



УДК 004.9+534.8
OECD 01.02.EV+01.03.AA

Контрольные примеры для подтверждения качества специализированных программных продуктов, предназначенных для расчетов уровней шума

Иванов А.В.^{1*}, Никифоров А.В.¹, Кузьмицкий А.М.¹
¹ООО «ТЕХНОПРОЕКТ», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Рассмотрены некоторые аспекты и проблемы наиболее важного элемента системы обеспечения качества программных продуктов, который может подтвердить соответствие программы установленным методам расчета. Таким элементом является комплект контрольных примеров, необходимых для проведения расчетов используемыми программными продуктами для подтверждения корректности и точности расчетов. В настоящее время отсутствуют общие рекомендации для широкого класса методов расчета, реализуемых программными средствами. Часто действующие стандарты и своды правил на методы расчета являются неполными и не охватывают в достаточной степени все возможные реалистичные случаи из практики. Также эти документы могут устанавливать неоднозначные требования, допускающие разные интерпретации. Участие в разработке стандартов с комплексными тестами широкого круга специалистов в области компьютерных технологий и практиков-проектировщиков позволит обнаруживать и устранять на ранней стадии разработки документов недостатки или ошибки методов расчета, когда этот метод реализован с применением соответствующих программных средств и опробован на реалистичных входных данных в рамках реалистичного сценария.

Ключевые слова: шум, акустический расчёт, компьютерное моделирование, качество.

Test Cases for Confirming the Quality of Noise Calculation Software

Ivanov A.V.^{1}, Nikiforov A.V.¹, Kuzmitsky A.M.¹
¹ООО "TECHNOPROJECT", Saint-Petersburg, Russia*

Abstract

Some features and problems of the most important element of the software quality assurance system are considered. This element is a set of test cases used to confirm the correctness and accuracy of calculations. At present, there are no general recommendations for a wide class of calculation methods implemented by software. Often, the current standards and codes of practice for calculation methods are incomplete and do not sufficiently cover all possible realistic cases from practice. Also, these documents may establish ambiguous requirements that allow for different interpretations. Participation in the development of standards with complex tests of specialists in the field of computer technology will allow to quickly detect and eliminate the shortcomings or errors of calculation methods.

Key words: noise, acoustic calculation, computer simulation, quality.

Введение

В настоящее время мы можем наблюдать активное внедрение новых методов расчета акустического воздействия, а также разработку и выход в свет новых сводов правил и стандартов, гармонизацию отечественных стандартов с зарубежными. Еще более быстрыми темпами развивающиеся информационные технологии дают возможность использования инструментов и преимуществ этих технологий для разработки

* Автор корреспонденции: sales@noiseview.ru (Иванов А.В.)

компьютерных моделей, описывающих процедуры методов расчета, и выполнять на основе этих моделей прогнозы и анализ, разрабатывать мероприятия по защите от шума.

Этот симбиоз прикладной науки и информационных технологий позволяет не только облегчить и ускорить работу инженеров-проектировщиков, но также помогает разработчикам методов расчета улучшать и корректировать эти методы.

В связи с этим, важной задачей является обеспечение качества программных средств, разрабатываемых для автоматизации расчетов рассматриваемых методов.

В помощь к решению этой задачи в РФ в 2020 г. введен в действие государственный стандарт [1-3], описывающий требования к качеству программных продуктов с установленными методами расчетов, а также способам демонстрации и подтверждения их соответствия для расчетов уровней. Это стандарт является идентичным международному стандарту ИСО 17534 (части 1-3).

В этой статье мы рассмотрим некоторые аспекты и проблемы наиболее важного элемента системы подтверждения качества программного продукта, связанного с разработкой комплексного теста (комплекта контрольных примеров), которые предназначены для подтверждения соответствия программы методам расчета.

1. Контрольные примеры для тестирования программного продукта

Под контрольными примерами, согласно [1], понимают точно сформулированные описания сценариев с источниками шума и приемниками (расчетными точками) через полную совокупность входных данных, промежуточных и окончательных результатов с допустимыми отклонениями, которые должны быть получены при применении программного средства в базовой конфигурации.

Контрольные примеры – это одно из основных средств подтверждения правильности и точности реализации метода расчета в компьютерной программе. Наличие правильно подобранного комплекта контрольных примеров, рассматривающего все главные части применяемого метода, позволяет разработчику последовательно выполнить проверку всех разделов процедуры расчета.

Как правило, в контрольных примерах стараются задать упрощенные сценарии, необходимые только для доказательства правильности расчетов, связанных с рассматриваемым фактором распространения шума.

Следует отметить, что в настоящее время отсутствуют общие рекомендации для широкого класса методов расчета, реализуемых программными средствами, ввиду сложности их унификации. Предполагается, что эти рекомендации должны будут разработаны по мере обобщения практического опыта применения подобных рекомендаций в отношении уже рассмотренных методов расчета.

Какие же проблемы и сложности могут возникать при разработке контрольных примеров для программных продуктов?

Очень часто действующие стандарты и своды правил на методы расчета являются неполными и не охватывают в достаточной степени все возможные реалистичные случаи из практики. Также эти документы могут устанавливать неоднозначные требования, допускающие разные интерпретации. Применение номограмм, таблиц и графиков, которые встречаются в документации, в том числе актуализированной, может вызывать проблемы в сложных и нестандартных случаях акустических расчетов.

По этой причине очень важно обнаруживать и устранять недостатки или ошибки методов расчета на ранней стадии разработки документов. И здесь большую пользу может принести применение соответствующих программных средств и опробование методов расчета на реалистичных входных данных в рамках реалистичного сценария.

Как правило, содержание и описание методов расчета представляет собой совокупность пояснений и уравнений, полученных в результате теоретических и эмпирических исследований акустиком и физиками. Так как все методы расчета в

перспективе должны быть в итоге преобразованы в компьютерные программы, необходимо при описании методов использовать проработанный и формализованный математический аппарат, удобный для автоматизации, и чтобы в разработке этих методов принимали участие специалисты в области компьютерного программирования.

Важным требованием обеспечения качества является то, что разработчики метода расчета, а также лица, участвующие в разработке нормативного документа на данный метод, должны обеспечить публикацию комплекта контрольных примеров, охватывающих все основные сценарии расчета, одновременно с публикацией нормативного документа. Предпочтительно, чтобы результаты вычислений в контрольных примерах были получены и приведены в документе в форме пошаговых расчетов, так чтобы разработчик программного продукта для применяемого метода расчета смог опираться на корректные результаты этих примеров.

Документ ГОСТ Р 56234.3 [3] содержит рекомендации по обеспечению качества расчетов и контрольные примеры, необходимые для проведения расчетов используемыми программными продуктами для подтверждения корректности и точности расчетов по ГОСТ 31295.2 [4], который описывает общий метод расчета затухания звука при распространении на местности.

В [3] в п. 5.2-5.9 также приведены дополнительные рекомендации в отношении контрольных примеров, которые устанавливают решения в отношении тех аспектов, которые в [4] либо не рассмотрены, либо рассмотрены неполно, улучшают согласованность решений там, где рекомендации [4] нельзя считать удовлетворительными, а также дают единое толкование некоторых положений, допускающих множественную интерпретацию.

Контрольные примеры, приведенные в [3], разработаны для подтверждения правильности применения уравнений и процедур, относящихся к наиболее сложным для описания физическим аспектам распространения звука, таким как влияние земной поверхности, дифракция или отражения. В этих примерах рассматриваются самые простые сценарии, необходимые для доказательства правильности расчетов, связанных с рассматриваемым аспектом.

В [3] приведено 19 контрольных примеров (обозначены T01-T19). Во всех примерах рассматривается случай с одним источником шума и одним приемником.

Рассмотренные сценарии в контрольных примерах:

- T01-T03 – плоская поверхность грунта с однородными акустическими свойствами, звукоотражающий грунт ($G = 0$), разнородный грунт ($G = 0,5$) и пористый грунт ($G = 1$) рассматриваются, соответственно, в T01, T02 и T03;
- T04 и T05 – плоская поверхность грунта с неоднородными акустическими свойствами (в T05 рассматривается альтернативный метод расчета);
- T06 и T07 – поверхность переменной высоты с неоднородными акустическими свойствами (в T07 рассматривается альтернативный метод расчета);
- T08 и T09 – плоская поверхность с неоднородными акустическими свойствами и, соответственно, протяженным или коротким препятствием;
- T10 – поверхность переменной высоты с неоднородными акустическими свойствами и коротким препятствием;
- T11 и T12 – плоская поверхность с однородными акустическими свойствами и зданием кубической формы, с приемником, соответственно, на малой и большой высоте;
- T13 и T15 – плоская поверхность с однородными акустическими свойствами и зданием призматической формы, с приемником, соответственно, на малой и большой высоте;
- T14 – поверхность переменной высоты с неоднородными акустическими свойствами и зданием призматической формы;

- Т16 и Т17 – плоская поверхность с однородными акустическими свойствами и три здания с различным расположением источника звука и приемника;
- Т18 – плоская поверхность с однородными акустическими свойствами и здание сложной формы с незамкнутым двором;
- Т19 – поверхность переменной высоты с неоднородными акустическими свойствами и звукоотражающим барьером.

Контрольные примеры включают в себя результаты пошаговых расчетов и окончательные результаты с допустимым разбросом значений.

2. Полнота описания расчетных методов

Несмотря на прояснение ряда важных аспектов, в представленных в [3] разъяснениях и контрольных примерах, имеются вопросы, связанные с недостаточно полным описанием процедуры учета габаритов отражающих шум сооружений.

Например, в примере Т19 (п.6.2.20 [3]), где рассматривается сценарий с поверхностью переменной высоты с неоднородными акустическими свойствами и звукоотражающим барьером, не достаточно четко прописан метод определения минимального габарита звукоотражающего барьера для случая сложной конфигурации барьера. На рисунке 1 представлена схема и план к рассматриваемой задаче, реализованной с помощью программы АРМ «Акустика» версия 3 [5].

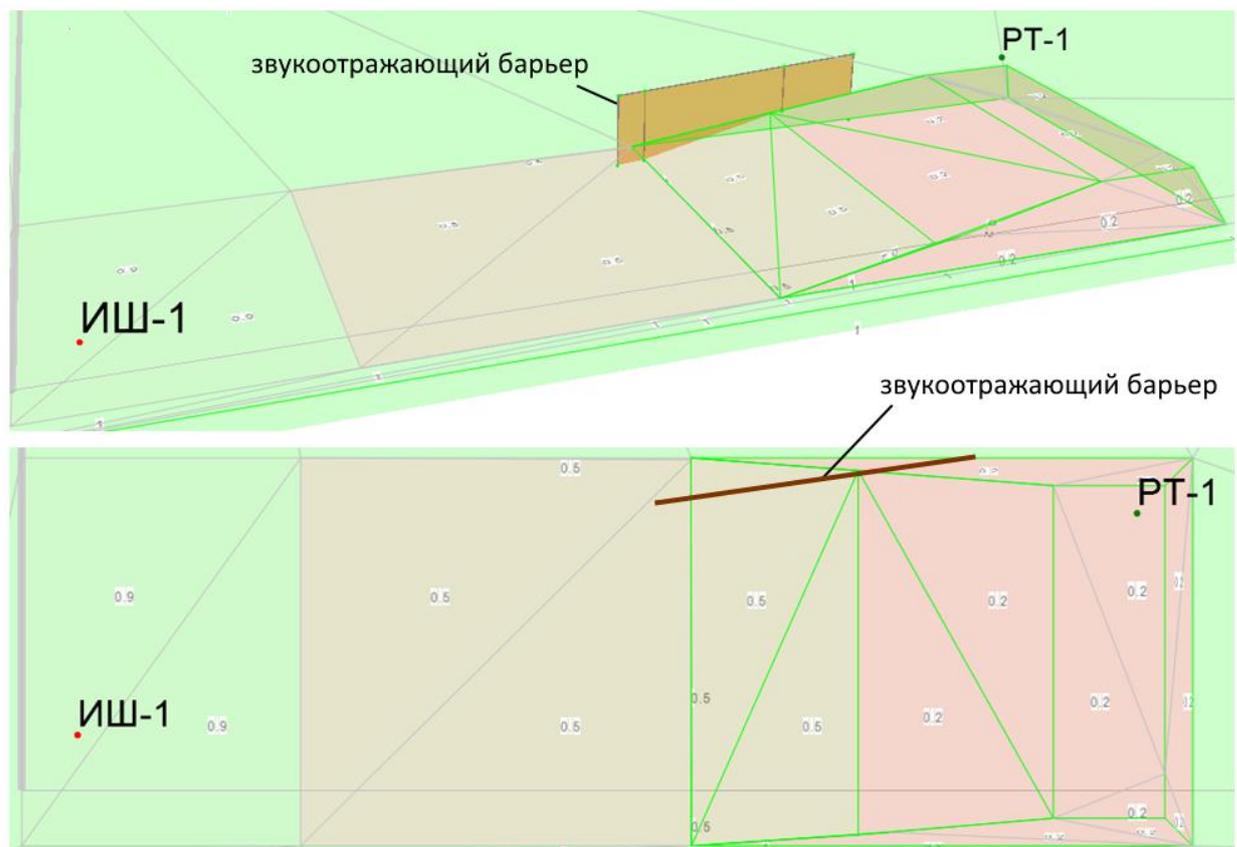


Рис.1. Схема и план к контрольному примеру Т19 [3]

Согласно [4] эффект звукоотражения и то, на каких частотах будет учитываться отражение звука, во многом зависит от габаритов ограждающих конструкций, от её минимального размера в длину или высоту. В случае, когда один из краев барьера будет сходиться «на нет» в виде треугольного открьлка (что встречается при устройстве

шумозащитных экранов для защиты от транспортного шума), остается не ясной процедура, какой минимальный размер (высоту) принимать в расчете. В тестовом контрольном примере в [3] нет корректного подробного описания расчета l_{\min} .

Если для треугольного открылка принять $l_{\min} = 0$ м, то такой барьер согласно п.7.5 [4] отражать звук не будет, что не соответствует реальной ситуации и может привести к занижению расчетных уровней шума.

Предлагаемый нами вариант оценки минимального размера звукоотражающей плоскости основан на анализе размеров барьера по вертикали и горизонтали в зоне, где происходит зеркальное отражение звука от барьера к приемнику. При этом рассматривается только часть плоскости, ограниченная по вертикали и горизонтали длиной звуковой волны на рассматриваемой частоте.

3. Корректность контрольных примеров

Чрезвычайно важным является аккуратность и тщательность подготовки документации и контрольных примеров для расчетного метода, которые будут регламентировать корректность работы программного продукта. В случае наличия ошибок или опечаток в исходных данных контрольных примеров, подтвердить достоверность расчёта на корректно работающем алгоритме будет невозможно.

Например, в примере T13 (п.6.2.14 [3]), где рассматривается сценарий с плоской поверхностью с однородными акустическими свойствами, зданием призматической формы, с приемником на малой высоте, ошибочно в качестве входных данных указан коэффициент отражения поверхности $G = 0,5$.

Если внимательно изучить и проверить данные табл. 39[3], то можно увидеть, что приведенные промежуточные и окончательные результаты расчета соответствуют $G = 0,6$. Сравнение данных табл. 39[3] и результатов поверочных расчетов приведено в табл.1 и 2.

Таблица 1

Сравнение промежуточных результатов расчетов для контрольного примера T13

Величина	Значения в полосах частот, Гц								Общий
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$A_{gr,s}$, дБ табл. 39[3], $G = 0,5$	-1,50	-0,47	1,61	1,89	-0,03	-0,60	-0,60	-0,60	
$A_{gr,s}$, дБ расчет при $G = 0,5$	-1,5	-0,64	1,09	1,32	-0,27	-0,75	-0,75	-0,75	
$A_{gr,s}$, дБ расчет при $G = 0,6$	-1,50	-0,47	1,61	1,89	-0,03	-0,60	-0,60	-0,60	
$A_{gr,r}$, дБ табл. 39[3], $G = 0,5$	-1,50	0,15	-0,51	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	
$A_{gr,r}$, дБ расчет при $G = 0,5$	-1,5	-0,13	-0,67	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	
$A_{gr,r}$, дБ расчет при $G = 0,6$	-3,00	-0,32	1,11	1,29	-0,63	-1,20	-1,20	-1,20	
A_{gr} , дБ табл. 39[3], $G = 0,5$	-3,00	-0,32	1,11	1,29	-0,63	-1,20	-1,20	-1,20	
A_{gr} , дБ расчет при $G = 0,5$	-3,00	-0,77	0,42	0,57	-1,02	-1,50	-1,50	-1,50	
A_{gr} , дБ расчет при $G = 0,6$	-3,00	-0,32	1,11	1,29	-0,63	-1,20	-1,20	-1,20	

Таблица 2

Сравнение итоговых результатов расчетов для контрольного примера Т13

Величина	Значения в полосах частот, Гц								Общий
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L, дБ табл. 39[3], G = 0,5	51,17	46,66	42,86	39,28	37,00	34,02	31,22	27,93	
L, дБ расчет при G = 0,5; (отклонение)	51,1 (-0,07)	47,1 (0,44)	43,5 (0,64)	39,9 (0,62)	37,4 (0,40)	34,3 (0,28)	31,5 (0,28)	28,2 (0,27)	
L, дБ расчет при G = 0,6; (отклонение)	51,1 (-0,07)	46,7 (0,04)	42,9 (0,04)	39,3 (0,02)	37,0 (0,00)	34,0 (-0,02)	31,2 (-0,02)	27,9 (-0,03)	
L _A ^a , дБА табл. 39[3], G = 0,5									42,71
L _A ^a , дБА расчет при G = 0,5; (отклонение)									43,2 (0,49)
L _A ^a , дБА расчет при G = 0,6; (отклонение)									42,7 (-0,01)
Результаты считаются корректными, если отклонение не превышает ±0,5 дБ.									

Анализируя результаты сравнения в таблицах 1 и 2, можно отметить, что при G=0,5 на частотах 250 и 500 Гц имеем отклонение расчетных значений от данных из табл. 39 [3] больше допустимого стандартом. Таким образом, если разработчик программного продукта захочет декларировать соответствие стандарту и контрольному примеру, он должен будет заложить в программу намеренные искажения в алгоритме, чтобы получить значения из контрольного примера с заданной точностью. Этот случай показывает важность внимательной подготовки документации, регламентирующей правильность расчетного метода.

Заключение

К настоящему времени автоматизация акустических расчётов с помощью программных средств уже давно стала обыденностью и естественной необходимостью. С каждым годом количество программных модулей увеличивается и расширяется аудитория их пользователей. Все эти предпосылки ставят на первый план задачу по обеспечению качества программных средств в контексте интерпретации и реализации рассматриваемых методов расчета.

В помощь к решению задачи по обеспечению качества в РФ в 2020 г. введен в действие государственный стандарт [1-3], описывающий требования к качеству программных продуктов для расчетов уровней шума. Применение этого стандарта позволяет разработчикам программных средств заявлять и подтверждать правильность выполняемых этими средствами расчетов, а пользователям программных средств проверять их качество, не прибегая к услугам третьей стороны.

Одной из проблем при разработке специализированных программных продуктов является тот факт, что многие действующие стандарты и своды правил на методы расчета являются неполными и не охватывают в достаточной степени все возможные реалистичные случаи из практики. Также часто эти документы могут устанавливать неоднозначные требования, допускающие разные интерпретации. По этой причине очень важно обнаруживать и устранять недостатки или ошибки методов расчета на ранней стадии

разработки документов, и здесь большую пользу может принести применение соответствующих программных средств.

Важным элементом системы подтверждения качества программного продукта является комплект контрольных примеров, предназначенных для подтверждения соответствия программы установленному методу расчета.

Документ ГОСТ Р 56234.3 [3] содержит рекомендации по обеспечению качества расчетов и контрольные примеры, необходимые для проведения расчетов программными продуктами для подтверждения корректности и точности расчетов по ГОСТ 31295.2 [4]. В этих контрольных примерах описаны сценарии для подтверждения правильности применения уравнений и процедур, относящихся к наиболее сложным для описания физическим аспектам распространения звука на местности, таким как влияние земной поверхности, дифракция или отражения.

Анализ тестовых расчетов по сценариям контрольных примеров из [3] показал необходимость более тесной кооперации разработчиков методов расчета и разработчиков программной продукции, а также важность тщательной подготовки и многоступенчатой проверки документации, регламентирующей правильность расчетного метода.

Важным и полезным указанием [1] является требование к разработчикам нового или актуализированного нормативного документа на метод расчета, что они должны обеспечить публикацию контрольных примеров одновременно с публикацией нормативного документа, а разработчик программного продукта для применяемого метода расчета должен опираться на опубликованные контрольные примеры в форме пошаговых расчетов.

Участие в разработке стандартов специалистов в области компьютерных технологий и практиков-проектировщиков позволит обнаруживать и устранять на ранней стадии разработки документов недостатки или ошибки методов расчета и контрольных примеров благодаря их реализации с применением программных средств и опробовании на реалистичных входных данных в рамках реалистичного сценария.

Список литературы

1. ГОСТ Р 56234.1—2019 ИСО 17534-1:2015 Требования к качеству и его обеспечение.
2. ГОСТ Р 56234.2—2019 ИСО 17534-2:2015 Общие требования к контрольным примерам и интерфейсу обеспечения качества.
3. ГОСТ Р 56234.3—2019 ИСО 17534-3:2015 Рекомендации по обеспечению качества расчетов по ИСО 9613-2.
4. ГОСТ 31295.2-2005 Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчёта.
5. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2012612812 от 21.03.2012. АРМ «Акустика» версия 3 / Никифоров А.В., Кузьмицкий А.М., Иванов А.В.