

ГЛАВА 4. ИСПЫТАНИЕ, КАЛИБРОВКА И ВЗАИМНОЕ СРАВНЕНИЕ ПРИБОРОВ

4.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Одной из целей ВМО, сформулированных в статье 2 (с) Конвенции ВМО, является «содействие стандартизации метеорологических и сопутствующих геофизических наблюдений и обеспечение однородности публикуемых данных наблюдений и статистики» (ВМО, 2015). С этой целью разработаны комплекты стандартных процедур и рекомендованных правил, суть которых изложена в настоящем Руководстве.

Достоверные данные наблюдений могут быть получены только тогда, когда в отношении приборов и сети применяется комплексная программа обеспечения качества. Калибровка и проведение испытаний являются неотъемлемой частью программы обеспечения качества. В программу также входят такие элементы, как четкое определение требований, специальный отбор приборов на основе этих требований, критерии выбора площадки наблюдений, техническое обслуживание и материально-техническое обеспечение. Все эти элементы должны приниматься во внимание при разработке планов калибровки, поверки и испытаний. В международном масштабе расширение программ обеспечения качества за счет включения взаимных сравнений приборов имеет большое значение для получения совместимых комплектов данных.

Ввиду важности стандартизации на межгосударственном уровне региональные ассоциации ВМО учредили РЦП¹ с целью организации и оказания содействия в деятельности по стандартизации и калибровке. Подобным образом, по рекомендации Совместной технической комиссии ВМО/МОК по океанографии и морской метеорологии (СКОММ), была сформирована сеть региональных центров по морским приборам (РЦМП)² для обеспечения выполнения тех же функций в отношении измерений, проводимых по морской метеорологии и сопутствующей программе океанографических наблюдений.

Существуют национальные и международные стандарты и руководства для многих аспектов проведения испытаний и оценки приборов, и их следует использовать, когда это необходимо. На некоторые из них делаются ссылки в этой главе.

4.1.1 Определения

Определения терминов в метрологии даются в публикации *Международный словарь по метрологии — Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)* Объединенным комитетом по руководствам в метрологии (ОКРМ) (JCGM, 2012). Многие из них приводятся в [томе I](#), глава 1, а некоторые повторяются здесь для удобства. Определения ОКРМ настоятельно рекомендованы для использования в метеорологии, хотя в метеорологической практике некоторая наиболее широко используемая терминология может от них отличаться. Указанный документ ОКРМ выпущен совместно с Международным бюро мер и весов, МЭК, Международной федерацией клинической химии и лабораторной медицины, Международным сотрудничеством по аккредитации лабораторий, ИСО, Международным союзом чистой и прикладной химии, Международным союзом чистой и прикладной физики и Международной организацией законодательной метрологии.

¹ См. [том I](#), глава 1, приложение 1.C. Для получения наиболее актуальной информации об РЦП, их круге ведения, месторасположении и возможностях см.: https://community.wmo.int/en/activity-areas/imop/Regional_Instrument_Centres.

² См. [том III](#), глава 4, приложение 4.A.

Терминология VIM отличается от общепринятой в некоторых аспектах, в частности:

Точность (измерения). Качественная характеристика, касающаяся степени близости измеренного значения к истинному значению измеряемой величины. Точность измерения иногда понимается, как близость между значениями величины, приписываемыми измеряемой величине. Можно говорить о приборе или об измерении, имеющем высокую точность, но количественная мера точности выражается в терминах неопределенности.

Неопределенность. Неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании используемой информации.

Погрешность измерения. Измеренная величина за вычетом ее опорного значения (отклонение имеет другой знак); она включает в себя случайные и систематические погрешности (термин смещение обычно используется в отношении систематической погрешности).

Воспроизводимость. Степень близости между показаниями или измеренными величинами, полученными на тех же или подобных объектах при одной и той же совокупности условий, включающих такую же процедуру измерения, таких же операторов, ту же систему измерений, те же эксплуатационные условия и то же место, и повторными измерениями в течение короткого периода времени.

Повторяемость. Степень близости между показаниями или измеренными количественными величинами, полученными на тех же или подобных объектах при одной и той же совокупности условий, включающих разные места, операторов и системы измерений, и повторные измерения.

4.1.2 Программы испытаний и калибровки

Прежде чем использовать для метеорологических целей результаты атмосферных измерений, сделанных с помощью конкретного прибора, необходимо ответить на ряд следующих вопросов:

- a) Какова точность прибора или измерительной системы?
- b) Какова изменчивость измерений на сети, имеющей такие измерительные системы или приборы?
- c) Каково будет изменение или смещение данных, предоставляемых прибором или измерительной системой, если их местонахождение будет изменено?
- d) Каково будет изменение или смещение данных, если будет произведена замена на другой прибор или измерительную систему, измеряющие одну и ту же метеорологическую величину?

Для того чтобы ответить на эти вопросы и обеспечить достоверность и согласованность измерений, производимых метеорологическим прибором или измерительной системой, необходимо провести его калибровку (поверку), лабораторные испытания и испытания работоспособности.

Следует разработать и стандартизировать программы калибровки (поверки) и испытаний, основанные на ожидаемой климатической изменчивости, воздействии окружающей среды и электромагнитных помех, в которых, как ожидается, эти измерительные системы и приборы будут работать. Например, рассматриваемые факторы могут включать в себя ожидаемый диапазон температуры, влажности и скорости ветра; будут ли прибор или измерительная система функционировать в морских условиях или в районах с пыльными или песчаными бурями; ожидаемые изменения электрического напряжения или фазы

и скачки напряжения в линиях электропередач; ожидаемые средние и максимальные электромагнитные помехи. Метеорологические службы могут заказывать проведение калибровки (поверки) и испытаний у частных лабораторий и компаний или создавать свои организации для предоставления таких услуг.

Самое важное, чтобы в любой программе испытаний, по крайней мере, два однотипных прибора или измерительных системы прошли каждый вид испытания. Это позволяет определить ожидаемую изменчивость показаний прибора или измерительной системы, а также облегчает выявление проблем.

4.2 ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

4.2.1 Цель испытаний

Испытание приборов и измерительных систем проводится с целью сбора информации об их точности измерений в конкретных условиях работы. Как правило, изготовители проводят испытания своих приборов и измерительных систем, и в некоторых случаях указанные в спецификации рабочие характеристики приводятся на основе результатов таких испытаний. Однако для пользователя — метеорологической службы — чрезвычайно важно разработать и выполнить собственную программу испытаний или иметь доступ к организации, проводящей независимые испытания.

Проведение испытаний можно разделить на: испытание на воздействие окружающей среды, испытание на воздействие электрических и электромагнитных помех и испытание работоспособности. Программа испытаний может состоять из одного или нескольких таких элементов.

Обычно программа испытаний составляется с целью обеспечения проверки прибора или измерительной системы на соответствие заявленной точности измерений, требованиям технического обслуживания и среднего времени наработки на отказ во всех ожидаемых условиях работы, хранения и транспортировки. Программы испытаний составляются также для того, чтобы собрать информацию об ожидаемой изменчивости показаний аналогичных приборов на сети, о функциональной сходимости показаний и сравнимости данных измерений, произведенных различными приборами или системами.

Знания как о функциональной повторяемости, так и сопоставимости результатов измерений имеют большое значение для целей климатологии, где единая база данных многолетних наблюдений, как правило, содержит информацию, получаемую с приборов и измерительных систем, которые на протяжении времени используют различные приборы и/или технологии для измерения одной и той же метеорологической переменной. На самом деле для практических применений хорошая сопоставимость работы приборов является по существу более важным атрибутом, чем точная абсолютная калибровка. Эта информация собирается при испытаниях работоспособности датчика.

Даже в тех случаях, когда прибор или измерительная система поставляются с отчетом о проведенной калибровке, необходимо провести испытание на воздействие окружающей среды и, возможно, дополнительную калибровку (поверку). Примером является система измерения температуры, в которой датчиком обычно служит терморезистор. Как правило, несколько терморезисторов калибруются изготовителем в температурной ванне, и предоставляемые в спецификации рабочие характеристики основаны на результатах этой калибровки. Однако система измерения температуры, которая выдает значения температуры, также включает в себя источник энергии и электронную схему, которые также могут подвергаться влиянию температуры. Поэтому во время калибровки важно задействовать электронную схему и датчик как единую измерительную систему во всем диапазоне температур. При хорошей организации работы проводится также замена датчика на резистор с известным температурным коэффициентом, который выдает

известные значения температуры, а электронная схема функционирует во всем диапазоне температур, представляющим интерес, для обеспечения должной температурной компенсации электронной схемы измерительной системы.

Пользователи должны также иметь программу испытаний случайно отобранных серийных приборов и измерительных систем, даже если их элементы были испытаны перед сборкой, поскольку даже относительно небольшие изменения в использованных материалах, конфигурации или процессе изготовления могут повлиять на рабочие характеристики приборов и измерительных систем.

Международная организация стандартизации разработала стандарты (ISO, 1999, 2013), которые содержат описания программ и процедур для проведения выборочных проверок большого числа приборов.

4.2.2 **Испытание на воздействие окружающей среды**

4.2.2.1 **Определения**

Для качественного описания прибора или измерительной системы, который должен подвергнуться эксплуатационным испытаниям, применяются следующие определения:

Условия эксплуатации. Условия или сочетание условий, которые встречаются или ожидаются в течение срока выполнения прибором его стандартных рабочих функций в полном соответствии с его рабочими характеристиками.

Условия устойчивости. Такие условия или сочетание условий за пределами обычных условий эксплуатации, которые способен выдержать прибор. Такие условия могут иметь лишь небольшую вероятность возникновения в течение срока службы прибора. Предполагается, что прибор не должен выполнять свои оперативные функции при наличии таких условий. Однако прибор должен быть в состоянии выдержать эти условия и вернуться к нормальной работе при возвращении к обычным условиям эксплуатации.

Внешняя среда. Условия или сочетание условий, которые встречаются или ожидаются в течение срока выполнения прибором его стандартных рабочих функций в незащищенных и неконтролируемых природных условиях.

Среда в помещении. Условия или сочетание условий, которые встречаются или ожидаются в течение срока, когда прибор выполняет свои стандартные рабочие функции внутри замкнутой конструкции. Во внимание принимаются условия как неконтролируемой среды в помещении, так и искусственно контролируемой среды в помещении.

Условия транспортировки. Условия или сочетание условий, которые встречаются или ожидаются на этапе транспортировки в течение срока службы прибора. Принимаются во внимание условия при основных способах транспортировки: автомобильным транспортом, по железной дороге, на судне и самолетом, а также полный диапазон внешних условий, встречающихся до и во время транспортировки и на этапе разгрузки. Как правило, прибор подвергается воздействию условий транспортировки, находясь в упакованном виде в грузовом контейнере.

Условия хранения. Условия или сочетание условий, которые встречаются или ожидаются в то время, когда прибор не действует и находится на хранении. Принимаются во внимание все типы складирования: от открытого складирования, когда прибор хранится незащищенным в условиях внешней среды, до защищенного хранения внутри помещения. Как правило, прибор подвергается воздействию такого рода условий хранения, находясь в упакованном виде в грузовом контейнере.

Международная электротехническая комиссия также имеет более подробный набор стандартов (IEC, 2002), по сравнению с упомянутым выше стандартом, для классификации условий окружающей среды. Они определяют диапазоны метеорологических, физических и биологических внешних факторов, в которых может оказаться прибор при транспортировке, хранении, установке и использовании, что полезно для подготовки спецификации на оборудование и для планирования испытаний.

4.2.2.2 **Программа испытаний на воздействие окружающей среды**

Испытания на воздействие окружающей среды в лаборатории позволяют быстро испытать прибор в широком диапазоне условий и могут ускорить определенное воздействие, например, морской среды с её насыщенным солью воздухом. Преимущество испытаний на воздействие окружающей среды перед полевыми испытаниями состоит в том, что в хорошо оборудованной лаборатории многие испытания могут быть ускорены, и приборы можно испытать в широком диапазоне условий, характерных для климатических регионов. Испытание на воздействие окружающей среды в лаборатории очень важно, поскольку позволяет предвидеть потенциальные проблемы и обеспечить готовность для перехода к полевым испытаниям, но оно не может заменить полевых испытаний.

Программа испытаний на воздействие окружающей среды обычно планируется с учетом набора следующих условий: высокая температура, низкая температура, воздействие резкого изменения температуры, цикл изменения температуры, влажность, ветер, дождь, переохлажденный дождь, пыль, солнечное сияние (инсоляция), низкое давление, вибрация и тряска при транспортировке. Диапазоны или ограничения по испытаниям в отношении каждого испытания определяются ожидаемыми условиями окружающей среды (эксплуатации, устойчивости, внешней среды, в помещении, транспортировки, хранения), в которых может оказаться прибор.

Целью документа, содержащего программу испытаний на воздействие окружающей среды, является установление стандартных критериев оценки результатов испытаний на воздействие окружающей среды и соответствующих процедур испытаний для определения технических характеристик с целью закупки, конструирования и испытания прибора. Этот документ должен основываться на ожидаемых рабочих и экстремальных условиях окружающей среды.

Например, Соединенные Штаты Америки подготовили стандартные процедуры и критерии испытаний на воздействие окружающей среды своей Национальной метеорологической службы (НМС) (NWS, 1984), основанные на результатах исследования, в котором обобщены и описаны ожидаемые рабочие и экстремальные диапазоны различных метеорологических величин в зоне ответственности США, и представила предложенные критерии проведения таких испытаний (NWS, 1980). Эти критерии и процедуры состоят из трех частей:

- a) критерии испытаний на воздействие окружающей среды и граничные параметры испытаний в условиях внешней среды, в помещении и при транспортировке/хранении;
- b) процедуры испытаний оцениваемого прибора на основе критериев испытаний на воздействие окружающей среды;
- c) обоснованное предоставление справочной информации о различных условиях окружающей среды, в которых может оказаться прибор, о потенциальном воздействии этих условий на прибор и соответствующее обоснование рекомендованных критериев проведения испытаний.

4.2.3 **Испытание на воздействие электрических и электромагнитных помех**

Распространение приборов и систем автоматизации сбора и обработки данных, содержащих электронные компоненты, во многих случаях ведет к необходимости включения в общую программу проведения испытаний работы приборов в условиях воздействия электрических и электромагнитных помех.

Следует подготовить документ, содержащий программу испытаний на воздействие электрических и электромагнитных помех. Целью этого документа является установление стандартных критериев для проведения испытаний на воздействие электрических и электромагнитных помех и соответствующих процедур испытаний, а также представление единого руководства по техническим характеристикам требований на устойчивость к воздействию электрических и электромагнитных помех с целью закупки и конструирования прибора.

Документ должен основываться на изучении количественных характеристик ожидаемых скачков напряжения в линиях электропередач и времени нарастания электрического импульса, вызванного такими природными явлениями, как грозы. В программу также должны быть включены испытания ожидаемым изменениям электропитания как по напряжению, так и по фазе. Если ожидается, что прибор будет работать в условиях аэропорта или в другой окружающей среде с возможными помехами, вызванными электромагнитным излучением, то такие условия следует также количественно описать и включить в этот стандарт. Целью этой программы может также быть обеспечение того, чтобы прибор сам не стал генератором электромагнитного излучения. Особое внимание следует уделить прибору, содержащему микропроцессор и, следовательно, кварцевый генератор тактовой частоты, который имеет важное значение для временной функции.

4.2.4 **Испытание работоспособности**

Калибровка (поверка) и испытание на воздействие окружающей среды предоставляют необходимую, но недостаточную основу для определения рабочих характеристик прибора или измерительной системы, поскольку калибровка, поверка и лабораторные испытания не могут полностью определить, как будет работать прибор или измерительная система в полевых условиях. Невозможно смоделировать совокупное воздействие всех изменяющихся метеорологических величин, влиянию которых будет подвержен прибор во всех предписанных условиях эксплуатации.

Испытание работоспособности заключается в обычной проверке работы прибора во внешней среде в природных условиях, в которых, как предполагается, будет работать прибор в широком диапазоне изменчивости метеорологических условий и климатических режимов, а в случае приборов для приземных наблюдений, в условиях различной подстилающей поверхности с широким диапазоном альбедо. Испытания работоспособности необходимы для того, чтобы определить, отвечает ли прибор или измерительная система требованиям, предъявляемым к нему при работе в условиях воздействия меняющихся в широком диапазоне величин ветра, количества осадков, температуры, влажности, прямой, рассеянной и отраженной солнечной радиации. Испытания работоспособности становятся все более важными по мере того, как в оперативную практику входит применение электронных приборов, например с использованием электрооптических, пьезоэлектрических и емкостных элементов. На показания этих приборов могут оказывать влияние такие случайно проявившиеся факторы, как насекомые, пауки и их паутина и плотность распределения взвешенных частиц в атмосфере; все это должно быть определено при испытании работоспособности.

Для многих прикладных целей следует провести сравнимость показаний в полевых условиях. Это достигается путем одновременного испытания аналогичных, но разнотипных приборов или измерительных систем с использованием полевого транспортируемого эталона сравнения. Эти сведения представлены в работах Hoehne (1971, 1972, 1977).

Испытание работоспособности может планироваться и проводиться лабораториями, предпочтительно аккредитованными, метеорологической службы или другой организации-пользователя или частной компании. При закупке и эксплуатации приборов следует учитывать образовательный уровень и практические навыки наблюдателей и техников, которые будут использовать данную измерительную систему. Использование прибора обслуживающим персоналом должно быть частью программы испытаний. Персонал, который будет устанавливать, использовать, обслуживать и ремонтировать прибор, должен оценивать те части приборов или измерительной системы, в том числе проверять их на соответствие инструкциям и справочникам, которые они будут использовать в своей работе. При составлении закупочных спецификаций следует также учитывать уровень практической подготовки персонала.

4.3 КАЛИБРОВКА

4.3.1 Цель калибровки

Калибровка прибора или измерительной системы является первым шагом в определении достоверности данных. Обычно она предусматривает сопоставление показаний датчика с известным эталоном для определения того, насколько близко величина выходного сигнала прибора соответствует показаниям эталона в ожидаемом рабочем диапазоне измерений. Выполнение лабораторной калибровки, безусловно, предполагает, что характеристики прибора достаточно стабильны для проведения его метрологического обслуживания в поле. Записи об очередной калибровке на протяжении эксплуатации прибора должны обеспечивать уверенность в стабильности его показаний.

Как правило, калибровка представляет операцию, которая при определенных условиях устанавливает, в первую очередь, соотношение между количественными величинами с погрешностями измерений, обусловленных эталонами измерений и соответствующими указаниями связанных с этими погрешностями измерений, и, во вторую очередь, использует эту информацию для установления соотношения с целью получения результата измерений из определенного показания (JCGM, 2012). Она должна определить систематическую погрешность прибора/измерительной системы или среднее отклонение от показания эталонного прибора, по которому ведется калибровка; случайную погрешность датчика/системы; диапазон показаний, для которого калибровка действительна, и наличие любых пороговых значений или зон с нелинейной характеристикой. Калибровка также определяет разрешающую способность и гистерезис прибора. Гистерезис следует определять посредством циклических измерений во время калибровки и поверки на всем рабочем диапазоне датчика/системы. Результат калибровки часто выражается калибровочным (градуировочным) коэффициентом или серией калибровочных коэффициентов, представленных в виде калибровочной таблицы или калибровочной кривой. Результаты калибровки могут регистрироваться в документе, называемом калибровочным сертификатом или протоколом калибровки.

Калибровочный сертификат, протокол и свидетельство должны показывать систематическую погрешность, которая впоследствии может быть устранена с помощью механической или электрической юстировки или корректирующего программного обеспечения. Остаточная случайная погрешность не повторяется и не может быть устранена, но может быть определена статистическим методом при достаточном количестве повторных измерений в ходе калибровки.

4.3.2 Эталоны

Калибровка приборов или измерительных систем обычно проводится путем сравнения их показаний с одним или несколькими прослеживаемыми измерительными эталонами. Эти эталоны классифицируются в соответствии с их метрологическими особенностями. Их определения (см. также ОКРМ, 2012) даны в [томе I](#), глава 1, и могут быть кратко сформулированы следующим образом:

Первичный эталон. Эталон измерений, установленный с использованием процедуры первичных эталонных измерений или созданный в качестве артефакта, и выбранный в соответствии с соглашением.

Примечание. В случае, когда эти эталоны имеют отношение к калибровочным лабораториям НМГС или РЦП, они должны соответствовать Международной системе единиц (СИ).

Вторичный эталон. Эталон измерений, установленный путем калибровки относительно первичного эталона измерений для количества того же типа.

Международный эталон. эталон измерений, признанный документами международного соглашения и предназначенный для использования в мировом масштабе.

Национальный эталон. Эталон измерений, признанный национальным органом в государстве или экономике в качестве основы для установления количественных значений для других эталонов измерений для соответствующего вида количества.

Образцовый (исходный, ведомственный) эталон. Эталон измерений, предназначенный для калибровки других эталонов измерений для количеств данного типа в конкретной организации или в конкретном месте.

Рабочий эталон. Эталон измерений, который используется на регулярной основе для калибровки или поверки измерительных приборов или измерительных систем.

Переходное средство измерений. Средство, используемое, в качестве промежуточного средства при сравнении эталонов измерений.

Транспортируемый эталон. Эталон измерений, имеющий иногда специальную конструкцию и предназначенный для транспортировки между различными пунктами.

Первичные эталоны хранятся в международных или национальных метрологических учреждениях. Определения единиц и их практической реализации одобряются Генеральной конференцией по мерам и весам. Практическое осуществление этих определений представляет собой основную задачу национальных метрологических учреждений; такие учреждения поддерживают первичные эталоны либо путем хранения артефакта, регулярно сравниваемого с международным прототипом, либо путем воспроизводства эксперимента согласно процедуре, что даст количество.

Вторичные эталоны часто хранятся в крупных калибровочных и поверочных лабораториях и, как правило, не пригодны для полевого использования. Эти эталоны обычно называются образцовыми эталонами измерений в соответствии с ISO/IEC 17025 (ISO/IEC, 2017). Рабочие эталоны обычно представляют собой лабораторные приборы, которые откалиброваны по вторичному эталону. Рабочие эталоны, которые могут использоваться в полевых условиях, известны как транспортируемые эталоны. Транспортируемые эталонные приборы могут также использоваться для сравнения приборов в лаборатории или в поле. Все эти эталоны, используемые для метеорологических целей и имеющие отношение к калибровочным лабораториям НМГС или РЦП, должны прослеживаться к Международной системе единиц (СИ).

4.3.3 **Прослеживаемость**

ОКРМ (2012) определяет прослеживаемость, как «свойство результата измерения, в соответствии с которым результат может быть соотнесен с образцом на основе задокументированной непрерывной последовательности калибровок, при этом каждая из них вносит вклад в неопределенность измерения».

Настоятельно рекомендуется обеспечение прослеживаемости метеорологических измерений, например, посредством сличения прибора с транспортируемыми эталонами,

рабочими эталонами и вторичными эталонами, к национальным эталонам, а также чтобы накопленная неопределенность была известна (за исключением тех, которые возникают в полевых условиях и должны быть определены с помощью полевых испытаний).

4.3.4 Практика калибровки

Калибровка метеорологических приборов обычно проводится в лабораториях, где размещены соответствующие эталоны измерений, калибровочные и поверочные устройства. Это могут быть РЦП, национальные лаборатории, лаборатории, учрежденные в структуре НМГС или другой организации-пользователя, либо частные лаборатории. Калибровочная лаборатория отвечает за поддержание качества ее эталонов измерений и за ведение учетных записей об их сличении. Такие лаборатории могут также выдавать калибровочные сертификаты, которые должны также содержать оценку неопределенности калибровки. Для гарантии прослеживаемости калибровочная лаборатория должна быть аккредитована соответствующим национальным органом по аккредитации.

Изготовители метеорологических приборов должны поставлять свою высококачественную продукцию, например барометры или термометры, вместе с калибровочными сертификатами или протоколами калибровки, выпущенными аккредитованной лабораторией. Эти документы не всегда обязательно включаются в базовую цену прибора, а предлагаются в качестве опции за дополнительную плату. Калибровочные сертификаты, выдаваемые аккредитованными лабораториями, могут быть более дорогостоящими, чем заводские сертификаты. Как уже упомянуто в предыдущем разделе, необходимо проводить испытания на воздействие окружающей среды и, возможно, дополнительную калибровку.

Пользователи также могут приобрести калибровочные или измерительные эталоны для своих собственных лабораторий. Хорошее калибровочное устройство должно всегда сочетаться с надлежащим эталоном измерений, например, калибратор температуры в жидкостной ванне с сертифицированными резисторными термометрами. Для вышеприведенного примера следует использовать и дополнительные средства, например, непроводящую кремнийорганическую жидкость. Таким образом, если устройство измерения температуры смонтировано на плате с электронной схемой, то вся плата должна быть погружена в ванну, с тем чтобы устройство можно было испытать в его рабочей конфигурации. Не только калибровочное оборудование и эталоны должны обеспечивать высокую точность измерений, но и инженеры и техники калибровочной лаборатории должны быть хорошо подготовлены в области базовой метрологии и использования имеющихся калибровочных устройств и измерительных эталонов.

Как только приборы прошли первичную калибровку и испытания и были приняты пользователем, следует утвердить программу регулярных калибровочных проверок и калибровок. Хрупкие приборы весьма подвержены возникновению дефектов при транспортировке в полевые условия, некоторые другие приборы могут быть излишне массивными и тяжелыми для простоты их транспортировки. На отдаленных станциях эти приборы должны, по мере возможности, храниться в неподвижном состоянии и калиброваться по более устойчивым к повреждениям передвижным, транспортируемым эталонам, которые могут перевозиться инспекторами с одной станции на другую. Транспортируемые эталоны должны часто сравниваться с рабочим эталоном или исходным образцовым эталоном в калибровочной лаборатории, причем до и после каждой инспекционной поездки.

Подробности процедур лабораторной калибровки, например барометров, термометров, гигрометров, анемометров и приборов по измерению солнечной радиации, содержатся в соответствующих главах настоящего Руководства или в специализированных справочниках. Эти издания содержат также информацию о признанных международных эталонных приборах и калибровочных устройствах. Процедуры калибровки для АМС требуют особого внимания и описаны в [томе III](#), глава 1.

Практика полевых инспекций

Проведение инспекции в полевых условиях предлагает пользователю возможность проверить прибор на месте. Возможность оставить на месте прибор, установленный на метеорологической станции, исключает любой простой оборудования по организационно-техническим причинам, который имел бы место при перемещении и повторной установке прибора в полевых условиях. Поверка обычно выполняется в одной точке по рабочему эталону, размещенному как можно ближе к прибору, проходящему инспекцию (ППИ). Необходим некоторый период стабилизации для достижения равновесной температуры между рабочим эталоном и ППИ. Следует обращать внимание на близость рабочего эталона к ППИ, градиенты температуры, поток воздуха, разницу давления и любые другие факторы, которые могут повлиять на результаты инспекции. Такая инспекция на местах является эффективным способом выполнения поверки качества прибора. Наиболее существенным недостатком является тот факт, что инспекция обычно ограничена одной точкой. Вторым недостатком заключается в том, что при обнаружении погрешности ППИ необходимо удалить и заменить новым откалиброванным датчиком. После этого следует провести калибровку и коррекцию прибора, проходившего поверку, по возможности в лаборатории. Следует также отметить, что калибровка на местах предоставляет дополнительную ценную информацию, так как она связана с испытанием всего установленного приборного оборудования в полевых условиях, включая электромонтаж и тому подобное. При выполнении инспекций в полевых условиях важна регистрация метаданных условий во время инспекции, включая все изменения, внесенные в установку прибора (см. дополнительную информацию в [томе III](#), глава 1, 1.7).

Межлабораторные сравнения

Межлабораторное сравнение (МЛС) определяется как организация и выполнение калибровки и оценка ее результатов для одного и того же прибора двумя или более лабораториями в соответствии с заранее определенными условиями. МЛС представляет собой весьма эффективный способ продемонстрировать техническую компетентность, в связи с чем участие лаборатории в МЛС позволяет этой лаборатории выполнять оценку и демонстрировать надежность получаемых в результате данных измерений при сравнении с результатами других участвующих лабораторий. Помимо этого, МЛС обеспечивают проверку различных методов калибровки, которые используются участвующими лабораториями. Поскольку участие в МЛС представляет собой обязательство, закрепленное органами по аккредитации, согласно ISO/IEC 17025, ожидается, что каждая аккредитованная лаборатория участвует, как минимум, в одном аттестационном испытании/МЛС, по меньшей мере, каждые пять лет для каждого основного раздела главных дисциплин области аккредитации лаборатории. Прежде чем получить аккредитацию, необходимо участие, по меньшей мере, в одном аттестационном испытании/МЛС. Как заявлено в круге ведения МЛС ([том I](#), глава 1, приложение 1.C), РЦП должен принимать участие в МЛС эталонных калибровочных приборов и методов и/или организовывать их.

Поставщик МЛС проводит МЛС и осуществляет соответствующий надзор. Предпочтительно наличие у поставщиков МЛС аккредитации согласно ISO/IEC 17043 (ISO/IEC, 2010). Общие руководящие указания по организации проведения МЛС, разработанные в соответствии с требованиями ISO/IEC 17043, содержатся в [приложении 4.A](#), и необходимо следовать им и осуществлять их в максимально возможной степени.

4.4 ВЗАИМНЫЕ СРАВНЕНИЯ ПРИБОРОВ

Взаимные сравнения приборов и систем наблюдений, как и установленные процедуры контроля качества, имеют большое значение для создания совместимых комплектов данных. Все взаимные сравнения должны тщательно планироваться и выполняться,

чтобы поддерживать соответствующий и однородный уровень качества измерений каждой метеорологической величины. Многие метеорологические физические величины, например видимость, высота нижней границы облачности и осадки, нельзя непосредственно сравнить с метрологическими эталонами и, следовательно, с абсолютной точкой отсчета. Для таких физических величин первоочередное значение имеют взаимные сравнения.

Сравнения или оценки приборов и наблюдательных систем могут организовываться и проводиться на следующих уровнях:

- a) международные взаимные сравнения, на которых могут присутствовать участники из всех заинтересованных стран в соответствии с общим приглашением;
- b) региональные взаимные сравнения, на которых могут присутствовать участники из стран конкретного региона (например, Региона ВМО) в соответствии с общим приглашением;
- c) многосторонние и двусторонние взаимные сравнения, на которых могут присутствовать участники из двух или более стран, без рассылки общего приглашения;
- d) национальные взаимные сравнения внутри отдельной страны.

Поскольку сравнимость измерений на международном уровне очень важна, ВМО время от времени по линии одного из своих конституционных органов организует международные и региональные сравнения приборов. Такие взаимные сравнения или оценки приборов и систем наблюдений могут быть весьма продолжительными и дорогостоящими. В связи с этим были установлены правила, которые обеспечивают эффективную координацию. Эти правила приведены в [приложениях 4.B и 4.C](#)³. В них содержатся общие руководящие принципы, которые, при необходимости, должны дополняться конкретными рабочими правилами по каждому взаимному сравнению (см. соответствующие главы настоящего Руководства).

Ссылки на отчеты о конкретных международных сравнениях ВМО содержатся в других главах настоящего Руководства (см., например, [том I](#), главы 3, 4, 9, 12, 14 и 15). В [приложении 4.D](#) содержится перечень международных сравнений, которые проведены при поддержке КПМН и результаты которых опубликованы в серии технических документов ВМО.

Отчеты о сравнениях на любом уровне должны доводиться до сведения метеорологического сообщества и быть доступными в полном объеме.

³ Рекомендации, одобренные КПМН на ее одиннадцатой сессии (1994 г.) в приложении к рекомендации 14 (КПМН-XI) и приложении IX.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.А. РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПО ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СРАВНЕНИЙ

1. ВВЕДЕНИЕ

МЛС определяется стандартом ISO/IEC 17043 (ISO/IEC, 2010) как организация, выполнение и оценка результатов калибровки и испытаний для одного и того же или аналогичного образца двумя или более лабораториями в соответствии с предварительно заданными условиями. МЛС предоставляют лабораториям дополнительные средства для оценки надлежащего качества своей работы либо для целей оценки органами аккредитации, либо для внутреннего процесса обеспечения качества. Методы МЛС варьируются в зависимости от типа исследуемого образца, используемого метода и количества участвующих лабораторий. Обычно в ходе МЛС исследуемый образец, подлежащий измерениям или калибровке, поочередно препровождается участвующим лабораториям.

В соответствии с определениями ISO/IEC 17043, поставщиком МЛС является организация, которая берет на себя ответственность за все задачи по разработке и осуществлению МЛС. Координатор МЛС — это одно или несколько лиц, ответственных за организацию и управление всей деятельностью, связанной с осуществлением МЛС.

2. ПРОЦЕДУРА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СРАВНЕНИЙ

2.1 Персонал, участвующий в организации и проведении МЛС

2.1.1 Измерение свойств, представляющих интерес, и статистическая обработка результатов участников выполняются технически компетентным и опытным персоналом поставщика МЛС, который должен обладать соответствующим опытом работы, подготовкой и надлежащими квалификациями.

2.1.2 Обязанности поставщика МЛС, которые должны выполняться в ходе МЛС: инициирование, планирование, выбор подходящих приборов, эксплуатация конкретного оборудования, обращение и распространение образцов МЛС, эксплуатация системы обработки данных, проведение статистического анализа, оценка результатов работы участников МЛС, вынесение мнений и толкований, а также выпуск и визирование отчета по итогам МЛС.

2.2 Обеспечение организации и разработки

2.2.1 *Протокол МЛС*

2.2.1.1 Протокол МЛС должен быть согласован участниками и задокументирован до начала МЛС. Он должен включать как минимум следующую информацию:

- a) наименование и адрес поставщика МЛС;
- b) наименование, адрес и принадлежность координатора МЛС и другого персонала, участвующего в разработке и осуществлении плана МЛС;
- c) виды деятельности, подлежащие субподряду, а также наименования субподрядчиков, вовлеченных в осуществление плана МЛС;

- d) обязательные критерии для участия;
- e) количество и тип ожидаемых участников плана МЛС;
- f) выбор измеряемых(ой) величин(ы) или характеристик(и), представляющих(ей) интерес;
- g) описание диапазона значений или характеристик, либо и того, и другого, которые следует ожидать от образцов МЛС;
- h) требования к производству, контролю качества, хранению и распределению образцов МЛС;
- i) разумные меры предосторожности для упреждения сговора между участниками или фальсификации результатов, а также процедуры, которые следует применять в случае подозрения в сговоре или фальсификации результатов;
- j) описание информации, которая должна быть предоставлена участникам, и план-график для различных этапов плана МЛС;
- k) даты, когда образцы МЛС должны быть препровождены участникам, крайние сроки возвращения результатов участниками и, в случае необходимости, даты, когда участниками проводятся испытания или измерения;
- l) любая информация о методах или процедурах, которые должны использоваться участниками для подготовки исследуемых материалов и проведения испытаний или измерений;
- m) процедуры для методов испытаний или измерений должны использоваться в целях обеспечения однородности и стабильности проведения испытаний образцов МЛС;
- n) подготовка любых стандартизованных форматов отчетности для использования участниками;
- o) подробный статистический анализ, который будет использоваться;
- p) происхождение, метрологическая прослеживаемость и связанная с измерениями неопределенность любых присвоенных значений;
- q) критерии для оценки результатов участников;
- r) описание данных, промежуточные отчеты или информация, которая будет направлена обратно участникам;
- s) описание степени, в которой результаты участника, а также заключения, которые будут основаны на результатах осуществления плана, подлежат обнародованию.

2.2.1.2 Поставщик МЛС должен обеспечить доступ к необходимым техническим знаниям и опыту. Это может быть достигнуто путем учреждения консультативной группы, в обязанности которой войдет, помимо прочего, следующее: надзор за выбором и подготовкой контрольного образца, надзор за составлением протокола, надзор за выбором метода и процедуры, надзор в полном объеме за коммуникацией с участниками, обеспечение того, чтобы соблюдался график, информирование участников о задержках, информирование каждого участника о следующем участнике плана, контроль за выставлением счета, а также контроль за выдачей промежуточного и окончательного отчета.

2.2.2 Подготовка контрольных образцов

2.2.2.1 Контрольные образцы должны отвечать потребностям участников МЛС. Подготовка контрольного образца включает его выбор. Первоначально необходимо указать характеристики контрольного образца, такие как стабильность, диапазон, разрешение, неопределенность и тому подобное. Затем осуществляется получение подходящего контрольного образца, либо выбираемого из имеющегося оборудования на складе, либо приобретаемого. После этого выбранный контрольный образец подвергается испытанию (измерения производятся несколько раз, помещаются в условия, которых можно ожидать в ходе транспортировки и производства измерений в участвующих лабораториях), с тем чтобы подтвердить указанные характеристики. Если испытания проходят успешно, образец используется для МЛС.

2.2.2.2 Контрольные образцы с показателем стабильности ниже степени неопределенности любой из участвующих лабораторий не используются для включения в план МЛС, если иное заблаговременно не согласовано с участниками.

2.2.3 Испытание стабильности

Предварительные проверки стабильности должны быть проведены, и периодические проверки присвоенных свойствам значений должны осуществляться на всем протяжении МЛС. По необходимости значения свойств, подлежащие определению в ходе МЛС, должны периодически измеряться, предпочтительно в диапазоне условий, при которых контрольный образец подлежит хранению до распределения. Контрольные образцы должны демонстрировать достаточную степень стабильности, с тем чтобы гарантировать, что они не претерпят каких-либо существенных изменений в ходе проведения МЛС.

2.2.4 Выбор метода или процедуры

Ожидается, что участники МЛС будут использовать выбранные ими методы испытаний, калибровки или процедуры измерения в соответствии с принятыми процедурами, используемыми в их лабораториях. При определенных обстоятельствах поставщик МЛС может дать участникам указания использовать конкретный метод. Когда участникам разрешено использовать метод, выбранный ими самими, поставщик МЛС может, по необходимости, запрашивать подробную информацию о выбранном методе, с тем чтобы должным образом интерпретировать результаты, полученные с использованием различных методов испытания.

2.3 Проведение межлабораторных сравнений

2.3.1 Указания для участников

Поставщик МЛС должен предоставить подробные задокументированные указания всем участникам, которые обычно включены в МЛС как неотъемлемая часть протокола. Указания для участников должны включать подробную информацию о факторах, которые могли бы повлиять на испытание контрольных образцов; характер контрольных образцов; применяемые для испытаний процедуры; а также сроки проведения испытаний. Конкретные указания, связанные с протоколированием и представлением отчетности о результатах испытаний, должны включать, необязательно этим ограничиваясь: единицы измерения, количество значимых цифр, основание для представления отчетности, а также наиболее поздний срок для получения результатов испытаний.

2.3.2 **Обработка и хранение образцов МЛС**

2.3.2.1 Во избежание какого-либо повреждения образцов МЛС, поставщик МЛС должен хранить и ограждать все образцы МЛС, например, от любого потенциального пагубного воздействия влажности, температуры, электричества и магнитного поля, до их распространения среди участников МЛС. Для каждого МЛС образцы должны быть охарактеризованы с точки зрения технических спецификаций, относящихся к условиям окружающей среды, которые могут возникнуть во время транспортировки.

2.3.2.2 Образец МЛС должен быть защищен от любых корректировок (либо посредством пароля для части контрольного образца, либо при помощи пломбы однократного использования).

2.3.2.3 Поставщик МЛС должен обеспечить надлежащую упаковку всех образцов МЛС и предоставить безопасное место хранения и/или складские помещения, упреждая появление повреждений или ухудшение состояния любого образца до его распределения. По необходимости условия хранения или складирования всех образцов должны оцениваться через определенные промежутки времени в течение срока их хранения, с тем чтобы выявить возможное ухудшение состояния. Поставщик МЛС должен контролировать процессы, связанные с упаковкой и маркировкой, в степени, требуемой для обеспечения соответствия существующим региональными, национальными и/или международным требованиям безопасности и транспортировки.

2.4 **Анализ данных и интерпретация результатов плана**

2.4.1 **Анализ и регистрация данных**

2.4.1.1 Результаты, получаемые от участников, должны быть незамедлительно зарегистрированы и проанализированы при помощи должным образом задокументированных статистических процедур. В случае сомнительных результатов после анализа данных поставщик МЛС должен незамедлительно попросить участника, получившего эти результаты, проверить их. Перед представлением итогового отчета участникам все участники должны проверить свои данные и подтвердить их согласованность. В соответствии с протоколом каждый участник плана МЛС должен сообщить обо всех соответствующих результатах и связанной с ними неопределенности в специально выделенной электронной таблице. Анализ данных должен включать как минимум сводку измерений, статистику эффективности и сопутствующую информацию, соответствующую статистической модели и целям МЛС. Нижеследующие два этапа являются общими для всех МЛС:

- a) Определение присвоенных значений — для формирования присвоенных значений доступны различные процедуры:
 - i) контрольные значения — как определено поставщиком МЛС, на основе анализа, измерений или сравнения тестируемого образца со стандартом, прослеживаемым к национальным или международным стандартам;
 - ii) согласованные значения от экспертных лабораторий — такие лаборатории должны обладать доказуемой компетентностью.

Присвоенное(ые) значение(я) не должно(ы) раскрываться участникам до тех пор, пока не будут сведены результаты. Неопределенность присвоенных значений должна определяться с использованием процедур, описанных в *Руководстве по выражению неопределенности измерений* (ИСО/МЭК, 2008).

- b) Расчет статистики эффективности:

Результаты МЛС часто необходимо преобразовывать в статистику эффективности для целей интерпретации и сравнения. Целью является измерение отклонений

от присвоенного значения таким образом, чтобы можно было оценить эффективность. Часто используемой статистикой количественных результатов в схемах сравнения измерений является число E_n :

$$E_n = \frac{x_{\text{lab}} - x_{\text{ref}}}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}}$$

где x_{lab} — результат участника, x_{ref} — присвоенное значение, U_{lab} — расширенная ($k=2$) неопределенность результата участника и U_{ref} — это расширенная ($k=2$) неопределенность присвоенного значения экспертной лаборатории.

В дополнение к E_n также может быть произведена оценка z , рассчитываемая как:

$$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}$$

где x — результат участника, X — присвоенное значение, а $\hat{\sigma}$ — «стандартное отклонение для МЛС», которое можно рассчитать на основании следующего:

- эффективность с точки зрения соответствия целевому назначению, как определено экспертным заключением;
- оценка по предыдущим этапам МЛС или ожидания на основе опыта;
- оценка по статистической модели;
- результаты эксперимента на точность;
- результаты участника — например, характерное или устойчивое стандартное отклонение на основе результатов участника.

2.4.2 Оценка эффективности

2.4.2.1 Поставщик МЛС отвечает за обеспечение соответствия метода оценки для поддержания достоверности МЛС. Такой метод должен быть задокументирован в протоколе МЛС и должен включать описание основания, в соответствии с которым проводится оценка. Критерии оценки эффективности основаны на статистическом определении E_n :

$E_n \leq 1$ = удовлетворительно

$E_n > 1$ = неудовлетворительно

или z :

$z \leq 2,0$ = удовлетворительная эффективность и не генерирует сигнал

$2,0 < z \leq 3,0$ = сомнительная эффективность и генерирует предупреждающий сигнал

$z > 3$ = неудовлетворительная эффективность и генерирует сигнал к действию

2.4.2.2 Графики должны использоваться везде, где это возможно, для демонстрации эффективности. Они должны показывать распределения значений участников, взаимосвязи между результатами нескольких тестовых заданий и сравнительные распределения для разных методов.

2.4.3 **Отчеты МЛС**

Содержание отчетов МЛС может варьироваться в зависимости от цели конкретного плана, но каждый отчет должен быть четким и всеобъемлющим и должен включать данные о распределении результатов всех участников наряду с обозначением эффективности отдельных участников. Следующая информация, как правило, должна включаться в отчеты по планам МЛС:

- a) наименование и контактные данные поставщика МЛС;
- b) наименование и контактные данные координатора МЛС;
- c) дата выпуска отчета;
- d) номер отчета и четкая идентификация МЛС;
- e) четкое описание используемых образцов;
- f) коды участия лабораторий и результаты испытаний;
- g) статистические данные и сводные данные, включая присвоенные значения, диапазон приемлемых результатов и графическое отображение;
- h) процедуры, используемые для установления присвоенного значения;
- i) подробные сведения о прослеживаемости и неопределенности присвоенных значений, где это применимо;
- j) присвоенные значения и сводная статистика для методов/процедур испытаний, используемых другими участниками (если разные участники используют различные методы);
- k) комментарии поставщика МЛС и технических консультантов по поводу эффективности участников;
- l) процедуры, используемые для разработки и реализации плана (что может включать ссылку на протокол плана);
- m) процедуры, используемые для статистического анализа данных;
- n) консультации по интерпретации статистического анализа, где это необходимо.

2.5 **Конфиденциальность**

2.5.1 Идентификационные данные участников МЛС обычно являются конфиденциальными и известны лишь минимальному количеству лиц, участвующих в осуществлении и оценке МЛС. Вся информация, предоставленная участником поставщику МЛС, должна рассматриваться как конфиденциальная.

2.5.2 Участники могут договориться об отказе от конфиденциальности своих идентификационных данных в протоколе МЛС и/или в отчете МЛС.

2.5.3 Выбранный вариант должен быть подтвержден единогласным соглашением всех участников на основании письменного подтверждения, когда они дают свое согласие на участие в МЛС.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.В. ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ВЗАИМНЫХ СРАВНЕНИЙ ПРИБОРОВ ВМО

1. Взаимное сравнение приборов и методов наблюдений ВМО должно быть одобрено соответствующим конституционным органом ВМО с целью признания в качестве взаимного сравнения ВМО.
2. Исполнительный совет будет рассматривать утверждение взаимного сравнения и его включение в программу и бюджет ВМО.
3. Когда возникает срочная необходимость в проведении специального взаимного сравнения, которое не рассматривалось на сессии конституционного органа, президент соответствующего органа может представить соответствующее предложение Президенту ВМО для утверждения.
4. Перед каждым взаимным сравнением Генеральный секретарь при содействии президента КПМН и, возможно, президентов других технических комиссий, региональных ассоциаций или руководителей соответствующих программ должен с достаточной заблаговременностью провести опрос с целью выяснения желания какого-либо Члена или нескольких Членов организовать сравнение, а также выявления заинтересованности Членов в участии в таком взаимном сравнении.
5. Если хотя бы один Член ВМО согласится выступать в качестве страны-организатора сравнений и наберется достаточное число Членов, заявивших о своей заинтересованности участвовать в этих сравнениях, президент КПМН по согласованию в необходимых случаях с главами соответствующих конституционных органов должен учредить международный организационный комитет.
6. До начала взаимного сравнения организационный комитет должен решить вопросы, связанные с его организацией, например, как минимум определить основные задачи, место, время и продолжительность проведения взаимного сравнения, условия участия, методологию сбора, обработки и анализа полученных данных, планы публикации результатов, правила проведения взаимного сравнения и обязательства страны-организатора и участников.
7. Страна-организатор должна назначить руководителя проекта, который будет отвечать за надлежащее проведение взаимного сравнения, анализ данных и подготовку окончательного отчета о взаимном сравнении по согласованию с организационным комитетом. Руководитель проекта является членом организационного комитета в силу занимаемой должности.
8. Если организационный комитет принял решение о проведении сравнения на полигонах в различных странах-организаторах, каждая из этих стран должна назначить своего руководителя сравнения. Сфера ответственности каждого руководителя сравнения и руководителя проектом в целом определяются организационным комитетом.
9. Генеральному секретарю предлагается сразу после учреждения организационного комитета проинформировать Членов о запланированном взаимном сравнении. Приглашение должно содержать информацию об организации и правилах проведения взаимного сравнения, одобренные организационным комитетом. Члены, принимающие участие в сравнениях, должны соблюдать эти правила.
10. Вся дальнейшая переписка между страной(ами)-организатором(ами) и участниками по организационным вопросам должна вестись руководителем проекта, а в определенных случаях руководителем сравнения, если организационный комитет не определит другой порядок.

11. В случае необходимости в ходе взаимного сравнения могут быть организованы заседания организационного комитета.
 12. По завершении взаимного сравнения организационный комитет должен обсудить и утвердить основные результаты анализа данных взаимного сравнения и внести предложения об использовании этих результатов метеорологическим сообществом.
 13. Окончательный отчет о взаимном сравнении, подготовленный руководителем проекта и утвержденный организационным комитетом, должен быть опубликован в серии отчетов ВМО по приборам и методам наблюдений.
-

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.С. РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМНЫХ СРАВНЕНИЙ ПРИБОРОВ ВМО

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящие руководящие принципы являются дополнением к процедурам проведения глобальных и региональных взаимных сравнений метеорологических приборов ВМО. В них предусматривается, что для взаимных сравнений создается международный организационный комитет, а также приводятся руководящие указания для организационного комитета по проведению сравнений. В частности, см. [том I](#), глава 12, приложение 12.D.

1.2 Однако, поскольку все взаимные сравнения в определенной степени различаются между собой, эти руководящие принципы следует рассматривать как обобщенный перечень задач. Задачи могут изменяться в зависимости от ситуации, но при этом имеется в виду, что основными критериями проведения взаимных сравнений ВМО и оценок результатов должны быть беспристрастность и научная значимость.

1.3 Окончательные отчеты о других взаимных сравнениях ВМО и отчеты заседаний организационных комитетов могут служить в качестве примеров проведения взаимных сравнений. Эти отчеты имеются в Департаменте Всемирной службы погоды Секретариата ВМО.

2. ЦЕЛИ ВЗАИМНЫХ СРАВНЕНИЙ

Организационному комитету следует изучить ожидаемые результаты взаимных сравнений и определить конкретные проблемы, которые могут возникнуть. Он должен подготовить ясное и детальное заявление об основных целях взаимных сравнений и согласовать критерии, которые должны будут использоваться при оценке результатов. Организационный комитет должен также изучить вопрос, как наилучшим образом гарантировать успех взаимных сравнений, используя, при необходимости, опыт, накопленный в ходе предыдущих сравнений.

3. МЕСТО, ВРЕМЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ

3.1 Секретариату следует предложить стране-организатору предоставить организационному комитету описание предложенного места проведения взаимных сравнений и условий (местоположение, характеристики окружающей среды, климатологические параметры, основные топографические особенности и пр.). Страна-организатор должна также назначить руководителя проекта¹.

3.2 Организационному комитету следует изучить пригодность предложенного полигона и его технических средств, предложить необходимые изменения и принять решение о полигоне и технических средствах, которые должны использоваться при взаимных сравнениях. Руководитель проекта должен затем подготовить полное описание места и окружающих условий. Организационный комитет по согласованию с руководителем проекта должен принять решение о дате начала взаимных сравнений и их продолжительности.

¹ В тех случаях, когда сравнения проводятся более чем на одном полигоне, должны быть, в соответствии с требованием, назначены руководители полигонов для сравнений. Некоторые задачи руководителя проекта, описанные в этом приложении, должны быть поручены руководителям полигонов для сравнений.

3.3 Руководитель проекта должен предложить дату, когда полигон для сравнений и его технические средства будут предоставлены в распоряжение участников сравнений для установки своего оборудования и его подключения к системе сбора данных. График работ должен предусматривать время на проверку и тестирование оборудования и знакомство операторов с рабочими процедурами и установленным порядком.

4. УЧАСТИЕ В СРАВНЕНИЯХ

4.1 Организационный комитет должен рассмотреть технические и оперативные аспекты, особые пожелания и предпочтения, ограничения, приоритеты и описания различных типов приборов для взаимных сравнений.

4.2 Обычно к сравнениям допускаются лишь те приборы, которые используются Членами в оперативной работе либо планируются к оперативному использованию в ближайшем будущем. В обязанности стран-участниц входит калибровка (поверка) своих приборов по признанным измерительным эталонам перед их отправкой на полигон и предоставление соответствующих калибровочных сертификатов и свидетельств о поверке. Участников могут просить предоставить два идентичных прибора каждого типа для получения большей достоверности данных. Однако это не должно быть условием для участия.

4.3 Организационный комитет должен составить детализированный вопросник, чтобы получить необходимую информацию по каждому прибору, предлагаемому для взаимных сравнений. Руководитель проекта должен предоставить дополнительные сведения и обеспечить заполнение этого вопросника как можно скорее. Участников могут попросить детализировать в своих ответах требования к подсоединению аппаратуры и уточнить характеристики программного обеспечения, а также предоставить соответствующую документацию (ориентировочный перечень вопросов имеется в Секретариате ВМО).

4.4 Затем председатель организационного комитета должен предложить:

- a) Генеральному секретарю официально пригласить Членов (которые проявили интерес) принять участие во взаимных сравнениях. Приглашение должно включать всю необходимую информацию о правилах взаимных сравнений, подготовленную организационным комитетом и руководителем проекта;
- b) руководителю проекта поддерживать все дальнейшие контакты с участниками.

5. СБОР ДАННЫХ

5.1 Установка оборудования

5.1.1 Организационный комитет должен дать оценку предложенному плану размещения приборов, подготовленному руководителем проекта, и утвердить это размещение приборов для проведения взаимных сравнений. Особое внимание следует уделить беспристрастному надлежащему размещению и экспозиции приборов с учетом критериев и стандартов ВМО и других международных организаций. Принятые критерии размещения и экспозиции должны быть задокументированы.

5.1.2 Специальные запросы участников в отношении установки приборов должны рассматриваться и утверждаться, в случаях приемлемости, руководителем проекта от имени организационного комитета.

5.2 Стандарты и эталонные измерительные приборы

Страна-организатор должна предпринять все меры для включения во взаимные сравнения, по крайней мере, одного эталонного измерительного прибора. Калибровка этого прибора должна иметь прослеживаемость к национальным или международным эталонам. Описание и характеристики этого прибора (эталона) должны быть предоставлены в распоряжение организационного комитета. Если для измеряемой физической величины не существует признанного стандарта или эталонного измерительного прибора, организационный комитет должен одобрить эталон для взаимных сравнений.

5.3 Сопутствующие наблюдения и измерения

Организационный комитет должен согласовать перечень метеорологических величин и параметров окружающей среды, которые должны измеряться или наблюдаться на площадке проведения взаимных сравнений на протяжении всего периода сравнений. Он должен подготовить программу этих измерений и просить страну-организатора выполнить эту программу. Результаты выполнения этой программы следует протоколировать в формате, пригодном для анализа взаимных сравнений.

5.4 Система сбора данных

5.4.1 Обычно страна-организатор должна предоставить необходимую систему сбора данных, способную регистрировать соответствующие аналоговые, импульсные и цифровые (последовательные или параллельные) сигналы со всех приборов, участвующих в сравнениях. Страна-организатор должна предоставить в распоряжение организационного комитета описание и блок-схему всей последовательности измерений. Организационный комитет совместно с руководителем проекта должен принять решение о том, будут ли приниматься аналоговые записи на ленте самописца и визуальное снятие показаний с дисплеев для целей проведения анализа измерений, либо они будут использоваться только для контроля работы приборов.

5.4.2 Аппаратная и программная части системы сбора данных должны быть тщательно испытаны перед началом сравнений, и необходимо принять меры по недопущению пропусков в регистрации данных на протяжении всего периода взаимных сравнений.

5.5 Методика сбора данных

Организационный комитет должен согласовать соответствующие процедуры сбора данных, такие как частота проведения измерений, выборка данных, осреднение, предварительная обработка данных, форматы данных, оперативный контроль качества и пр. В случае если сводки данных должны предоставляться участниками в ходе взаимных сравнений или если имеются данные в виде записи на ленте самописца или визуального снятия показаний, организационный комитет должен принять решение об ответственности за проверку этих данных, о периоде времени, в течение которого эти данные должны быть предоставлены в распоряжение руководителя проекта, и о форматах и носителях, которые позволят хранить эти данные в базе данных страны-организатора. По возможности должны проводиться непосредственные сравнения с показаниями эталонного измерительного прибора.

5.6 **График взаимных сравнений**

Организационный комитет должен принять решение в отношении содержания графика проведения взаимных сравнений, включая обычные и специальные задачи, и подготовить временную диаграмму. Подробный график должен быть в дальнейшем подготовлен руководителем проекта.

6. **ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ**

6.1 **База данных и доступность данных**

6.1.1 Все необходимые данные взаимных сравнений, включая сопутствующие метеорологические данные и данные о состоянии окружающей среды, должны храниться в базе данных для дальнейшего анализа под наблюдением руководителя проекта. Организационный комитет совместно с руководителем проекта должен предложить единый формат для всех данных, включая те данные, которые сообщаются участниками в ходе взаимных сравнений. Организационный комитет должен принять решение о мониторинге данных и проверке проведения контроля качества данных почти в реальном масштабе времени для обеспечения достоверности базы данных.

6.1.2 По завершении взаимных сравнений страна-организатор должна по запросу предоставить каждой стране-участнице комплект данных, полученных с предоставленных ею приборов. Этот комплект также должен содержать сопутствующие метеорологические данные, а также данные о состоянии окружающей среды и образцовых приборах.

6.2 **Анализ данных**

6.2.1 Организационный комитет должен предложить основные принципы выполнения анализа и обработки данных и представления результатов. Он должен утвердить методы преобразования данных, алгоритмы калибровки и внесения поправок, а также подготовить перечень терминов, определений, сокращенных наименований и соотношений (если они отличаются от общепринятой, документально оформленной практики). Он должен тщательно обдумать и подготовить всестороннее описание предложенных статистических методов, которые соответствуют достижению целей взаимных сравнений.

6.2.2 В случае, когда невозможно провести прямые, синхронизированные во времени сравнения приборов один на один (например, в случае разнесения в пространстве испытываемых приборов), следует применять методы анализа, основанные на статистическом распределении. В тех случаях, когда не существует эталонов (например, при измерении нижней границы облачности, метеорологической дальности видимости и пр.), приборы должны сравниваться с относительным эталонным измерительным прибором, выбранным из числа испытываемых приборов, основываясь на срединных или наивероятнейших значениях; при этом следует обращать внимание на исключение нерепрезентативных значений из выборочного подкомплекта данных.

6.2.3 Всякий раз, когда второе взаимное сравнение проводится спустя некоторое время после первого или в последующей фазе текущего взаимного сравнения, следует применять методы анализа и представления данных, которые использовались на первом этапе. Это не должно исключать добавления новых методов.

6.2.4 Как правило, руководитель проекта должен отвечать за обработку и анализ данных. Он должен как можно быстрее проверить пригодность отобранных процедур анализа и, по мере необходимости, готовить промежуточные отчеты для получения комментариев от членов организационного комитета. На основе этих обзоров должен рассматриваться вопрос о необходимости внесения изменений.

6.2.5 По завершении взаимных сравнений организационный комитет должен рассмотреть результаты и анализ данных, представленные руководителем проекта. Он должен обратить особое внимание на рекомендации по использованию результатов взаимных сравнений и содержание окончательного отчета.

7. **ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ О ПРОВЕДЕНИИ ВЗАИМНЫХ СРАВНЕНИЙ**

7.1 Организационный комитет должен подготовить проект содержания окончательного отчета и поручить руководителю проекта подготовить на его основе предварительный отчет.

7.2 Окончательный отчет о проведении взаимного сравнения должен содержать по каждому прибору краткое изложение основных характеристик точности измерений и рабочих характеристик. Результаты статистического анализа должны быть представлены либо в табличной, либо, в соответствующих случаях, в графической форме. Временные ряды наблюдений должны рассматриваться по выборочным периодам, содержащим результаты, представляющие особую значимость. Стране-организатору следует предложить подготовить главу, описывающую базу данных и технические средства, использованные для обработки, анализа и хранения данных.

7.3 Организационный комитет должен согласовать процедуры утверждения окончательного отчета, такие как:

- a) руководитель проекта готовит проект окончательного отчета и представляет его на рассмотрение всех членов организационного комитета, а также, в соответствующих случаях, Членам ВМО;
- b) комментарии и дополнения должны быть представлены в установленные сроки в адрес руководителя проекта и в копии председателю организационного комитета;
- c) в случае, если предлагаются лишь незначительные поправки, отчет может быть доработан руководителем проекта и направлен в Секретариат ВМО для публикации;
- d) в случае значительных дополнений или возникновения серьезных проблем, которые невозможно решить по переписке, рассматривается вопрос о созыве дополнительного заседания организационного комитета (президент КПМН должен быть немедленно проинформирован о такой ситуации).

7.4 Организационный комитет может принять решение о представлении руководителем проекта и сотрудниками проекта промежуточных и окончательных результатов на технических конференциях.

8. **ОБЯЗАТЕЛЬСТВА**

8.1 **Обязательства участников**

8.1.1 Участники несут полную ответственность за транспортировку всего представленного оборудования, выполнение всех формальных процедур по импорту и экспорту своего оборудования, а также несут любые связанные с этим расходы. Следует точно придерживаться процедур импорта/экспорта во избежание задержек, связанных с этим процессом.

8.1.2 Участники сами устанавливают и демонтируют любое оборудование под наблюдением руководителя проекта, за исключением случаев, когда эту работу берет на себя страна-организатор.

8.1.3 Каждый участник предоставляет все необходимое вспомогательное и монтажное оборудование, сигнальные и силовые кабели и соединения (совместимые со стандартами страны-организатора), запасные части и расходные материалы для своего оборудования. Участник, нуждающийся в специальном или нестандартном источнике энергии, должен привезти с собой свой собственный преобразователь или адаптер. Участники предоставляют все подробные инструкции и наставления, необходимые для установки, эксплуатации, калибровки и повседневного обслуживания приборов.

8.2 Поддержка от страны-организатора

8.2.1 Страна-организатор должна предоставить по запросу необходимую информацию странам-участницам о временных и постоянных (в случае расходных материалов) процедурах, связанных с импортом и экспортом. Она должна оказывать помощь в распаковке и установке оборудования участников и предоставить помещения или шкафы для размещения оборудования, требующего защиты от атмосферных воздействий, и для хранения запасных частей, наставлений, расходных материалов и пр.

8.2.2 Страна-организатор должна предоставить достаточное количество вспомогательного оборудования или сооружений, таких как вышки, укрытия, основания или фундаменты.

8.2.3 Должна быть предоставлена подача необходимой электроэнергии для всех приборов. Участники должны быть информированы о напряжении и частоте тока в сети и их стабильности. Подсоединение приборов к системе сбора данных и к источнику питания проводится совместно с участниками. Руководитель проекта должен согласовать с каждым участником вопрос о предоставлении участником либо страной-организатором силовых и сигнальных кабелей достаточной длины (и с соответствующими соединениями).

8.2.4 Страна-организатор отвечает за получение официального разрешения на проведение измерений в атмосфере, например использование частот, использование лазерного излучения, выполнение норм гражданского и авиационного законодательства и пр. Каждый участник должен предоставить необходимые документы по запросу руководителя проекта.

8.2.5 Страна-организатор может предоставить информацию о размещении участников, переездах, местном транспорте, ежедневном материально-техническом обеспечении и пр.

8.3 Обслуживание, предоставляемое страной-организатором

8.3.1 Страна-организатор предоставляет оператора для повседневного обслуживания приборов только в случае проведения продолжительных сравнений, для которых оправдано отсутствие участников или их представителей.

8.3.2 Когда страна-организатор отвечает за предоставление операторов по обслуживанию, она должна:

- a) предоставить обычного оператора для обслуживания каждого прибора, например для его чистки, смены ленты самописца и повседневных корректировок, как указано в предоставленных участником инструкциях по эксплуатации;
- b) ежедневно проверять каждый прибор, участвующий во взаимных сравнениях, и немедленно информировать назначенное ответственное лицо, представляющее участника, о любых неисправностях, которые нельзя устранить с помощью обычного обслуживания;
- c) предпринять все усилия для проведения периодических калибровок и поверок приборов в соответствии с подробными инструкциями участника.

8.3.3 Руководитель проекта должен вести в журнале регулярную регистрацию функционирования всего оборудования, участвующего во взаимных сравнениях. Этот журнал должен содержать замечания обо всем происходящем, что может оказать влияние на проведение взаимных сравнений, обо всех событиях, связанных с участвующими приборами, а также с оборудованием и техническими средствами, предоставленными страной-организатором.

9. ПРАВИЛА В ХОДЕ СРАВНЕНИЙ

9.1 Руководитель проекта осуществляет общий контроль за ходом взаимных сравнений от имени организационного комитета.

9.2 Никакие изменения в аппаратном оборудовании и программном обеспечении не разрешаются без согласия руководителя проекта.

9.3 Незначительные ремонтные работы, такие как замена предохранителя, разрешаются по согласованию с руководителем проекта.

9.4 Калибровки, поверки и техническое обслуживание приборов участниками, которые требуют специальных знаний или специального оборудования, будут разрешаться в соответствии с заранее установленными процедурами.

9.5 По всем вопросам, возникающим в ходе проведения сравнений в отношении оборудования участников, следует обращаться к руководителю проекта.

9.6 Руководитель проекта может выбрать период в течение взаимных сравнений, во время которого прибор будет работать с увеличенными интервалами между обычным регулярным обслуживанием, чтобы оценить подверженность оборудования влиянию окружающей среды. Такие же увеличенные интервалы будут применяться ко всем приборам.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.D. ОТЧЕТЫ О МЕЖДУНАРОДНЫХ СРАВНЕНИЯХ, ПРОВЕДЕННЫХ ПОД ЭГИДОЙ КОМИССИИ ПО ПРИБОРАМ И МЕТОДАМ НАБЛЮДЕНИЙ

Информация в следующей таблице отсортирована по теме или прибору, в алфавитном порядке, а отчеты по каждой теме приведены в обратном хронологическом порядке.

Примечание. С большинством недавних отчетов можно ознакомиться по ссылке: <https://community.wmo.int/en/activity-areas/imop/publications-and-iom-reports>. Отчеты о международных взаимных сравнениях пиргелиометров в рамках ВМО, проводимых Мировым радиационным центром в Давосе, Швейцария, и организуемых с пятилетними интервалами, также распространяются ВМО.

Тема	Номер отчета о приборах и наблюдениях	Название отчета
Барометры	46	The WMO Automatic Digital Barometer Intercomparison (de Bilt, Netherlands, 1989–1991), J.P. van der Meulen, WMO/TD-No. 474 (1992)
Ветер	62	WMO Wind Instrument Intercomparison (Mont Aigoual, France, 1992–1993), P. Gregoire and G. Oualid, WMO/TD-No. 859 (1997)
Видимость	41	The First WMO Intercomparison of Visibility Measurements Final Report (United Kingdom, 1988/1989), D.J. Griggs, et al., WMO/TD-No. 401 (1990)
Влажность	106	WMO Field Intercomparison of Thermometer Screens/Shields and Humidity Measuring Instruments (Ghardaïa, Algeria, November 2008 – October 2009), Bousri, D.; Leroy, M.; Mezred, M., WMO/TD-No. 1579
Влажность	38	WMO International Hygrometer Intercomparison (Oslo, Norway, 1989), J. Skaar, et al., WMO/TD-No. 316 (1989)
Влажность	34	WMO Assmann Aspiration Psychrometer Intercomparison (Potsdam, German Democratic Republic, 1987), D. Sonntag, WMO/TD-No. 289 (1989)
Высота нижней границы облачности	32	WMO International Ceilometer Intercomparison (United Kingdom, 1986), D.W. Jones, et al, WMO/TD-No. 217 (1988)
Интенсивность дождевых осадков	99	WMO Field Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges (Vigna di Valle, Italy, October 2007–April 2009), E. Vuerich, et al., WMO/TD-No. 1504 (2009)
Интенсивность дождевых осадков	84	WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges (France, The Netherlands, Italy, September 2004–September 2005), L. Lanza, et al., WMO/TD-No. 1304 (2006)
Осадки	67	WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison – Final Report , B.E. Goodison, et al., WMO/TD-No. 872 (1998)
Осадки	17	International Comparison of National Precipitation Gauges with a Reference Pit Gauge (1984), B. Sevruck and W.R. Hamon, WMO/TD-No. 38 (1984)
Пиранометры	98	Sub-Regional Pyranometer Intercomparison of the RA VI members from South-Eastern Europe (Split, Croatia, 22 July–6 August 2007), K. Premec, WMO/TD-No. 1501 (2009)

Тема	Номер отчета о приборах и наблюдениях	Название отчета
Пиранометры	16	Radiation and Sunshine Duration Measurements: Comparison of Pyranometers and Electronic Sunshine Duration Recorders of RA VI (Budapest, Hungary, July–December 1984), G. Major, WMO/TD-No. 146 (1986)
Пиргелиометры	124	Second International Pyrgeometer Intercomparison – Final Report , (Davos, Switzerland, 27 September–15 October 2015), J. Gröbner and C. Thomann (2018)
Пиргелиометры	113	Third WMO Regional Pyrheliometer Comparison of RA II (Tokyo, 23 January – 3 February 2012), N. Ohkawara, et al. (2013)
Пиргелиометры	112	Baltic Region Pyrheliometer Comparison (Norrköping, Sweden, 21 May–1 June 2012), T. Carlund (2013)
Пиргелиометры	108	WMO International Pyrheliometer Comparison (Davos, Switzerland, 27 September–15 October 2010), W. Finsterle (2011)
Пиргелиометры	97	Second WMO Regional Pyrheliometer Comparison of RA II (Tokyo, 22 January–2 February 2007), H. Sasaki, WMO/TD-No. 1494 (2009)
Пиргелиометры	91	International Pyrheliometer Comparison (Davos, Switzerland, 26 September–14 October 2005), W. Finsterle, WMO/TD-No. 1320 (2006)
Пиргелиометры	64	Tercera Comparación Regional de la OMM de Pirheliómetros Patrones Nacionales AR III – Informe Final (Santiago, Chile, 24 February–7 March 1997), M.V. Muñoz, WMO/TD-No. 861 (1997)
Пиргелиометры	53	Segunda Comparación de la OMM de Pirheliómetros Patrones Nacionales AR III (Buenos Aires, Argentina, 25 November–13 December 1991), M. Ginzburg, WMO/TD-No. 572 (1992)
Пиргелиометры	44	First WMO Regional Pyrheliometer Comparison of RA IV (Ensenada, Mexico, 20–27 April 1989), I. Galindo, WMO/TD-No. 345 (1989)
Пиргелиометры	43	First WMO Regional Pyrheliometer Comparison of RA II and RA V (Tokyo, 23 January–4 February 1989), Y. Sano, WMO/TD-No. 308 (1989)
Пиргеометры	129	Second International Pyrgeometer Intercomparison – Final Report , (Davos, Switzerland, 27 September–15 October 2015), J. Gröbner and C. Thomann (2018)
Радиозонды	107	WMO Intercomparison of High Quality Radiosonde Systems (Yangjiang, China, 12 July–3 August 2010), J. Nash, et al., WMO/TD-No. 1580 (2011) (clarification note)
Радиозонды	90	WMO Intercomparison of GPS Radiosondes (Alcantara, Brazil, 20 May–10 June 2001), R. da Silveira, et al., WMO/TD-No. 1314 (2006)
Радиозонды	85	WMO Radiosonde Humidity Sensor Intercomparison , Final Report of Phase I and Phase II (Phase I: Russian Federation, 1995–1997; Phase II: USA, 8–26 September 1995), Phase I: A. Balagurov, et al.; Phase II: F. Schmidlin, WMO/TD-No. 1305 (2006)
Радиозонды	83	WMO Intercomparison of Radiosonde Systems (Vacoas, Mauritius, 2–25 February 2005), J. Nash, et al., WMO/TD-No. 1303 (2006)

<i>Тема</i>	<i>Номер отчета о приборах и наблюдениях</i>	<i>Название отчета</i>
Радиозонды	76	<i>Executive Summary of the WMO Intercomparison of GPS Radiosondes</i> (Alcantara, Maranhão, Brazil, 20 May–10 June 2001), R.B. da Silveira, et al., WMO/TD-No. 1153 (2003)
Радиозонды	59	<i>WMO International Radiosonde Comparison, Phase IV</i> (Tsukuba, Japan, 15 February–12 March 1993), S. Yagi, et al., WMO/TD-No. 742 (1996)
Радиозонды	40	<i>WMO International Radiosonde Comparison, Phase III</i> (Dzhambul, USSR, 1989), A. Ivanov, et al., WMO/TD-No. 451 (1991)
Радиозонды	29	<i>WMO International Radiosonde Intercomparison Phase II</i> (Wallops Island, United States, 4 February–15 March 1985), F.J. Schmidlin, WMO/TD-No. 312 (1988)
Радиозонды	30	<i>WMO International Radiosonde Comparison</i> (United Kingdom, 1984/United States, 1985), J. Nash and F.J. Schmidlin, WMO/TD-No. 195 (1987)
Радиозонды	28	<i>WMO International Radiosonde Comparison Phase I</i> (Beaufort Park, United Kingdom, 1984), A.H. Hooper, WMO/TD-No. 174 (1986)
Текущая погода	73	<i>WMO Intercomparison of Present Weather Instruments/Systems – Final Report</i> (Canada and France, 1993–1995), M. Leroy, et al., WMO/TD-No. 887 (1998)
Термометрическая будка	106	<i>WMO Field Intercomparison of Thermometer Screens/Shields and Humidity Measuring Instruments</i> (Ghardaïa, Algeria, November 2008–October 2009), M. Lacombe, et al., WMO/TD-No. 1579 (2011)

СПРАВОЧНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Hoehne, W.E. *Standardizing Functional Tests*. NOAA Technical Memorandum NWS T&EL-12; United States Department of Commerce: Stirling, Virginia, 1971. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/33644>
- Hoehne, W.E., 1972: Standardizing functional tests. Preprints of the Second Symposium on Meteorological Observations and Instrumentation, American Meteorological Society, pp. 161–165.
- Hoehne, W.E. *Progress and Results of Functional Testing*. NOAA Technical Memorandum, NWS T&EL-15; United States Department of Commerce: Stirling, Virginia, 1977.
- International Electrotechnical Commission (IEC). *Classification of Environmental Conditions – Part 1: Environmental Parameters and their Severities*; IEC 60721-1; Geneva, 2002. <https://webstore.iec.ch/publication/3030>
- International Organization for Standardization (ISO). Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection; ISO 2859-1:1999; Geneva, 1999. <https://www.iso.org/standard/1141.html>
- International Organization for Standardization (ISO). Sampling procedures for inspection by variables – Part 1: Specification for single sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection for a single quality characteristic and a single AQL; ISO 3951-1:2022; Geneva, 2022. <https://www.iso.org/standard/74706.html>
- International Organization for Standardization (ISO)/International Electrotechnical Commission (IEC) *Uncertainty of Measurement – Part 3: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM: 1995)*; ISO/IEC Guide 98-3:2008, incl. Suppl. 1:2008/Cor 1:2009, Suppl. 1:2008, Suppl. 2:2011; Geneva, 2008 (Equivalent to: JCGM, 2008: *Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*; JCGM 100:2008, corrected in 2010, incl. JCGM 101:2008, JCGM 102:2011M; 2008).
- International Organization for Standardization (ISO)/International Electrotechnical Commission (IEC). Conformity assessment – General requirements for the competence of proficiency testing providers; ISO/IEC 17043:2023; Geneva, 2023. <https://www.iso.org/standard/80864.html>
- International Organization for Standardization (ISO)/International Electrotechnical Commission (IEC). *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*; ISO/IEC 17025:2017; Geneva, 2017. <https://www.iso.org/standard/66912.html>
- Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM); JCGM 200:2012; 2012.
- National Weather Service (NWS). Natural Environmental Testing Criteria and Recommended Test Methodologies for a Proposed Standard for National Weather Service Equipment; United States Department of Commerce: Stirling, Virginia, 1980.
- National Weather Service (NWS). *NWS Standard Environmental Criteria and Test Procedures*; United States Department of Commerce: Stirling, Virginia, 1984.
- Всемирная метеорологическая организация (ВМО). *Сборник основных документов № 1* (ВМО-№ 15). Женева, 2023 г.
- World Meteorological Organization (WMO) 2018. J. Bojkovski; J. Drnovsek; D. Groselj et al. *Interlaboratory Comparison in the field of Temperature, Humidity and Pressure, in the WMO Regional Association VI (MM-ILC-2015-THP)*, Report No. 128, World Meteorological Organization (WMO): Geneva, 2018.
- World Meteorological Organization (WMO)/International Council of Scientific Unions (ICU) 1986. *Revised Instruction Manual on Radiation Instruments and Measurements* (WMO/TD-No. 149). World Climate Research Programme (WCRP) Publications Series No. 7. Geneva, 1986.
-