

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Ю.Е. Лукашов, А.А. Сатановский

Проведение метрологической аттестации программного обеспечения (ПО) средств измерений (СИ) требует четкого установления требований и методов испытаний такого ПО. К различным видам ПО СИ предъявляются разные требования и, соответственно, методики испытаний, которые зависят от установления уровней требований, в соответствии с международными руководствами WELMEC 7.1, MID-Software, отечественной Рекомендации МИ 2891-2004.

Руководство WELMEC 7.1 определяют следующие уровни требований к ПО СИ, которые назначаются для:

- жесткости испытаний (низкая, средняя, высокая);
- степени соответствия (низкая, средняя, высокая);
- уровню защиты (низкий, средний, высокий).

При этом указываются следующее описание уровней требований для указанных характеристик:

Жесткость испытаний программного обеспечения

Низкая: функции ПО проверяются в ходе обычных испытаний по утверждению типа СИ в соответствии с программой испытаний.

Средняя: ПО испытывается на основании описания программных функций, предоставленных изготовителем. Оценивается влияние ПО на результаты измерений, средства идентификации и защиты.

Высокая: в дополнение к обычным испытаниям по определению метрологических характеристик и правильности выполняемых функций проверяется исходный код ПО. Предметом испытаний исходного кода программы может являться, например, реализация алгоритма вычислений.

Степень соответствия программного обеспечения (идентификация)

Низкая: Применяемое ПО каждого отдельного СИ находится в соответствии с утвержденным.

Средняя: В дополнение к уровню соответствия «низкий», в отдельных случаях, обусловленных техническими особенностями, некоторые части ПО могут быть определены как «не подлежащие изменению» при утверждении типа. Части, не подлежащие изменению, идентичны утвержденному ПО в каждом СИ.

Высокая: В каждом СИ используется ПО, полностью идентичное утвержденному.

Защита программного обеспечения

Низкая: Не требуется специальной защиты контролируемого ПО и данных от недопустимых изменений.

Средняя: ПО и данные, подлежащие метрологическому контролю, защищены от недопустимых изменений с использованием простых программных средств, например текстовых редакторов.

Высокая: ПО и данные, подлежащие метрологическому контролю, защищены от недопустимых изменений с использованием специальных программных средств (отладчики и редакторы жестких дисков, ПО для разработки программ и т.д.).

Отмечается, что при назначении уровней требований должны учитываться технические особенности СИ и их назначение. При этом подразумевается, что назначение таких требований в каждом конкретном случае происходит экспертным образом. Действительно, практически невозможно описать все встречающиеся виды ПО СИ и их конфигурации, однако выделить главные виды и их характеристики, т.е. классифицировать ПО СИ возможно.

Таким образом, **необходима разработка классификации ПО СИ**, описывающей основные виды и конфигурации ПО СИ с целью применения этой классификации для назначения уровней требований к указанному ПО.

Различные подходы к описанию или классификации различных видов программного обеспечения (ПО) средств измерений (СИ) находят отражение во многих нормативных или рекомендательных документах, посвященных требованиям и методике испытаний ПО. Действительно, для того, чтобы обсуждать вопросы

требований и методик испытаний ПО СИ необходимо четко определить виды такого ПО или его классификацию, в соответствии с которой и определять требования и методы испытаний.

Обращаясь к существующей практике классификации ПО СИ в метрологических документах, можно отметить, что в каждом документе, как правило, используется описание ПО, основанное на одном или нескольких его свойствах, характеристиках. При этом отсутствует единый подход к классификации ПО СИ, присутствуют лишь его элементы.

Обобщение многообразия классификационных признаков с точки зрения разработчика и концепцию классификации ПО предлагает стандарт **ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 12182-2002** “Классификация программных средств”, который описывает структуру видов и приводит схему классификации программных средств.

В стандарте приводится следующая структура видов ПО [1]:

Внутренние виды: режим эксплуатации; масштаб ПО; стабильность ПО; функциональные возможности; функция ПО; требование защиты; требование надежности; требуемые рабочие характеристики; исходный язык.

Виды среды: прикладная область информационной системы; вычислительная система и среда; класс пользователя; требование к вычислительным ресурсам; критичность ПО; готовность программного продукта

Виды данных: представление данных; использование программных данных.

Для каждого вида в стандарте также приводятся соответствующие классы. Таким образом, классифицировать ПО в соответствии с ГОСТ Р 12182 означает определить набор видов и соответствующих им классов ПО.

Следует отметить, что применение всех видов и классов может не понадобиться в каждом конкретном случае классифицирования ПО.

Однако для целей метрологической аттестации, ПО СИ необходимо рассматривать с учетом его специфики. Элементы классификации ПО СИ присутствуют в некоторых нормативных и рекомендательных документах по метрологии.

Так, в *руководстве WELMEC 7.1*, главе 5 “Технические особенности средств измерений и систем” приводится классификация ПО СИ на основе 8 основных классификационных видов [2]:

- Аппаратная конфигурация;
- Интерфейс пользователя;
- Программная загрузка;
- Программная структура;
- Программная среда;
- Обнаружение ошибки;
- Долговременное хранение результатов измерений;
- Принцип измерения.

Основным классификационным признаком в рамках *рекомендации МОЗМ R 76* является аппаратная конфигурация. Основными классами при этом являются встроенное в СИ и ПО на базе персонального компьютера (ПК) и других устройств с программируемым или загружаемым ПО. Для ПО на базе ПК рекомендация приводит 5 различных конфигураций для ПК, что также является элементом классификации ПО (классами вида) в рамках конфигурации его аппаратного обеспечения [3].

Руководство *MID-Software* первичным классификационным признаком считает разделение на основе аппаратной конфигурации – встроенное ПО (СИ) и автономное ПО (ПК). Другими классификационными видами в указанном руководстве являются функциональные признаки и тип СИ [4].

Классификация ПО в рамках руководства MID-Software представлена ниже:

Аппаратное обеспечение: СИ (встроенное ПО), ПК

Дополнительная конфигурация: долговременное хранение данных, передача данных по сети, разделение ПО и данных, загрузка (обновление) законодательно контролируемого ПО

Тип СИ (в соответствии с MID): 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.

Таковы основные подходы к классификации ПО СИ, встречающиеся в рассмотренных документах по метрологии. Недостатками приведенных схем классификации ПО СИ является отсутствие у них полноты описания ПО, т.е. недостаток классификационных видов. Наиболее полной с этой точки зрения является классификация ПО СИ в WELMEC 7.1, однако ее недостатком является некоторая перегруженность классификационными видами, что усложняет процесс четкого назначения уровней требования при ее использовании.

Авторами данной статьи разработана классификация ПО СИ, которая учитывает основные подходы международных рекомендательных документов по метрологии к описанию ПО и при этом является достаточно полно описывающей основные виды ПО СИ.

Структура разработанной классификации представлена в таблице 1:

Таблица 1

Вид	Класс
Аппаратное обеспечение	- Встроенное ПО - Автономное ПО
Критичность ПО	- Низкая - Средняя - Высокая
Готовность ПО	- Коммерческое - Модифицируемое - Целевое
Функция ПО	- Сбор, передача, хранение, представление данных - Обработка данных

Необходимо отметить, что при описании того или иного вида ПО его характеристики не всегда будут состоять из всех видов в данной схеме классификации.

Рассмотрим подробнее описание приведенной классификации, ее видов и классов.

Аппаратное обеспечение: классификация ПО СИ на основе типа его аппаратного обеспечения применяется практически во всех международных руководствах по метрологии и, прежде всего, необходима для определения различных требований к ПО. Данный вид классификации является первичным и наиболее существенным.

Встроенное ПО - ПО автономного СИ, которое в общем случае, представляет собой целевое устройство, имеющее установленный набор измерительных функций. Преобразование измеряемой величины и обработка измерительных данных выполняется с использованием внутренних аппаратных и программных средств.

Автономное СИ характеризуется следующими общими техническими особенностями:

- закрытый корпус (все компоненты СИ находятся внутри корпуса, возможно опечатывание (клеймение));

- в состав СИ входит датчик (преобразователь, включая аналоговую электронику), другие аналоговые компоненты (например, цифро-аналоговый преобразователь), плата микропроцессора и дисплей;
- СИ имеет аппаратный интерфейс, который предназначен для подключения периферийного устройства, не находящегося в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора (ГМКиН);
- СИ может иметь интерфейс для передачи данных на различные устройства (как находящиеся в сфере распространения ГМКиН так и нет);
- СИ может иметь возможность хранить измеренные данные также на интегрированном, удаленном или съемном накопителе данных.

Основные характеристики встроенного ПО:

- ПО разработано для целей проведения измерений. Может включать функции, подлежащие законодательному контролю и не подлежащие контролю;
- Интерфейс пользователя предназначен только для целей измерений;
- ПО хранится в постоянной памяти;
- Программная среда постоянна, отсутствуют средства для программирования или изменения законодательно контролируемого ПО, операционная система, имеющая пользовательскую оболочку отсутствует;

Таким образом, когда речь идет о ПО автономных СИ, т.е. собственно о встроенном ПО, то некоторые классификационные виды упрощаются, а именно и готовность ПО, которая классифицируется как коммерческое или модифицируемое ПО.

Автономное ПО – ПО, в общем случае функционирующее на базе ПК.

Аппаратная конфигурация:

- Персональный компьютер, монитор, принтер;
- ПК может находиться как в закрытой сети (например, Ethernet) так и входить в открытую сеть, например, Интернет.
- Так как система имеет универсальный характер, датчик (если присутствует) обычно располагается вне ПК и, как правило, связан с системой (ПК) через закрытый коммуникационный канал (например, RS 232, USB, IEEE и др.). Коммуникационный канал может, однако, быть открытым, например, представлять собой сеть, посредством которой могут быть соединены несколько датчиков.
- Устройство хранения данных может быть внутренним (например, жесткий диск ПК) или внешним, удаленным (связь через сеть). Также могут присутствовать съемные носители информации (FDD, CD-ROM и т.д.)

Программная конфигурация:

- Может использоваться любая операционная система. В дополнение к ПО средств измерений, в системе могут также быть установлено или постоянно находиться в памяти другое ПО;
- Имеется доступ к файлам ПО;
- В ПО может быть предусмотрена возможность получения данных для обработки из файлов с данными, а не только с датчика;
- Имеется возможность удаления и переустановки ПО.

Рассматриваются также классы *автономного ПО*:

Класс 1- ПО, работающее на базе ПК и связанное с определенным(и) типом СИ. Средства связи СИ и ПО могут быть представлены, например АЦП или последовательным портом ПК (RS 232) и другими устройствами, с помощью которых ПО получает измерительные данные от СИ. Как правило, такая связь это единственный способ занесения в ПО измерительных данных, однако в некоторых случаях разработчиками может быть предусмотрен импорт файлов с измерительными данными в программу для дальнейшей обработки, хранения, представления и т.д..

Класс 2 - ПО, работающее на базе ПК и не связанное с СИ. Такое ПО может выполнять одну или все из перечисленных функций в схеме классификации, получая измерительные данные путем импорта файлов с измерительными данными или путем прямого внесения таких данных пользователем.

Функция ПО: классификация по функциональному признаку ПО показывает не ограничены ли функции ПО одним из указанных классификационным признакам. Это необходимо для оптимального определения методов аттестации ПО, в частности необходимости тестирования численной погрешности ПО при обработке данных.

Сбор, передача, хранение, представление данных объединены в одну группу, хотя ПО может выполнять как одну из указанных функций, так и все. Тем не менее, для удобства и компактности классификации эти функции представлены в одной группе. Кроме того, эти функции имеют однородный характер, т.к. ПО в данном случае не обрабатывает данные.

Отнесение ПО к группе *Обработка данных* указывает на наличие в ПО алгоритмов обработки данных, расчета некоторых значений на основе измерительных данных.

Готовность ПО: классификация ПО в рамках данного вида позволяет указать возможности ПО к изменению (модификации или расширению) его функций, т.е. по существу отвечает за такую характеристику ПО как неизменность, или в терминах WELMЕС 7.1 - *соответствие*. В данном случае речь идет о возможностях изменения (модификации) ПО или его функций самим пользователем, а не так называемый “взлом” ПО.

Коммерческое (готовое) ПО – в общем случае это ПО, которое поставляется вместе с СИ и не может быть изменено пользователем, средствами самого ПО. Функции ПО определены в соответствии с документацией и не могут быть модифицированы. Не могут быть изменены алгоритмы обработки данных. К этой же группе относится и встроенное ПО. Принципом отнесения ПО к этой группе является закрепление его функций и невозможность их изменения.

Модифицируемое коммерческое ПО - ПО, чьи функции могут быть расширены или модифицированы в ограниченной степени для специальных приложений средствами самого ПО. Подобное ограничение на изменение ПО связано с наличием неизменных особенностей и функций в ПО. Для ПО СИ изменения могут касаться в основном расширения библиотеки алгоритмов обработки измерительных данных, но не изменения основных алгоритмов обработки, заложенных в ПО. В таком ПО может присутствовать встроенный язык программирования, компилятор, интерпретатор команд и т.д. В случае встроенного ПО может присутствовать возможность перезаписи функций или обновления функций программы методом “прошивки”.

Целевое ПО - ПО, разработанное пользователем или субподрядчиком, программа которого написана, например, на одном из языков программирования как C⁺⁺, Delphi и др. Такое ПО разрабатывается в случае необходимости для определенной задачи или функции и не входит в поставку вместе с СИ, т.е. не прошло процедуры утверждения типа в составе СИ и соответственно требует самой полной проверки при аттестации. Функции данного вида ПО могут изменяться (расширяться, модифицироваться) либо самим пользователем, либо разработчиком ПО без ограничений.

Вид “*Готовность ПО*” обозначен в стандарте ИСО/МЭК 17025 [5] и требуется для определения жесткости испытаний.

Критичность ПО обозначает уровень последствий в случае искажения измерительных данных, неправильного использования, ошибок ПО. Критичность

определяет жесткость требований к ПО и в основном связана с идентификацией ПО и защитой ПО и данных от искажений и неавторизованного доступа.

Устанавливается 3 уровня критичности:

Низкий – ПО не может полностью исказить результат, имеет ограниченное применение, ошибки с высокой степенью вероятности будут выявлены. ПО не используется в приложениях, СИ имеющих прямую экономическую и социальную значимость.

Средний – ПО может исказить конечный результат, не используется в СИ, функционирование которых имеет прямую экономическую и социальную значимость.

Высокий – ПО может исказить результат, используется в приложениях с высокой экономической и социальной значимостью. Искажение результатов или неправильное использование приведет к экономическому и социальному ущербу.

Таковы основные виды и соответствующие классы разработанной классификации ПО СИ. Однако, целью разработки любой классификации является ее практическое применение, в данном случае это назначение уровней требований к ПО СИ для определения набора требований и методики испытаний такого ПО.

Как указывалось ранее, в соответствии с WELMEC 7.1, Рекомендацией МИ 2891-2004 “Общие требования к программному обеспечению средств измерений” при аттестации ПО необходимо назначить уровни для жесткости испытаний, степень защиты и уровню соответствия [6].

Рассмотрим типовые случаи назначения указанных характеристик в соответствии с представленной классификацией. Для этого составим типовые конфигурации ПО СИ и назначим им уровни требований.

При этом следует отметить некоторые особенности классификационных видов при установлении уровней требований.

Аппаратное обеспечение: к встроенному ПО предъявляются менее высокие требования по всем характеристикам испытаний в связи с ограниченным доступом к ПО и данным в большинстве случаев. К автономному ПО предъявляются более высокие требования по уровню защиты и соответствию.

Критичность: критичность ПО определяет в целом уровень требований по жесткости испытаний и другим характеристикам, которые в отдельных случаях могут быть ниже общего уровня жесткости испытаний для данной критичности.

Готовность: коммерческое ПО характеризуется менее высокими требованиями в целом по жесткости испытаний, т.к. в большинстве случаев оно проходит полное тестирование у разработчика, а также в некоторых случаях сертификацию. Однако необходима оценка конфигурации такой системы. К целевому ПО предъявляются более высокие требования по жесткости испытаний, в связи с возможностью разработки такого ПО без строго соблюдения всех этапов жизненного цикла разработки ПО в соответствии со стандартами ИСО. К модифицируемому ПО предъявляются повышенные требования по уровню соответствия утвержденному типу и степени защиты.

Функция: к ПО, реализующему только функции сбора и хранения данных могут предъявляться менее высокие требования, в первую очередь по жесткости испытаний, однако, к ПО выполняющему функции хранения данных предъявляются повышенные требования к степени защищенности. В случае выполнения ПО обработки данных устанавливается жесткость испытаний не ниже средней. Исключение может составлять составленное встроенное ПО низкой критичности.

Рекомендованные уровни испытаний для различных конфигураций ПО СИ на основе его классификации приведены в таблице 2.

Таблица 2

Аппаратное обеспечение	Критичность	Готовность	Функция	Характеристики испытаний				
				Жесткость испытаний	Степень защиты	Уровень соответствия		
Встроенное ПО	Низкая	Коммерческое	Сбор, передача, хранение	низкая	низкая	низкий		
			Обработка	низкая	низкая	низкий		
		Модифицируемое	Сбор, передача, хранение	низкая	низкая	низкий		
			Обработка	низкая	низкая	средний		
	Средняя	Коммерческое	Сбор, передача, хранение	средняя	низкая	низкий		
			Обработка	средняя	средняя	низкий		
		Модифицируемое	Сбор, передача, хранение	средняя	низкая	средний		
			Обработка	средняя	средняя	средний		
	Высокая	Коммерческое	Сбор, передача, хранение	средняя	средняя	средняя		
			Обработка	высокая	высокая	средняя		
		Модифицируемое	Сбор, передача, хранение	высокая	средняя	высокий		
			Обработка	высокая	высокая	высокий		
Автономное ПО	Низкая	Коммерческое	Сбор, передача, хранение	низкая	низкая	низкий		
			Обработка	средняя	низкая	низкий		
		Целевое	Сбор, передача, хранение	низкая	низкая	низкий		
			Обработка	средняя	низкая	низкий		
		Модифицируемое	Сбор, передача, хранение	низкая	низкая	низкий		
			Обработка	средняя	Низкая	средний		
			Средняя	Коммерческое	Сбор, передача, хранение	низкая	Средняя	низкий
					Обработка	средняя	Средняя	низкий
Целевое	Сбор, передача, хранение			средняя	Средняя	низкий		
	Обработка			средняя	Средняя	низкий		
Модифицируемое	Сбор, передача, хранение			низкая	Средняя	средний		
	Обработка			средняя	Средняя	средний		
Высокая	Коммерческое			Сбор, передача, хранение	средняя	средняя	средний	
				Обработка	высокая	высокая	средний	
	Целевое		Сбор, передача, хранение	высокая	средняя	средний		
			Обработка	высокая	высокая	средний		
Модифицируемое	Сбор, передача, хранение		высокая	средняя	высокий			
	Обработка		высокая	высокая	высокий			

В заключение следует отметить, что приведенная классификация не является исчерпывающей и не решает автоматически задачу назначения уровней требований. Тем не менее, рассмотрены основные типовые конфигурации ПО СИ, показан подход,

который рекомендуется применять для более детальной классификации некоторых видов ПО СИ в случае необходимости. Кроме того, направлениями дальнейших работ по рассмотренной проблеме является разработка схемы классификации с учетом конкретных типов СИ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 12182-2002. “Классификация программных средств”
2. Руководство WELMEC 7.1. Требования к программному обеспечению на основе Директивы по измерительным приборам.
3. Рекомендация OIML R76. Неавтоматические взвешивающие приборы.
4. MID-Software. Software requirements and validation guide
5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
6. МИ 2891-2004 ГСИ. Общие требования к программному обеспечению средств измерений;