

Методика сертификационных испытаний программного обеспечения измерительных систем (на примере испытаний модуля расчёта массы нефтепродуктов)

М.В. Козлов

АНО "МИЦ", Москва

Ю.А. Кудеяров,

доктор физ.-мат. наук

ФГУП "ВНИИМС", Москва

А.В. Шестаков

АНО "МИЦ", Москва

В связи с расширяющимся использованием автоматизированных систем управления (АСУ) производственными процессами в нефтегазовой отрасли, в частности для учёта потоков сырьевых ресурсов, проблема оценки качества программного обеспечения (ПО), являющегося неотъемлемым элементом таких систем, стала чрезвычайно актуальной. В АСУ присутствуют измерительные каналы различной организации и степени сложности. Средства измерений (СИ), входящие в их состав, в большинстве случаев используют встроенные программные продукты, существенно расширяющие, а зачастую и определяющие функциональ-

Ключевые слова: оценка качества программного обеспечения; метрологические исследования ПО; сертификация; методика; опорный программный продукт

ные возможности самих СИ. Одновременно в АСУ применяются автономные программные продукты, взаимодействующие с различными СИ и способные, при определённых неблагоприятных условиях, оказывать негативное влияние на результаты измерений. Очевидно, что указанные качества ПО должны быть систематизированы и метрологически исследованы.

С целью объективной оценки качества программных продуктов (как встроенных, так и автономных) была создана Система добровольной сертификации программного обеспечения (СДС ПО), ориентированная на СИ, информационно-измерительные системы и аппаратно-программные комплексы. В этой системе уже в течение длительного времени, начиная с 2006 г., проводится сертификационные испытания названных объектов сертификации. Известно, что одной из задач сертификации любой продукции является установление соответствия её свойств требованиям нормативной документации. Основными документами, с которыми в этом отношении работает СДС ПО, являются ГОСТ Р 8.654–2009 [1] и методика ВНИИМС МИ 2955–2010 [2].

На данный момент сертификация ПО СИ – это актуальная, но не имеющая ещё глубоко укоренившихся методологических подходов деятельность, активно ведущаяся энтузиастами в нашей стране и более систематично – в странах Европы и Северной Америки. Несмотря на ряд критических замечаний, со стороны специалистов-метрологов, представляется, что упомянутые отечественные документы [1, 2] достаточно полно гармонизированы с такими известными международными рекомендациями, как Рекомендация Междуна-

родной организации законодательной метрологии OIML D 31:2008 (E) [3], устанавливающая общие требования к программно-контролируемым средствам измерений, и Руководство по программному обеспечению WELMEC 7.2 [4].

В данной статье описан метод сертификации с помощью опорного программного продукта, разработанного специально для сертификации автономного ПО, используемого Сургутским заводом по стабилизации конденсата (ЗСК) при расчёте массы светлых нефтепродуктов, отгруженных в железнодорожные цистерны (mvi_gd_1.prg, далее – Модуль). В соответствии с правилами функционирования СДС ПО разработана методика сертификационных испытаний данного ПО (далее – Методика), основанная на установленных указанной ранее нормативной документацией требованиях к испытаниям программного продукта. Прежде всего, согласно [1], ПО СИ должно отвечать следующим видам требований:

- к технической документации на ПО;
- к методам идентификации и к возможности установления идентификационных признаков программного продукта;
- к функциональным и вычислительным возможностям ПО.

Кроме того, Методика предусматривает определение уровня защищённости представленного образца ПО и данных.

При проверке технической документации на Модуль анализировалось её содержание, в том числе:

- обозначение ПО, включающее в себя его наименование, обозначение версии или версий его модулей;
- описание назначения ПО, его структуры и выполняемых функций;

На данный момент сертификация ПО СИ – это актуальная, но не имеющая ещё глубоко укоренившихся методологических подходов деятельность, активно ведущаяся энтузиастами в нашей стране и более систематично – в странах Европы и Северной Америки

– описание методов и способов идентификации ПО, а также его значимых частей, функций и параметров;

– описание интерфейсов пользователя, всех меню и диалогов;

– описание интерфейсов связи ПО для передачи, обработки и хранения данных (в т.ч. посредством открытых или закрытых сетей связи);

– описание реализованных методов защиты ПО и данных;

– описание способов хранения данных на встроенном, удалённом или съёмном носителе;

– описание требуемых программных и аппаратных средств;

– указания (ссылки) на языки программирования, среду разработки, средства компиляции, использованные при разработке ПО.

В результате установлено, что документация тестируемого ПО в полной мере удовлетворяет нормативам.

Далее Методика предполагает проверку идентификационных признаков ПО. Под идентификационными признаками понимаются

МЕТОДИКА СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

встроенные алгоритмы определения версии ПО, расчёт контрольных сумм или иные специфические критерии, однозначно идентифицирующие конкретный программный продукт. К сожалению, разработчики программного продукта не всегда закладывают в продукт встроенные процедуры определения идентификационных признаков. В тестируемом ПО в силу специфики его структуры также не было встроенных алгоритмов определения идентификационных признаков, поэтому для идентификации программного продукта использовалось стороннее автономное ПО, рассчитывающее контрольную сумму по стандартному алгоритму MD5. Поскольку программное разделение (выделение метрологически значимой части) разработчик не предусмотрел, контрольные суммы рассчитывались для всех файлов программного продукта, таким образом, всё ПО было признано метрологически значимым.

В соответствии с Методикой предстояло провести оценку функциональных и вычислительных возможностей ПО, в частности, установить относительное отличие расчётов, проведённых алгоритмами ПО, от расчётов, выполненных

программным продуктом, принятым за опорный. Для выполнения этих задач был собран испытательный стенд на базе персонального компьютера, а также подготовлен тестовый набор данных, учитывающий следующие параметры:

- код вида нефтепродукта в соответствии с таблицами температурных поправок для расчёта плотности;
- уровень нефтепродукта в железнодорожной цистерне (с точностью до одного знака после запятой);
- температуру (°C), при которой выполнялись измерения уровня налива нефтепродукта (с точностью до одного знака после запятой);
- тип калибровочного котла железнодорожной цистерны;
- плотность нефтепродукта (кг/м³), определённую в лабораторных условиях (с точностью до одного знака после запятой);
- температуру (°C), при которой определена плотность в лабораторных условиях (15°C или 20°C).

На выходе испытываемый программный продукт должен был выдать следующие параметры:

- массу нефтепродукта в цистерне (m), (с точностью до 3-го знака после запятой);
- объём нефтепродукта в цистерне (m^3) при температуре измерений уровня налива (с точностью до 3-го знака после запятой);
- плотность нефтепродукта в цистерне (кг/м³) при температуре измерений уровня налива, определённую в лабораторных условиях с точностью до одного знака после запятой.

Специфика тестирования Модуля заключалась в том, что аналогичного готового опорного программного продукта, который был бы широко известен и апробирован, не существует, поэтому с учётом того, что основные алгоритмы обработки



Схема тестирования ПО Сургутского ЗСК (опорный программный продукт разработан на основе вычислительных алгоритмов, используемых в тестируемом ПО)

измерительной информации не были сложными, было принято решение разработать опорный программный продукт. При этом для решения поставленной задачи можно было ограничиться воспроизведением не всех функций тестируемого ПО, а только тех, которые будут подвергаться проверке (см. рисунок). Основным документом, содержащим описание вычислительных алгоритмов, служила Методика выполнения измерений (МВИ) массы нефтепродуктов, отгружаемых в железнодорожные цистерны, на сливно-наливных эстакадах Сургутского ЗСК [5], куда заложены следующие основные расчётные функции:

1) масса продукта в железнодорожной цистерне M (кг) определяется соотношением:

$$M = V_{\phi} \times \rho_r,$$

где ρ_r – плотность продукта (кг/м³), V_{ϕ} – фактический объём продукта (м³);

2) объём продукта находится по таблицам калибровки железнодорожных цистерн, исходя из типа цистерны и уровня налива жидкости, измеренного в соответствии с МВИ. Если температура при измерении уровня налива продукта

К сожалению, разработчики программного продукта не всегда закладывают в продукт встроенные процедуры определения идентификационных признаков

в цистерне отличается от 20°C, то фактический объём продукта в железнодорожной цистерне V_f определяется как:

$$V_f = K_f \times V,$$

где V – объём продукта в железнодорожной цистерне на измеряемом уровне (m^3), определяемый по таблице калибровки для температуры 20°C; K_f – коэффициент корректировки объёма продукта в цистерне по температуре, рассчитываемый по формуле:

$$K_f = [1 + (2\alpha_{ст} + \alpha_p)(t_{ст} - 20)],$$

где $t_{ст}$ – температура стенки железнодорожной цистерны, принимаемая равной температуре продукта, (°C); $\alpha_{ст}$, α_p – температурные коэффициенты линейного расширения материала стенки железнодорожной цистерны и метроштока, соответственно, (°C⁻¹). Значение температурного коэффициента линейного расширения материала для стали равно $12,5 \times 10^{-6} \text{°C}^{-1}$, для алюминия $2,3 \times 10^{-4} \text{°C}^{-1}$. При определении объёма продукта, соответствующего уровню между значениями, определёнными в градуировочных таблицах (вычисление объёма неполного сантиметра), в соответствии с МВИ использовался метод линейной интерполяции.

Указанные выше особенности нашли отражение в разработанном опорном программном продукте. Специфика вычислительных алгоритмов позволила выполнить его в среде Microsoft Excel, где были прописаны вычислительные алгоритмы, внесены данные градуировочных таблиц, подготовлен массив тестовых данных (табл. 1).

В процессе испытаний получен массив данных, состоящий из 800 тестовых задач, ориентированных на различные виды топлива. Фраг-

мент результирующих таблиц, полученных после обработки данных, представлен в табл. 2.

В соответствии с методикой оценки вычислительных возможностей тестируемого ПО тот же массив данных подавался на вход испытываемого ПО. Сравнение результатов, полученных опорным и испытываемым программным обеспечением, показало, что относительное отличие вычислительных алгоритмов ПО "Модуль расчёта массы светлых нефтепродуктов Сургутского ЗСК, отгруженных в железнодорожные цистерны (mvi_gd_1.prg)"

от опорных не превышает $\pm 0,05\%$. Указанная величина явилась подтверждением надлежащего качества программного обеспечения Сургутского ЗСК.

На завершающем этапе работы согласно Методике анализировались реализованные в ПО методы защиты программного продукта и данных. В частности, файлы испытываемого автономного ПО хранились в бинарном виде, что делало невозможным несанкционированное воздействие на них и их изменение без применения сторонних программных (технических) средств.

Таблица 1. Пример тестовых данных (фрагмент отчёта)

Тестовые примеры											
№	Продукт	Тип цистерны	Высота, см	Температура продукта, °C	Высота, м	Температура, °C	Объём по градуировочной таблице, м³	Высота, м	Объём продукта, м³	Высота продукта при температуре 20°C	Масса
4	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
5	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
6	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
7	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
8	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
9	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
10	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
11	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
12	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
13	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
14	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
15	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
16	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
17	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
18	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
19	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
20	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
21	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
22	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
23	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
24	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
25	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
26	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
27	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
28	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
29	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
30	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
31	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
32	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
33	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
34	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
35	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
36	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
37	Бензин	1	25	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
38	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
39	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
40	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000
41	Бензин	1	24	15	0,000	20	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,000

МЕТОДИКА СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Таблица 2. Фрагмент результирующего отчёта

№	Продукт	Тип шлангов	Вязк., см	Температура масла, °С	Плотность, кг/м³	Температур. погр. °С	Объём продукта, м³	Плотность продукта при температуре масла	Масса
1	Бензин	35	242,3	5,5	699,3	20	48,927	709,9	33,796
4	Бензин	25	245,9	-2,8	740,5	15	66,699	777,6	44,237
5	Бензин	25	250,1	-19,4	736,0	15	62,636	766,9	44,200
6	Бензин	25	246,5	-16,7	735,5	15	66,640	764,0	43,426
7	Бензин	25	251,2	-16,3	737,0	15	67,833	765,1	44,248
8	Бензин	25	253,4	-14,8	735,5	15	68,799	762,3	44,261
9	Бензин	25	253,7	-13,2	737,0	15	68,247	762,3	44,402
10	Бензин	25	259,8	-11,9	699,3	20	69,161	718,9	42,531
11	Бензин	25	252,0	-11,1	736,5	15	67,670	760,0	43,999
12	Бензин	25	244,0	-10,0	736,0	15	66,593	759,5	42,918
13	Бензин	25	247,0	-8,0	742,5	15	67,133	762,1	43,598
14	Бензин	25	258,0	-7,0	736,5	15	68,976	749,4	44,853
15	Бензин	25	257,0	-6,0	741,0	15	68,796	759,9	44,656
16	Бензин	25	265,0	-5,0	739,0	15	69,866	757,0	45,319
17	Бензин	25	245,0	-4,0	760,5	15	66,779	777,4	44,140
18	Бензин	25	255,0	-3,0	725,5	15	66,467	741,9	43,377
19	Бензин	25	254,0	-2,0	692,4	20	68,398	712,9	41,575
20	Бензин	25	243,0	-1,0	757,0	15	66,415	771,1	43,513
21	Бензин	25	253,0	0,0	743,0	15	68,364	753,8	43,827
22	Бензин	25	255,0	1,0	747,5	15	68,479	760,1	44,450
23	Бензин	25	252,0	2,0	691,4	20	67,960	758,2	41,875
24	Бензин	25	255,0	3,0	759,0	15	68,486	769,7	45,016
25	Бензин	25	251,0	4,0	696,0	20	67,640	701,8	40,592
26	Бензин	25	255,0	5,0	762,0	15	68,486	770,9	45,086
27	Бензин	25	248,0	6,0	691,9	20	67,336	706,0	40,422
28	Бензин	25	260,0	7,0	762,0	15	68,230	769,1	45,554
29	Бензин	25	256,0	8,0	759,5	15	68,076	760,7	45,358
30	Бензин	25	254,0	9,0	762,5	15	68,342	767,8	44,795
31	Бензин	25	268,0	10,0	693,4	20	68,497	702,8	41,112
32	Бензин	25	253,0	11,0	758,5	15	68,166	760,1	44,345
33	Бензин	25	249,0	14,0	699,8	20	67,578	695,4	40,005
34	Бензин	40	251,0	14,0	699,3	20	68,363	694,0	40,186

Практически реализованный подход к сертификации ПО, предназначенного для расчёта массы нефтепродуктов, ещё раз подтверждает, что описанная методика, наиболее оправдана для сертификационных испытаний ПО в случаях, когда отсутствует готовый опорный программный продукт. Методика неоднократно использовалась испытательными лабораториями в рамках Системы добровольной сертификации программного обеспечения и аппаратно-программных комплексов.



Литература

1. ГОСТ Р 8. 654-2009. ГСИ. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.
2. МИ 2955-2010. ГСИ. Таковая методика аттестации и программного обеспечения средств измерений.
3. Рекомендация OIML D-SW 0.11. Общие требования к программному обеспечению измерительных приборов (в редакции OIML D 31:2008 (E)).
4. WELMEC 7.2. Issue 1. Software Guide. (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC). – March, 2012.
5. Методика выполнения измерений массы нефтепродуктов, отгружаемых в железнодорожные цистерны, на сливно-наливных аставах Сургутского ВСК филиала ООО "Газпром переработка" ОАО "Газпром", аттестованная ФГУ "Тюменский ЦСМ" (Свидетельство № 273 от 07.08.2009).