт.).

Доля введенных в действие и полностью работоспособных АМК, от которых регулярно поступают в ЦСД полные (с вводом визуально наблюдаемых характеристик) сообщения SYNOP, составляет около 60%.

Доли поверенных и полностью работоспособных комплексов и станций: АМК – около 60% (780 шт.); АМС – около 30% (93 шт.); ААК – 0% (не поверяются, т.к. нет сертификата типа СИ). Полученные показатели работоспособности АМК, АМС, к сожалению, не соответствуют требованиям.

Более точные данные о результатах поверки АМК, АМС, ААК (с помощью МАПЛА-1) могут быть получены в декабре

2012 г. после завершения представления УГМС (ЦГМС) в «ГГО» баз данных с протоколами их поверок. Учитывая среднюю производительность МАПЛ (30 АМК, АМС в год) можно оценить технические возможности УГМС (ЦГМС) в проведении ежегодной поверки с помощью 28-ми МАПЛ на уровне **840 шт. в год**, что составляет 60% от общего количества поставленных.

Некоторые УГМС (ЦГМС) для труднодоступных станций нуждаются в специальных транспортных средствах для МАПЛ – вездеходах (Якутское, Колымское УГМС и др.) и вертолетах, что, учитывая их стоимость эксплуатации, требует создания 100% резерва поверенных в стационарных условиях датчиков АМК, АМС. В связи с этим представляется целесообразным на втором этапе модернизации сети Росгидромета дополнительно поставить в УГМС (ЦГМС) 10 СПЛ, которые реализуют принцип поверки с заменой. Распределение СПЛ по УГМС (ЦГМС) представлено в табл. 1.

На основании анализа состояния АМК, АМС, ААК, обоснований и предложений УГМС (ЦГМС) для обеспечения требуемой работоспособности (ремонта, профилактики, периодической и после-ремонтной поверки) модернизированной наблюдательной сети Росгидромета необходимо существенное увеличение количества поверочных лабораторий в УГМС (ЦГМС): мобильных – не менее, чем на 41 шт., стационарных – не менее, чем на 10 шт.; также необходимы резервные комплекты (5% от общего количества) датчиков, логгеров и средств энергообеспечения.

Предложения по улучшению метрологического обеспечения (в том числе эталонной базы Росгидромета), повышению надежности и работоспособности АМК, ААК, АМС, были представлены Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова в докладе «Метрологическое обеспечение модернизированной сети» и решениях на оперативно-производственном совещании Росгидромета (Санкт-Петербург, 10–14 ноября 2011 г.).

Единство, достоверность и надежность измерений, производимых на наземной наблюдательной сети Росгидромета обеспечивается передачей единицы измерения от эталонов Росгидромета, хранящихся в «ГГО», эталонным СИ, имеющимся в ССИ УГМС, с помощью которых должна происходить поверка сетевых автономных СИ, АМК, АМС, АМИИС. Появление в УГМС (ЦГМС) Росгидромета современного эталонного поверочного оборудования, которое, в свою очередь, также требует ежегодной поверки, обусловило **необходимость модернизации имеющейся эталонной базы** и создания новых эталонов. В 2008–2010 гг. были разработаны групповые эталоны температуры и влажности воздуха, новые элементы групповых эталонов атмосферного давления, метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облаков (мобильные варианты). Необходимо продолжить разработки групповых эталонов скорости и направления воздушного потока, метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облаков (стационарные варианты).

Наряду с перечисленными выше задачами, необходимо также решить вопрос о **сервисном обслуживании АМК (ААК), АМС** после окончания срока гарантийных обязательств. Специалисты УГМС (ЦГМС) должны проходить ежегодную стажировку по вопросам не только метрологического, но и сервисного обслуживания имеющегося оборудования. Для этой цели предлагается создать единый Сервисный центр с функциями обучения на базе «ГГО», располагающей необходимым оборудованием и кадрами, имеющими опыт сервисного и метрологического обслуживания метеорологических приборов, станций и систем, которые, уже проводят стажировки специалистов УГМС.

Для решения перечисленных вопросов предлагается разработать Программу первоочередных действий по развитию метрологического обеспечения наземной наблюдательной сети Росгидромета.

Список литературы:

- [1] Окоренков В.Ю. Методы и средства поверки метеорологических информационно-измерительных систем и средств измерений. – СПб.: Астерион, 2006. – 518 с.
- [2] Окоренков В.Ю. Результаты экспериментальных исследований метрологической надежности нового поколения вибрационно-частотных эталонных барометров типов БОП-1, БОП-1М, БРС-1, БРС-1М-1, БРС-1М-2, БРС-1М-3, СПб // Труды ГГО. – 2007, вып. 556. – С.179–191.