

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ.

Ю.А. Кудеяров, Ю.Е. Лукашов, А.А. Сатановский

Подавляющее большинство современных средств измерений и измерительных систем невозможно представить без автоматизированной обработки измерительной информации и соответствующего программного обеспечения (ПО). При этом под ПО понимаются алгоритмы обработки данных и программы, реализующие эти алгоритмы на одном из языков программирования, а также программы отображения данных и другие управляющие и вспомогательные программы. Использование ПО внутри или вместе с измерительной системой, помимо решения основных задач, обеспечивает также дополнительные функции управления и обработки данных в удобной и эффективной форме. Более того, многие средства измерений и измерительные системы не могут функционировать без наличия соответствующего ПО. Все это привело к тому, что объемы и масштабы использования автоматизированной обработки измерительной информации в последнее время стремительно возрастают. Вместе с тем, предоставляя большие возможности и преимущества по сравнению с традиционными методами обработки измерительной информации, использование ПО может привести к появлению дополнительных погрешностей, связанных, например, с неадекватностью используемых алгоритмов измерительной задаче, с нестабильностью (необусловленностью) алгоритмов, положенных в основу ПО, с неправильной их реализацией и т.п.

Кроме того, в последнее время очень актуально стоят вопросы защиты информации от искажения, от неавторизованного доступа, взаимного влияния приложений друг на друга и др., что для программных средств метрологического назначения является крайне важным.

Как известно, все средства измерений с целью обеспечения единства измерений в стране проходят аттестацию на соответствие определенным требованиям либо в виде испытаний для утверждения их типа и поверки, если они используются в сфере действия государственного метрологического контроля и надзора, либо в виде калибровки, если они в этой сфере не

используются. ПО, входящее в их состав, не аттестуется отдельно, а проходит аттестацию в составе средства измерений, т.е. в процессе аттестации не учитывается погрешность реализации и выбор алгоритма программным средством, а также другие важные характеристики ПО, хотя, как уже отмечалось, с использованием ПО при определенных условиях могут быть связаны дополнительные погрешности, которые в общем случае должны быть оценены. Из сказанного следует, что ПО, входящее в состав средств измерений, должно быть в том или ином виде аттестовано. При этом речь должна идти не только об оценивании значения погрешности, вносимой алгоритмами программы, но и об их защите, документировании, спецификации, а также о других задачах аттестации, общих для всех видов ПО.

Первыми шагами в разработке системы аттестации ПО средств измерений стоят задачи классификации и разработки требований к каждой группе классифицированных программных средств.

Если обратиться к зарубежному опыту по данному вопросу, то проблеме аттестации ПО для средств измерений в последнее время стало уделяться самое серьезное внимание. Так требованиям к ПО средств измерений посвящен ряд международных стандартов и рекомендаций (см., например, [1], [2]). Некоторые нормативные разработки имеются и в России [3-4].

В качестве примеров можно привести программу SSFM 1 и 2 (Software Support For Metrology) (NPL, Великобритания) [5] и требования РТВ (ФРГ) [6-9]. Определенные наработки по этому вопросу имеются и у Национального института по стандартизации и технологиям (NIST, США).

Итак, процесс аттестации ПО должен начинаться с его классификации. Классификация может проводиться по разным критериям. Не претендуя на общность, здесь мы ограничимся только такими, которые в самом общем виде понадобятся для рассмотрения проблем аттестации. Анализ ПО, используемого при обработке измерительной информации, показывает, что имеется три вида такого обеспечения:

1. Готовое ПО (коммерческое ПО);
2. Модифицированное коммерческое ПО;
3. Пользовательское (заказное) ПО.

Эти три вида составляют основу классификации ПО, определяющую все другие классификационные признаки. Таким образом, процесс аттестации ПО должен начинаться с отнесения аттестуемого ПО к одному из этих видов.

Остановимся подробнее на описании каждого из этих видов.

1. *Готовое ПО (коммерческое ПО).*

Это ПО, которое приобретено (куплено) и используется без возможности его модификации. К такому ПО относятся, например, Microsoft Excel, MathCad, MathLab, Mathematica и другие подобные продукты. К этой же группе относится и так называемое встроенное ПО.

Порядок аттестации ПО, входящего в состав промышленного оборудования (встроенного ПО), определяется требованиями, содержащимися в п.п. 3.3.3 и 5.6 ГОСТ Р 8.596-2002 [3], и сводящимися к тому, что такая аттестация не является необходимой, если метрологические характеристики (МХ) средства измерений (измерительного комплекса) нормированы с учетом программы, реализуемой его вычислительным компонентом. Если же этого не сделано, то метрологическая аттестация такого ПО необходима. При этом можно пользоваться либо рекомендацией [4], либо, в отсутствие соответствующих нормативных документов, разработать собственную программу метрологической аттестации ПО, которая должна быть согласована с контролирующими (надзирающими) органами. При этом желательно, чтобы пользователь средства измерений со встроенным ПО имел описание функций, которые должно выполнять это обеспечение, и на основании этого описания сформулировал к нему соответствующие требования.

2. *Модифицированное коммерческое ПО.*

Это ПО, чей код модифицирован или изменен для специальных приложений. Примером такого ПО являются программы, разработанные в Lab Windows, LabView и др., которые представляют собой, в частности, интегрированную среду программирования измерительных систем. По сути, этот вид является ПО виртуальных приборов, представляющих собой компьютер, плату ввода/вывода сигналов и программную среду, разработанную, например, в LabView. Такие виртуальные приборы используются для измерения и управления посредством электрических сигналов таких физических величин как, например, напряжение, ток, мощность, температура, давление, скорость, вибрация и т.п.

3. Пользовательское (заказное) ПО.

Это ПО, разработанное самим пользователем или субподрядчиком, программа которого написана, например, на таких языках программирования как C++, Visual Basic, Database Design, Delphi и др. Такое ПО обеспечение требует самой полной проверки.

Из сказанного следует, что нас в первую очередь будет интересовать ПО первого и третьего видов, если оно используется в средствах измерений.

Переходя к обзору требований к ПО, представленных в упомянутых выше стандартах и рекомендациях, отметим, что из всех этих рекомендаций нас будет интересовать главным образом требования и рекомендации, сформулированные в [1], поскольку именно этот документ в наибольшей степени соответствует задачам метрологической аттестации ПО, а также только этот документ непосредственно посвящен требованиям к программному обеспечению средств измерений.

Рассматриваемое руководство акцентирует внимание на том, что нормирование только метрологических характеристик средств измерений без должного внимания к ПО, используемому в них, в настоящее время совершенно не достаточно, так как для большинства современных приборов, управляемых микропроцессорами, или приборов на базе ПЭВМ программное обеспечение и его целостность являются существенными факторами, в значительной степени определяющими метрологические свойства и надежность функционирования приборов. Руководство охватывает различные категории измерительных приборов и систем: счетчики воды, газа, тепловой энергии, электроэнергии, измерительные трансформаторы, измерительные системы для непрерывных и динамических измерений количества жидкостей, не являющихся водой, автоматические взвешивающие приборы, таксометры, приборы для измерения геометрических размеров, анализаторы выдоха и выхлопных газов и др.

Руководство разработано на основе Директивы по измерительным приборам [10], содержащей требования, предъявляемые к измерительным приборам, используемым в области, регулируемой законодательной метрологией. Некоторые из этих *необходимых требований* могут быть напрямую применены к ПО, используемому в этих приборах. Например:

Приложение 1, №13: *«Программное обеспечение, которое является критическим (т.е. полностью или частично ответственным за метрологические характеристики прибора) для метрологических характеристик, должно быть идентифицировано соответствующим образом и защищено. Его идентификация должна быть легко доступна. Факт несанкционированного вмешательства должен быть очевиден в течение разумного периода времени».*

Приложение 1. №14: *«Данные измерений и метрологически важные параметры, сохраненные или переданные, должны быть соответственно защищены от случайного или намеренного искажения».*

Другие необходимые требования могут быть применены как к аппаратным средствам, так и ПО измерительного прибора. Например:

Приложение 1, №7: *«Измерительный прибор не должен иметь какой-либо технической особенности, которая с некоторой вероятностью, могла бы способствовать его мошенническому использованию, принимая во внимание, что возможность неумышленного неправильного использования минимальна».*

Приложение 1, №11: *«Метрологические характеристики измерительного прибора не должны бесконтрольно изменяться при подключении к нему другого устройства либо непосредственно подключаемого к прибору, либо дистанционно управляемого».*

Приложение 1, №27: *«Измерительный прибор должен быть разработан таким образом, чтобы можно было легко провести оценку его соответствия требованиям данной директивы».*

На основе данной Директивы Руководство [1] формулирует следующие требования к ПО, которые представлены в Таблице 1.

Некоторые понятия, используемые в таблице, требуют пояснений. В частности, необходимо уточнить какие именно параметры и характеристики ПО подлежат метрологическому контролю, или, придерживаясь терминологии Рекомендации, контролю со стороны законодательной метрологии.

Согласно Руководству метрологическому контролю подлежат следующие параметры и характеристики ПО:

- *типоопределяющие, конструктивные и настраиваемые параметры, зависящие только от типа приборов (к их числу относятся, например, диапазон измерения, цена деления шкалы, единицы измерений, чувствительность и т.п.), при этом все эти параметры, как правило, введены (интегрированы) в код программы;*

- *переменные значения, включающие массивы считанных измеренных данных, обработанные и конечные результаты измерений, к которым имеется свободный доступ из любого другого ПО;*
- *вспомогательные переменные (команды для управления функциями и потоком данных метрологически контролируемых частей программы, счетчики событий и т.п.).*

Номер требования	Необходимые требования к программному обеспечению
Проект и структура программного обеспечения	
ER1.1	Программное обеспечение измерительного прибора должно быть разработано так, чтобы можно было без особых трудностей провести оценку соответствия его законодательно контролируемых функций требованиям данного руководства.
ER1.2	Законодательно контролируемое программное обеспечение должно быть разработано таким образом, чтобы оно ни коим образом не было подвержено влиянию другого программного обеспечения.
ER1.3	Законодательно контролируемое программное обеспечение должно быть разработано таким образом, чтобы на него невозможно было оказать какое-либо воздействие через интерфейсы прибора.
Защита программного обеспечения	
ER2.1	Законодательно контролируемые программы и данные должны быть защищены от случайных или неумышленных изменений.
ER2.2	Законодательно контролируемые программы и данные должны быть защищены от искажения или намеренных изменений лицами, не имеющими соответствующего допуска.
ER2.3	Для законодательно контролируемых целей можно использовать только утвержденное и проверенное программное обеспечение. Факт использования результатов, полученных с помощью законодательно контролируемой программы, должен быть очевиден и однозначен.
ER2.4	Функциональные дефекты, которые могут фальсифицировать результаты измерений в программно управляемых аппаратных средствах, должны обнаруживаться с максимально возможной вероятностью. При обнаружении такие дефекты должны быть устранены или обозначены.
Соответствие программного обеспечения	
ER3.1	После утверждения типа программное обеспечение не должно недопустимым образом изменяться.
ER3.2	Для проверки соответствия должны предоставляться идентификация законодательно контролируемых программ и поясняющие инструкции
Готовность к испытаниям	
ER4.1	Функциональные возможности прибора должны быть проверяемы.
Документация, требуемая для утверждения типа	
ER5.1	Законодательно контролируемое программное обеспечение, включая его аппаратную и программную среду, должно соответствующим образом документироваться.

Таблица 1. Требования к ПО, содержащиеся в Руководстве [1]

Руководство на основании опыта работы по испытаниям средств измерений для целей утверждения типа рекомендует рассматривать следующие

характеристики, определяющие уровни аттестации ПО, используемого в поверяемом средстве измерения:

- **степень защиты** ПО от изменений;
- **жесткость испытаний** ПО при утверждении типа средств измерений;
- **степень соответствия** ПО, используемого в поверяемом приборе, и ПО, зафиксированного при утверждении типа.

Остановимся кратко на содержании этих характеристик.

Предлагается рассматривать три степени защиты ПО: низкую, среднюю и высокую.

При этом под *низкой* степенью защиты понимается ситуация, когда не требуется специальной защиты ПО от намеренных искажений.

Средняя степень предполагает защиту законодательно контролируемого ПО от намеренных изменений с помощью наиболее распространенных программных средств, например, с помощью текстовых редакторов.

Высокая степень защиты характеризуется использованием специальных программных средств (отладчиков и редакторов жестких дисков, ПО для разработки программ и т.п.), т.е. уровень защиты в этом случае соответствует последним достижениям в области защиты данных (как, например, в области банковских технологий).

К перечисленным степеням защиты ПО необходимо сделать следующие замечания:

1. Степень защиты ПО оказывает влияние на принимаемые технические решения при разработке средства измерения и соответствующего ПО и поэтому представляет интерес главным образом для изготовителя, в том числе для разработчика ПО.
2. Определения разных степеней защиты относятся только к защите от намеренных изменений. Что касается неумышленных изменений, то в этом случае степени защиты не определены, и необходимые требования к ПО устанавливаются и прибор испытывается в соответствии с имеющейся практикой работы в области испытаний.
3. Общепринятый метод защиты в виде нанесения клейма, обеспечивающий очевидность преднамеренного вмешательства, эквивалентен программным средствам средней и высокой степеней защиты.

Точно также рекомендуется устанавливать три вида жесткости испытаний ПО: низкий, средний и высокий. Понятно, что вид жесткости испытаний представляет интерес в первую очередь для органа, проводящего эти испытания, хотя, при этом возникают определенные последствия и для заявителя.

Низкая жесткость испытаний характеризуется тем, что функции ПО проверяются в ходе обычных испытаний средств измерений для утверждения типа. Документация, относящаяся к законодательно контролируемым частям и функциям прибора необходима, главным образом, для понимания операций по его использованию и испытаниям. Акцент делается на результаты обычных испытаний по проверке метрологических характеристик прибора и на результаты испытаний на корректность информации, содержащейся в руководстве по эксплуатации. По некоторым техническим характеристикам, которые не охватываются указанными испытаниями (например, защищенность интерфейсов) допускается принимать заявление изготовителя о соответствии ПО предоставленной документации. При этом заявителю испытаний, по мере необходимости, достаточно предоставить только руководство по эксплуатации и техническую документацию без специальной программной документации.

При *среднем* уровне испытаний в дополнение к обычным испытаниям по утверждению типа (см. *низкий* уровень) проводятся испытания ПО на основании описания программных функций, представленных изготовителем средства измерений. При этом проверяется целостность и однозначность заявленных и документированных функций. Для приборов на базе ЭВМ или открытых измерительных систем с возможным доступом пользователя проводятся практические испытания ПО для проверки эффективности мер защиты и правильности идентификации и документирования команд. Заказчик испытаний в рассматриваемом случае наряду с документацией, представляемой на испытания средства измерения для утверждения типа, должен представлять также описание ПО.

Высокий уровень испытаний характеризуется тем, что в дополнение к обычным испытаниям по определению метрологических характеристик и испытаний на правильность выполняемых функций (см. *низкий* и *средний* уровни) законодательно контролируемое ПО проверяется по его исходному коду. Предметом испытаний кода программы может быть, например,

реализация алгоритма, фильтрация ввода через интерфейс или насколько правильно выполнено разделение программы. При этом, естественно, исследуется исходный код ПО. Этот уровень определяет только объем испытаний самого ПО. В любом случае метрологические характеристики прибора определяются в ходе их обычных испытаний.

Сложнее обстоят дела с установлением степени соответствия ПО. Сложнее не по существу, а по объему описания. Точно также как и в двух предыдущих случаях устанавливаются три уровня соответствия: низкий, средний и высокий. Эти уровни отличаются друг от друга главным образом тем, какие изменения могут быть внесены в ПО отдельных приборов по сравнению с идентифицированным при утверждении типа и как в подобных случаях должен поступать орган, проводящий испытания.

Обсуждаемое Руководство рекомендует для реальных испытаний разработку более детальных требований к ПО, учитывающих также аппаратную и программную конфигурации измерительного прибора или системы. Принципиальным является то, что для технических характеристик средства измерений нет необходимости определять и назначать уровни или степени требований, поскольку в каждом конкретном случае эти характеристики могут быть объективно классифицированы и оценены.

В [1] упоминаются также такие методы идентификации и защиты ПО как контрольная сумма, электронная подпись, журнал, счетчик событий и др. Эти методы довольно распространены при защите ПО и таким образом [1] рекомендует их использовать и в сфере ПО для средств измерений.

Следует отметить, что [1] не ставит требований к точностным характеристикам программных средств, в то же время в [2] такие требования имеются.

Приведем, как пример, наиболее существенные требования, которые имеют технический характер.

“5.4.7.2 Если используются компьютеры или автоматизированное оборудование для сбора, обработки, регистрации, отчетности, хранения или поиска данных испытаний и калибровок, лаборатория должна удостовериться, что:

а) разработанное пользователем компьютерное программное обеспечение достаточно подробно задокументировано и должным образом

оценено как пригодное для применения;

b) разработаны и внедрены процедуры защиты данных; эти процедуры должны включать, но не ограничиваться этим, целостность и конфиденциальность ввода или сбора данных, хранения данных, передачи данных и обработки данных;

c) для обеспечения должного функционирования обеспечивается технический уход за компьютером и автоматизированным оборудованием, и для них были созданы условия окружающей среды и работы, необходимые для поддержания точности данных испытаний и калибровок .

Примечание — Коммерческое готовое программное обеспечение (например, обработка текстов, база данных и статистические программы), обычно используемое в обозначенных рамках их применения, может считаться достаточно оцененным. Однако конфигурацию/модификацию программного обеспечения, используемого в лаборатории, следует оценить (см. 5.4.7.2a).

5.5.2 Оборудование и его программное обеспечение, используемые для проведения испытаний, калибровки и отбора образцов, должны обеспечивать требуемую точность и соответствовать техническим требованиям, предъявляемым к испытаниям и/или калибровочным работам.

5.5.4 Каждая единица оборудования и ее программное обеспечение, используемые при проведении испытаний и/или калибровок и оказывающие влияние на результат, должны, если это практически осуществимо, быть однозначно идентифицированы.

5.5.12 Регулировка испытательного и калибровочного оборудования, включая аппаратные средства и программное обеспечение, которые могут сделать недействительными результаты испытаний и/или калибровок, должна быть исключена.”

Примером нормативных документов, формулирующих требования к ПО средств измерений на основе Рекомендации [1], являются требования РТВ [6-9].

Рассмотренные стандарты и рекомендации главным образом ставят задачу аттестации ПО перед производителями средств измерений и органами по их испытаниям. Они регламентируют общие требования к ПО и фактически не содержат указаний на то, каким образом эту аттестацию надо проводить.

Следующими шагами, после классификации и разработки требований к ПО, в разработке системы аттестации ПО средств измерений должна явиться разработка методик метрологической аттестации, обзор которых будет рассмотрен в следующей статье.

Список литературы

1. Требования к программному обеспечению на основе Директивы по измерительным приборам. WELMEC (European cooperation in legal metrology) 7.1, октябрь, 1999
2. ИСО/МЭК 17025-2000. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
3. ГОСТ Р 8.596-2002. ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Общие положения
4. МИ 2174-91 «ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения»
5. B. Wichman with R. Barker, M. Cox, P. Harris. Software Support for Metrology. Best Practice Guide N 1. Measurement System Validation: Validation of Measurement Software. Report to National Measurement System Policy Unit. April 2000
6. PTB – Anforderungen (PTB-A 50.7). Anforderungen an elektronische und software – gesteuerte Messgeräte und Zusatzeinrichtungen für Elektrizität, Gas, Wasser und Wärme, April 2002
7. Anhang PTB-A 50.7-1. Software – Anforderungen an Messgeräte und Zusatzeinrichtungen gemäß PTB-A 50.7. Geräteklasse 1: Einfaches Gerät, April 2002
8. Anhang PTB-A 50.7-2. Software – Anforderungen an Messgeräte und Zusatzeinrichtungen gemäß PTB-A 50.7. Geräteklasse 2: Gerät mit Datenübertragung über Kommunikationsnetzwerke, April 2002
9. Anhang PTB-A 50.7-3. Software – Anforderungen an Messgeräte und Zusatzeinrichtungen gemäß PTB-A 50.7. Geräteklasse 3: Gerät mit Software – Trennung, April 2002
10. Measuring Instruments Directive (MID/3), Brussels 15.09.2000, COM(2000) 566 final, European Commission – III.D.2

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены существующие на настоящий момент в зарубежных и отечественных стандартах и рекомендациях требования к программному обеспечению, используемому в средствах измерений.