ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70975— 2023

Системы автоматизированного проектирования электроники

ПОДСИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (ООО «НИИ «АСОНИКА»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 октября 2023 г. № 1073-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Сокращения 2
4 Общие положения 2
5 Технология автоматизированного анализа показателей стойкости ЭА к воздействию синусоидальной вибрации 3
6 Требования к подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации 6
Приложение А (справочное) Пример подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации и результатов ее работы 8
Библиография 15

Введение

Причиной разработки настоящего стандарта является необходимость автоматизированного анализа стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации на ранних этапах проектирования электронной аппаратуры на основе математического моделирования и виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Стандарт распространяется на показатели стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации. Его целью является автоматизация анализа показателей стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации с применением математического моделирования и виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Применение математического моделирования и виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации на ранних этапах проектирования до изготовления опытного образца позволит избежать отказов электронной аппаратуры или значительно сократить их на этапе испытаний опытного образца, сокращая тем самым количество испытаний опытного образца, возможные итерации по доработке схем и конструкций, затраты на разработку электронной аппаратуры при одновременном повышении качества и надежности, в том числе в критических режимах работы, делая электронную аппаратуру конкурентоспособной на отечественном и международном рынке (см. ГОСТ Р 57700.37, [1]—[4]).

Использование при анализе стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации натурных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации невозможно, так как анализ проводится еще до изготовления опытного образца. Виртуализация испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации при анализе стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации является безальтернативной. Без применения математического моделирования нельзя определить показатели стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации. Такой подход является информативным, так как благодаря ему на этапе проектирования отслеживается большинство возможных отказов электронной аппаратуры по механическим характеристикам, и эффективным, так как из-за недоработок проектирования электронной аппаратуры, вскрытых уже путем натурных испытаний, возможно множество итераций: доработка проекта — испытания опытного образца — доработка проекта и т. д., что значительно увеличивает сроки и стоимость разработки.

Настоящий стандарт определяет требования к подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы автоматизированного проектирования электроники

ПОДСИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ

Electronics automated design systems. Subsystem of virtual testing of electronic equipment for the effect of sinusoidal vibration

Дата введения — 2023—10—16

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт предназначен для применения предприятиями промышленности и организациями при использовании цифровых двойников электроники и CALS-технологий на ранних этапах проектирования, изготовления и испытаний электронной аппаратуры, а также на всех последующих этапах жизненного цикла электронной аппаратуры.

1.1.1 Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации применяется на ранних этапах проектирования электронной аппаратуры следующего назначения: промышленная, для энергетики, оборонно-промышленного комплекса, аэрокосмической отрасли, судостроения, медицинская, автомобильная, для навигации и радиолокации, потребительская, для фискального и торгового оборудования, связи (телекоммуникации), вычислительной техники, для автоматизации и интеллектуального управления, систем безопасности, светотехники, автоматизированного транспорта и движущейся робототехники.

1.1.2 Электронная аппаратура состоит из электронных шкафов и блоков, печатных узлов и электронной компонентной базы (микросхем, транзисторов, резисторов и т. д.).

1.1.3 На электронную компонентную базу и электронную аппаратуру оказывает влияние воздействие синусоидальной вибрации. Синусоидальная вибрация может приводить к несоответствиям электронной компонентной базы и электронной аппаратуры требованиям к их стойкости (прочности и устойчивости) к воздействию синусоидальной вибрации. Настоящий стандарт устанавливает основные положения технологии, позволяющей проводить анализ показателей стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации с применением математического моделирования и виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации при проектировании.

1.2 Анализ показателей стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации должен осуществляться на ранних этапах проектирования электронной аппаратуры посредством проведения математического моделирования и виртуализации испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации при проектировании.

1.3 Для анализа показателей стойкости электронной аппаратуры к воздействию синусоидальной вибрации методом математического моделирования (виртуализации испытаний электронной компонентной базы и электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации) должны применяться аттестованные программные средства, а при необходимости — аттестованные программно-аппаратные средства. Требования к программно-аппаратным средствам устанавливаются по согласованию с заказчиками.

Издание официальное

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 70201 Системы автоматизированного проектирования электроники. Оптимальное сочетание натурных и виртуальных испытаний электроники на надежность и внешние воздействующие факторы. Требования и порядок проведения при выполнении технического задания на НИОКР

ГОСТ Р 70291 Системы автоматизированного проектирования электроники. Состав и структура системы автоматизированного проектирования электронной аппаратуры

ГОСТ Р 57700.37 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

CALS-технологии — непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий (Continuous Acquisition and Life cycle Support);

КМП — коэффициент механических потерь;

САПР — система автоматизированного проектирования;

ЭА — электронная аппаратура;

ЭКБ — электронная компонентная база.

4 Общие положения

4.1 Целью разработки настоящего стандарта является установление требований к автоматизированному анализу показателей стойкости ЭА к воздействию синусоидальной вибрации на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие синусоидальной вибрации.

Для достижения поставленной цели в стандарте устанавливаются следующие единые требования:

- к технологии автоматизированного анализа показателей стойкости ЭА к воздействию синусоидальной вибрации;

- подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации.

4.2 Организация работ по применению технологии автоматизированного анализа показателей стойкости ЭА к воздействию синусоидальной вибрации на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭА на воздействие синусоидальной вибрации при проектировании устроена следующим образом.

4.2.1 Испытанию ЭА подвергается в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

4.2.2 Испытания методом фиксированных частот синусоидальной вибрации проводят путем установки заданных значений параметров вибрации на фиксированной частоте. Испытания могут осуществляться на одной частоте, на заранее определенной частоте механического резонанса, на ряде заданных частот.

5 Технология автоматизированного анализа показателей стойкости ЭА к воздействию синусоидальной вибрации

5.1 Конечной целью автоматизированного анализа является определение степени годности ЭА путем выявления возможных механических повреждений, позволяющих судить о конструктивной прочности ЭА, а также оценка ухудшения заданных значений параметров ЭА.

В том числе рассматривается математическое моделирование и виртуализация испытаний ЭА на воздействие синусоидальной вибрации с повышенной амплитудой ускорения (в критических режимах, в том числе невоспроизводимых при натурных испытаниях).

Объектами виртуальных испытаний являются:

- произвольные конструкции шкафов и блоков ЭА без виброизоляторов, 3D-модели которых созданы в CAD-системах в формате STEP;
- типовые конструкции шкафов и блоков ЭА без виброизоляторов, 3D-модели которых созданы в специализированном интерфейсе подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации;
- произвольные и типовые конструкции шкафов и блоков ЭА, установленные на виброизоляторах.

5.2 Оцениваемыми характеристиками являются резонансные частоты, ускорения, перемещения, механические напряжения в ЭА, время до усталостного разрушения.

5.3 Условия проведения виртуальных испытаний

5.3.1 Необходимо наличие российского программного обеспечения, предназначенного для моделирования ЭА на воздействие синусоидальной вибрации, внедренного на ведущих предприятиях РФ, которое является составной частью САПР ЭА в соответствии с ГОСТ Р 70201, ГОСТ Р 70291.

5.3.2 Наличие корректной 3D-модели ЭА в формате STEP отвечает требованиям по устранению ошибок, упрощению и сохранению модели [5].

5.3.2.1 Требования по устранению ошибок:

- пересечение деталей недопустимо. Они должны касаться друг друга;
- одна деталь сопрягается с другой по некой поверхности с какой-либо площадью. Не допускают вариантов, когда одна деталь касается другой по линии или в точке (поверхностью касания двух деталей является линия или точка);
- свободно висящие детали не допускаются. Они должны иметь соединения с другими деталями;
- разъемы с отверстиями необходимо полностью заполнить материалом (не должны остаться штырьки и отверстия).

5.3.2.2 Требования по упрощению модели:

- убирают все крепежные детали, все винты;
- убирают фаски, лыски, мелкие скругления (с радиусом ≤2 мм);
- поверхности сложной формы — мелкие оребрения крупных поверхностей необходимо сделать гладкими;
- если в модели имеются шестигранники (в сечении детали шестигранник), например стойки этажерочной конструкции, скругляют грани шестигранника радиусом скругления 1 мм;
- удаляют все отверстия всех деталей, кроме крепежных отверстий;
- подбирают плотности деталей таким образом, чтобы масса ЭА, включая печатные узлы, ЭКБ, разъемы, равнялась изначально заданной;
- следует выбирать опцию «твердые тела» при сохранении в формате STEP модели в CAD-системе, в которой создавалась данная модель.

5.3.3 Испытания проводят при следующих физико-механических параметрах материалов ЭА:

- плотность;
- модуль упругости;
- коэффициент Пуассона;
- КМП для начальной точки линейного участка зависимости КМП от механического напряжения изгиба, возникающего при воздействии синусоидальной вибрации;
- коэффициент зависимости КМП от механического напряжения изгиба, возникающего при воздействии синусоидальной вибрации.

Взаимосвязь тепловых и механических процессов в конструкциях ЭА обусловлена влиянием тепловых процессов на механические — температурными зависимостями физико-механических пара-

метров — модуля упругости и КМП — для материалов конструкций ЭА. С ростом температуры модуль упругости уменьшается, а КМП увеличивается. Зависимости модуля упругости и КМП от температуры могут аппроксимироваться линейными полиномами [5].

Данные параметры могут быть получены путем идентификации (см. [5]).

5.3.4 Необходимо наличие следующих параметров виброизоляторов для вибрации:

- коэффициент жесткости по оси *X*;
- коэффициент жесткости по оси *Y*;
- коэффициент жесткости по оси *Z*;
- КМП по оси *X* для начальной точки линейного участка зависимости КМП от напряжения изгиба;
- КМП по оси *Y* для начальной точки линейного участка зависимости КМП от напряжения изгиба;
- КМП по оси *Z* для начальной точки линейного участка зависимости КМП от напряжения изгиба;
- коэффициент зависимости КМП по оси *X* от напряжения изгиба;
- коэффициент зависимости КМП по оси *Y* от напряжения изгиба;
- коэффициент зависимости КМП по оси *Z* от напряжения растяжения — сжатия.

Данные параметры могут быть получены путем идентификации в соответствии с [5].

5.4 Режимы виртуальных испытаний

Параметры гармонической вибрации (численные значения задаются в техническом задании на разработку ЭА):

- ускорение, g;
- диапазон частот, Гц.

5.5 Порядок проведения испытаний

5.5.1 Проводят идентификацию физико-механических параметров материалов ЭА, указанных в 5.3.3, в случае их отсутствия (см. [5]). При этом по результатам натурных испытаний определяют зависимость ускорения от частоты синусоидальной вибрации в контрольной точке, которую используют при идентификации. Предварительно разрабатывают программу натурных испытаний и изготавливают макеты пластин для натурных испытаний.

5.5.2 Проводят идентификацию параметров виброизоляторов, указанных в 5.3.3, в случае их отсутствия (см. [5]). При этом по результатам натурных испытаний определяют зависимость ускорения от частоты синусоидальной вибрации системы виброизоляции, которую используют при идентификации. Предварительно разрабатывают программу натурных испытаний и приобретают образцы виброизоляторов для натурных испытаний.

5.5.3 Идентифицированные параметры материалов ЭА и параметры виброизоляторов заносят в базу данных для использования в процессе моделирования.

5.5.4 Проводят подготовку:

- 3D-моделей в формате STEP конструкций ЭА без виброизоляторов в CAD-системах, отвечающих требованиям по устранению ошибок, упрощению и сохранению модели, приведенным в 5.3.2;
- 3D-моделей конструкций ЭА, установленных на виброизоляторах, в специализированных интерфейсах.

5.5.5 Проводят импорт моделей в формате STEP конструкций в подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации.

5.5.6 Проводят виртуальные испытания ЭА на воздействие синусоидальной вибрации в заданном диапазоне частот с применением моделирования механических процессов в ЭА на воздействие синусоидальной вибрации. Определяются зависимости ускорения от частоты синусоидальной вибрации в контрольных точках ЭА или в системах виброизоляции, по которым выявляются резонансные частоты.

5.5.7 По результатам виртуальных испытаний составляют отчет, в котором дают информацию об оцениваемых характеристиках.

5.5.8 Место проведения испытаний

Испытания могут проводить:

- сами предприятия при наличии подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации;
- Центр компетенций в области моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и ЭА на внешние воздействия по заказу предприятия при отсутствии у него подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации.

5.6 Обработка, анализ и оценка результатов испытаний

5.6.1 Используют малый объем выборки $n < 50$.

5.6.2 Используют методы статистической обработки результатов испытаний.

При малом объеме выборки вычисляют:

- выборочное среднее значение характеристики механических свойств;
- выборочную дисперсию характеристики механических свойств;
- выборочное среднее квадратическое отклонение.

5.6.3 Идентифицированные параметры определяют с учетом их разброса: среднее значение и среднее квадратическое отклонение. Для получения разброса необходимо провести идентификационные испытания 10 макетов пластин и 10 образцов виброизоляторов одного типа.

5.6.4 Оцениваемые характеристики определяют с учетом разброса ускорений. Для каждой характеристики определяют среднее значение и среднее квадратическое отклонение.

5.6.5 Делают выводы о наличии резонансных частот.

5.7 Материально-техническое обеспечение испытаний

5.7.1 На рабочих станциях пользователей должно быть установлено следующее прикладное программное обеспечение, отвечающее требованиям 5.3.1:

- для виртуальных испытаний ЭА без виброизоляторов, 3D-модели которых созданы в CAD-системах в формате STEP, на воздействие синусоидальной вибрации;
- для виртуальных испытаний ЭА, установленной на виброизоляторах, 3D-модель которой создана в специализированном интерфейсе, на воздействие синусоидальной вибрации;
- для идентификации физико-механических параметров моделей ЭА;
- для идентификации физико-механических параметров моделей виброизоляторов.

5.7.2 Перечень моделей, используемых для испытаний:

- 3D-модели конструкций ЭА без виброизоляторов в формате STEP;
- 3D-модели конструкций ЭА, установленной на виброизоляторах.

5.7.3 К материально-техническому обеспечению испытаний относятся руководства пользователей и обучающие звуковые видеоролики к прикладному программному обеспечению, указанному в 5.7.1.

5.7.4 Квалификация персонала, специалистов и привлекаемых сил, проводящих испытания

Аккредитацию пользователя прикладного программного обеспечения, указанного в 5.7.1, проводят в Центре компетенций в области моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и ЭА на внешние воздействия.

5.7.5 Испытательное оборудование для проведения натурных испытаний, необходимых для решения задачи идентификации, включает:

- задающий генератор синусоидальных колебаний;
- усилитель мощности;
- вибратор;
- виброизмерительный преобразователь (акселерометр);
- виброизмерительную аппаратуру.

5.7.6 Для проведения натурных испытаний, необходимых для решения задачи идентификации, требуются следующие материалы:

- прямоугольные пластины из материалов, для которых требуется идентификация параметров (их количество определяется количеством материалов, для которых неизвестны параметры);
- виброизоляторы, для которых требуется идентификация параметров (их количество определяется количеством виброизоляторов, для которых неизвестны параметры).

5.7.7 Порядок подготовки и использования материально-технических средств в процессе испытаний включает:

- приобретение и настройку рабочих станций;
- приобретение и установку на рабочих станциях программного обеспечения, отвечающего требованиям 5.3.1 и описанного в 5.7.1;
- приобретение и установку испытательного оборудования для проведения натурных испытаний, описанного в 5.7.5;
- изготовление материалов согласно 5.7.6 для проведения натурных испытаний, необходимых для решения задачи идентификации.

5.8 Протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

- описание макета;
- график входного воздействия синусоидальной вибрации на макет;
- график выходного воздействия синусоидальной вибрации в контрольной точке макета;
- идентифицированные параметры;
- график входного воздействия синусоидальной вибрации на ЭА;
- график выходного воздействия синусоидальной вибрации в контрольной точке ЭА;
- оцениваемые характеристики: резонансные частоты, ускорения, перемещения, механические напряжения в ЭА, время до усталостного разрушения. В диапазоне частот синусоидальной вибрации не должно быть резонансных частот. Ускорения, перемещения, механические напряжения в ЭА не должны превышать максимально допустимые значения, заданные в нормативных документах и технической документации. Время до усталостного разрушения должно быть больше, чем суммарное время эксплуатации ЭА при воздействии синусоидальной вибрации;
- выводы по результатам испытаний.

6 Требования к подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации

6.1 Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации должна отвечать требованиям 1.3 и ГОСТ Р 70201, является составной частью САПР ЭА в соответствии с ГОСТ Р 70291.

6.2 Необходимо наличие базы данных материалов по физико-механическим параметрам.

6.3 Порядок проведения виртуальных испытаний

6.3.1 Проводят идентификацию параметров материалов в случае их отсутствия в базе данных. Идентифицируют модуль упругости, коэффициента Пуассона, параметры зависимости КМП от механического напряжения для вибрации. Заносят идентифицированные значения параметров в базу данных.

6.3.2 Проводят идентификацию параметров виброизоляторов для вибрации в случае их отсутствия в базе данных. Идентифицируют параметры виброизоляторов для вибрации, приведенные в 5.3.4. Заносят идентифицированные значения параметров в базу данных.

6.3.3 Если объектами виртуальных испытаний являются произвольные конструкции шкафов и блоков ЭА без виброизоляторов, 3D-модели которых созданы в CAD-системах в формате STEP, проверяют выполнение требований по устранению ошибок, упрощению и сохранению модели.

6.3.4 Если объектами виртуальных испытаний являются типовые конструкции шкафов и блоков ЭА без виброизоляторов, 3D-модели которых не созданы в CAD-системах в формате STEP, их создают в специализированном интерфейсе.

6.3.5 Если объектами виртуальных испытаний являются произвольные и типовые конструкции шкафов и блоков ЭА, установленные на виброизоляторах, 3D-модели создают в специализированном интерфейсе.

6.3.6 Проводят импорт 3D-модели.

6.3.7 Вводят материалы деталей из базы данных или физико-механические параметры материалов вручную в случае отсутствия материалов в базе данных.

6.3.8 Вводят виброизоляторы из базы данных или параметры виброизоляторов вручную в случае отсутствия виброизоляторов в базе данных.

6.3.9 Вводят крепления конструкции без виброизоляторов.

6.3.10 Проводят автоматическое разбиение 3D-модели конструкции на конечные элементы.

6.3.11 Вводят графики зависимости амплитуды ускорения синусоидальной вибрации от частоты по осям *X*, *Y*, *Z*.

6.3.12 Проводят расчет конструкции на виброизоляторах на воздействие синусоидальной вибрации. Выходные графики зависимости амплитуды ускорения синусоидальной вибрации от частоты по осям *X*, *Y*, *Z* задают в качестве входных для расчета этой же конструкции, но без виброизоляторов.

6.3.13 Проводят расчет конструкции без виброизоляторов на воздействие синусоидальной вибрации.

6.3.14 В результате расчета получают следующие выходные характеристики:

- зависимости ускорения синусоидальной вибрации от частоты по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарного ускорения в контрольных точках;

- резонансные частоты по осям *X*, *Y*, *Z*;

- перемещения во всех точках конструкции в диапазоне частот по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарные перемещения;

- ускорения во всех точках конструкции в диапазоне частот по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарные ускорения;

- эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции в диапазоне частот;

- время до усталостного разрушения во всех точках конструкции в диапазоне частот.

6.3.15 Для оценки показателей стойкости ЭА к воздействию синусоидальной вибрации сравнивают рассчитанные выходные характеристики с допустимыми значениями, заданными в нормативных документах и технической документации:

- в заданном диапазоне частот не должно быть резонансных частот по осям *X*, *Y*, *Z*;

- перемещения во всех точках конструкции в диапазоне частот по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарные перемещения не должны превышать максимально допустимых значений;

- ускорения во всех точках конструкции в диапазоне частот по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарные ускорения не должны превышать максимально допустимых значений;

- эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции в диапазоне частот не должны превышать максимально допустимое значение;

- время до усталостного разрушения во всех точках конструкции в диапазоне частот должно быть больше, чем суммарное время эксплуатации ЭА при воздействии синусоидальной вибрации.

В приложении А приведен пример подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации и результатов ее работы.

Приложение А
(справочное)

Пример подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации и результатов ее работы

Примером подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации является совокупность подсистем российской САПР электроники в части виртуальных испытаний — автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры (АСОНИКА) (gost.e-ecolog.ru), предназначенной для анализа и обеспечения стойкости ЭА и ЭКБ к комплексным тепловым, механическим, электромагнитным воздействиям, усталостной прочности к тепломеханическим воздействиям, для создания карт рабочих режимов ЭКБ, анализа показателей надежности ЭА и создания цифровых двойников ЭА и ЭКБ.

АСОНИКА — это замена натурных испытаний опытных образцов ЭА и ЭКБ виртуальными испытаниями на внешние механические, тепловые, электромагнитные и другие воздействия еще до их изготовления. Это значительная экономия денежных средств и сокращение сроков создания ЭА и ЭКБ при одновременном повышении качества и надежности за счет сокращения количества натурных испытаний.

На этапе эскизного проектирования электроники (до создания электрических схем, чертежей и 3D-моделей) используют следующие подсистемы:

- АСОНИКА-М: подсистема анализа типовых конструкций блоков ЭА и ЭКБ на механические и тепловые воздействия (3D-модель которых еще не создана, с возможностью ускоренного создания модели в специализированном интерфейсе);
- АСОНИКА-М-ШКАФ: подсистема анализа типовых конструкций шкафов ЭА на механические и тепловые воздействия (3D-модель которых еще не создана, с возможностью ускоренного создания модели в специализированном интерфейсе).

На этапе технического проектирования (после создания электрических схем, чертежей и 3D-моделей) используют подсистему АСОНИКА-М-3D, которая является подсистемой анализа и обеспечения стойкости произвольных объемных конструкций ЭА и ЭКБ к механическим и тепловым воздействиям с возможностью импорта геометрии из различных CAD-систем.

На всех этапах проектирования электроники используют следующие подсистемы:

- АСОНИКА-В: подсистема анализа и обеспечения стойкости к механическим воздействиям конструкций ЭА, установленных на виброизоляторах;
- АСОНИКА-ИД: подсистема идентификации физико-механических и теплофизических параметров моделей ЭА и ЭКБ;
- АСОНИКА-БД: подсистема управления базами данных ЭКБ и материалов по геометрическим, физико-механическим, усталостным, теплофизическим, электрическим и надежностным параметрам.

Результаты работы подсистемы АСОНИКА-М-3D представлены на рисунках А.1—А.10.

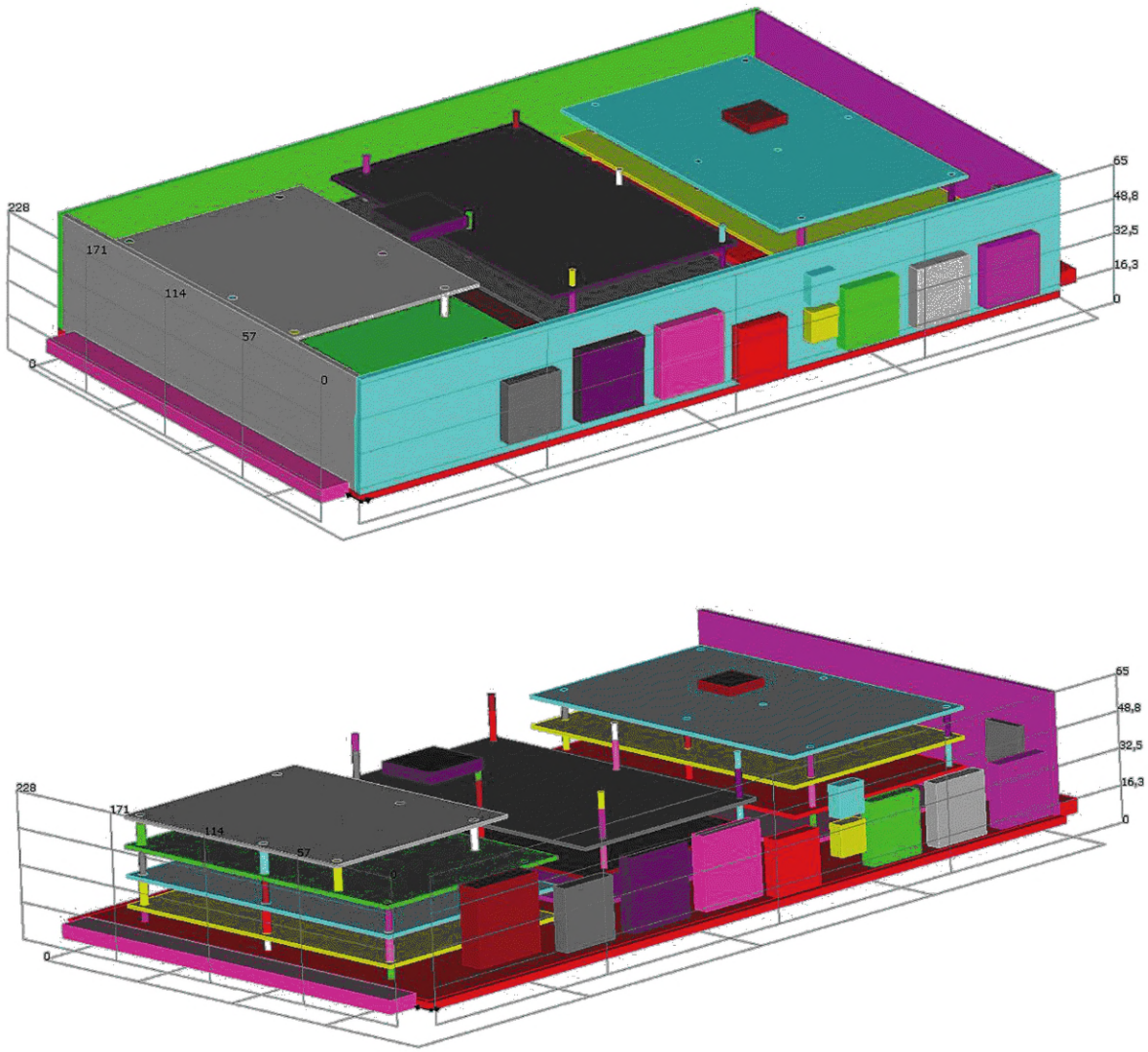


Рисунок А.1 — Конструкция блока ЭА, импортированная из CAD-системы в подсистему АСОНИКА-М-3D

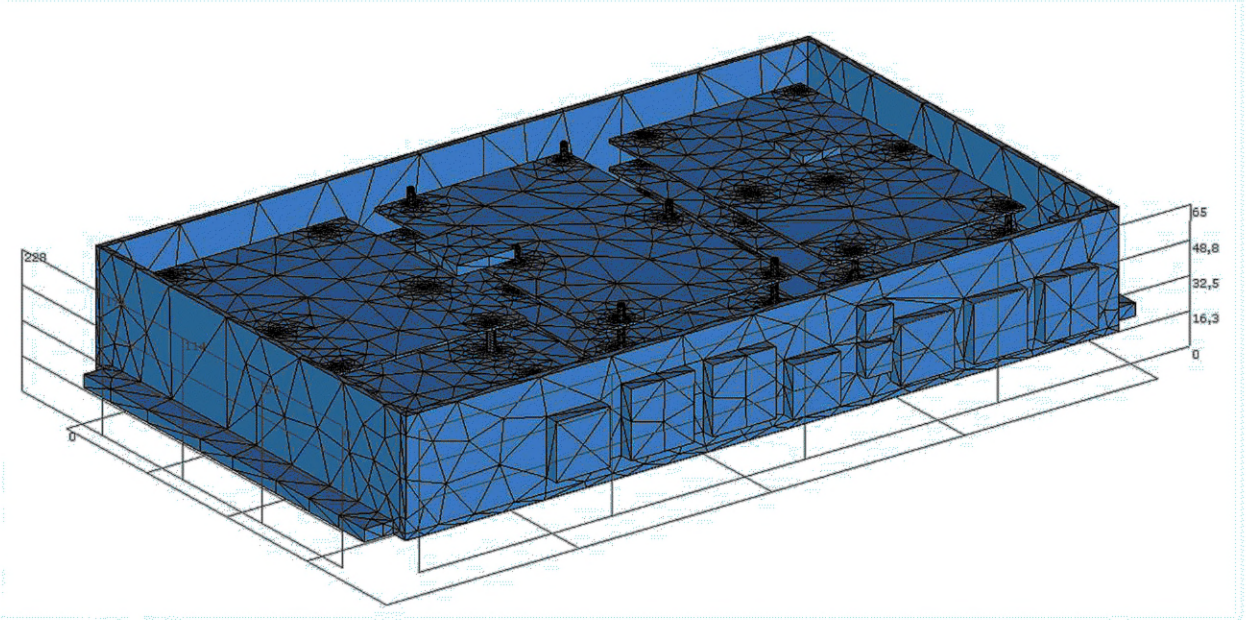


Рисунок А.2 — Автоматическое разбиение на конечные элементы

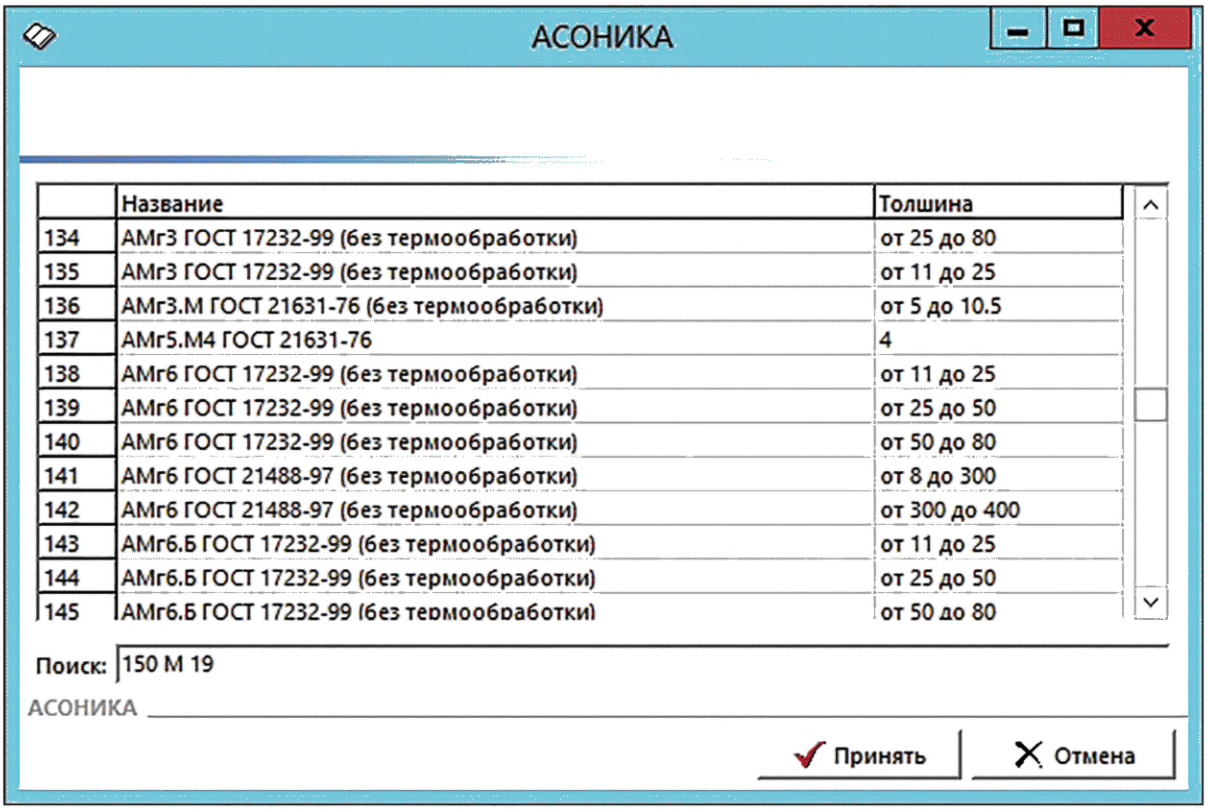


Рисунок А.3 — Диалоговое окно для выбора материала из базы данных

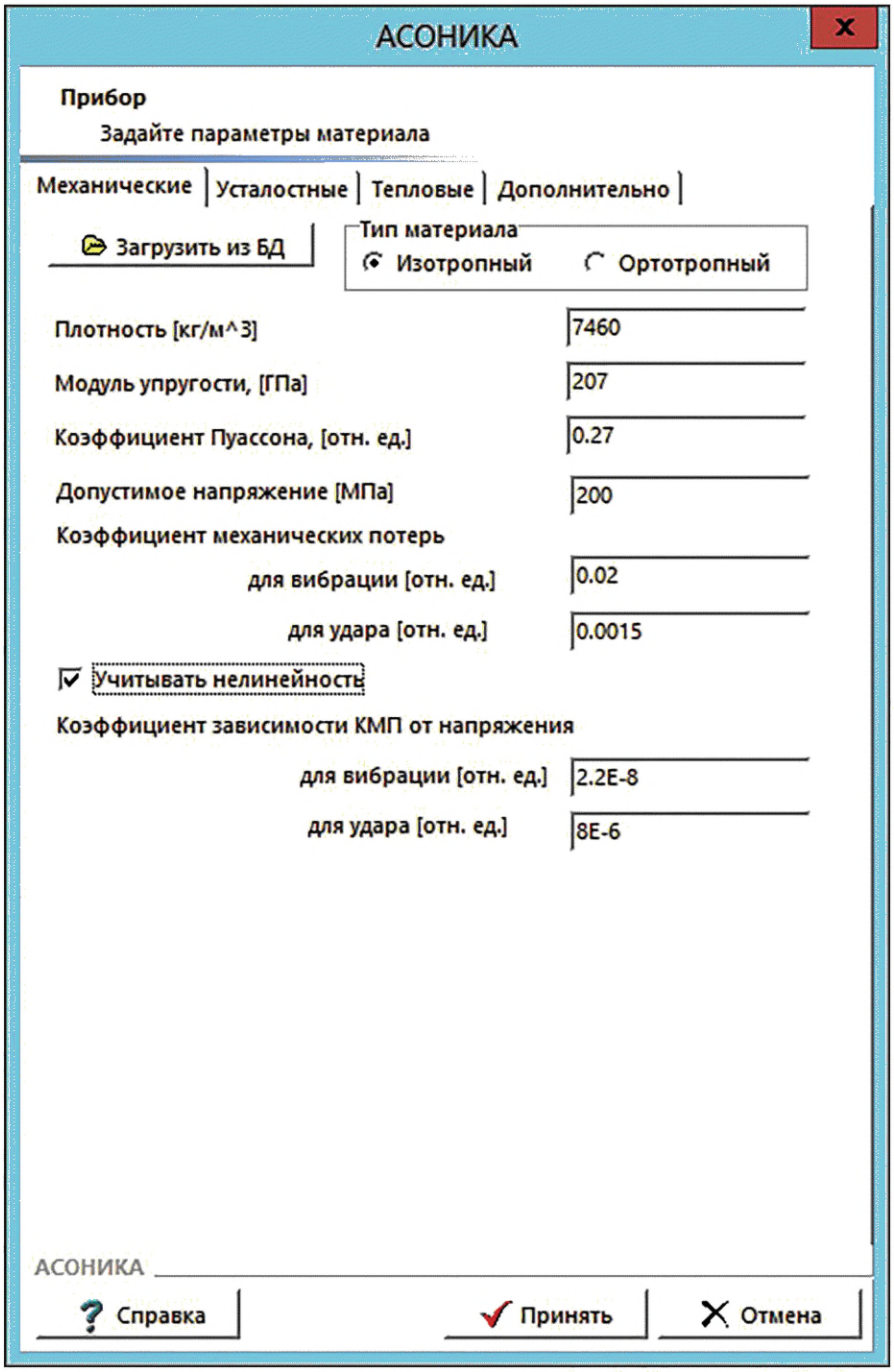


Рисунок А.4 — Диалоговое окно для задания параметров материала

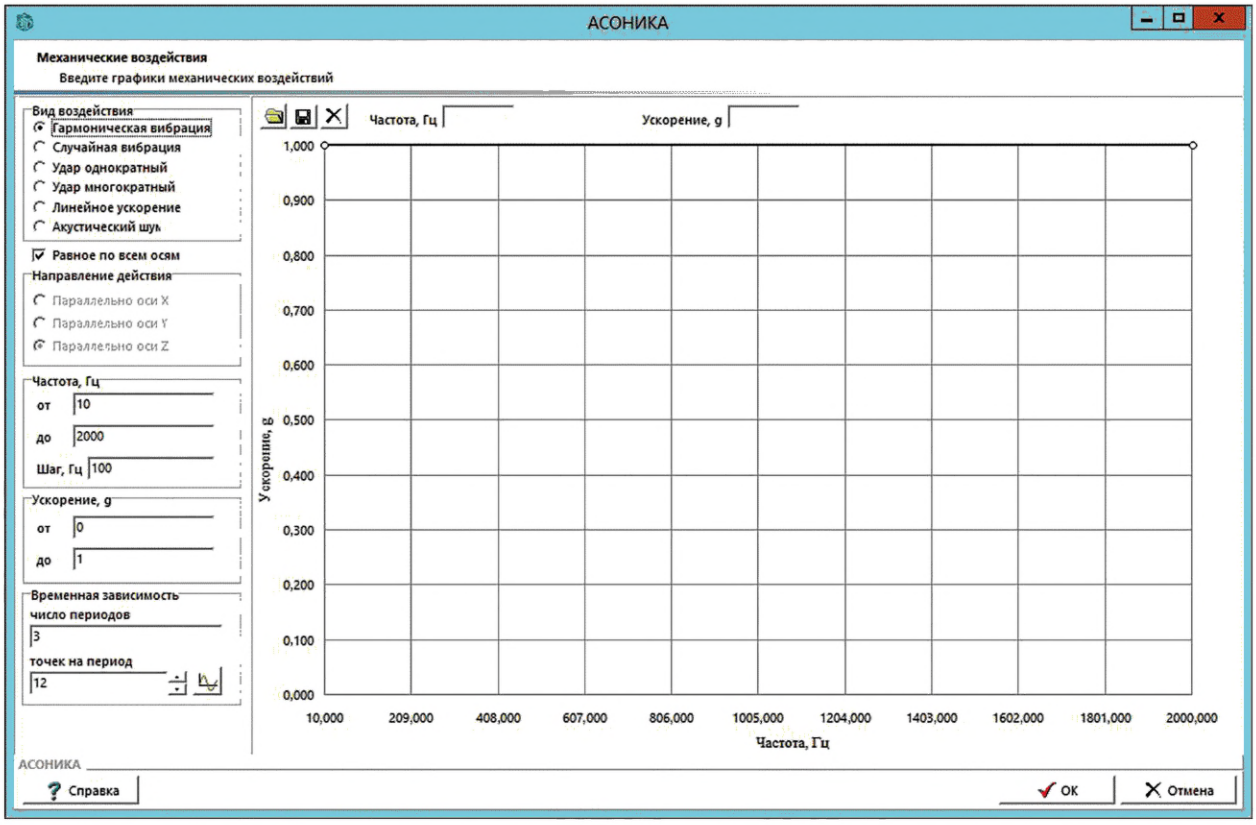


Рисунок А.5 — График зависимости амплитуды входного ускорения синусоидальной вибрации от частоты

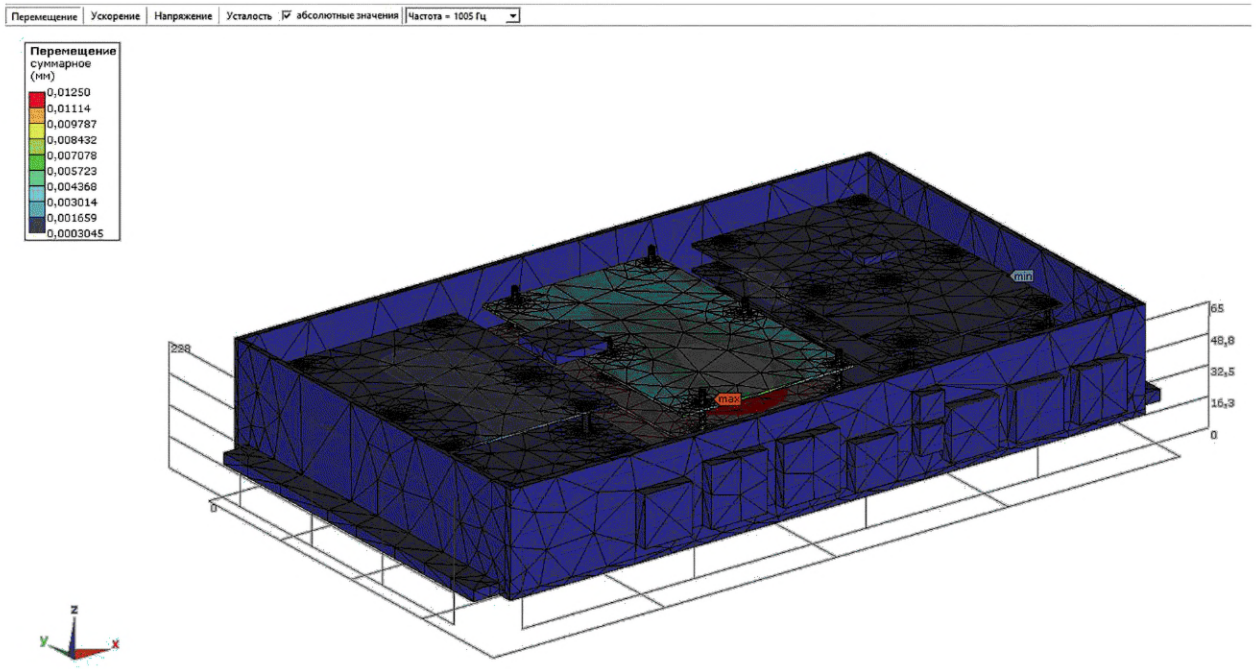


Рисунок А.6 — Суммарные перемещения во всех точках конструкции блока ЭА на резонансной частоте

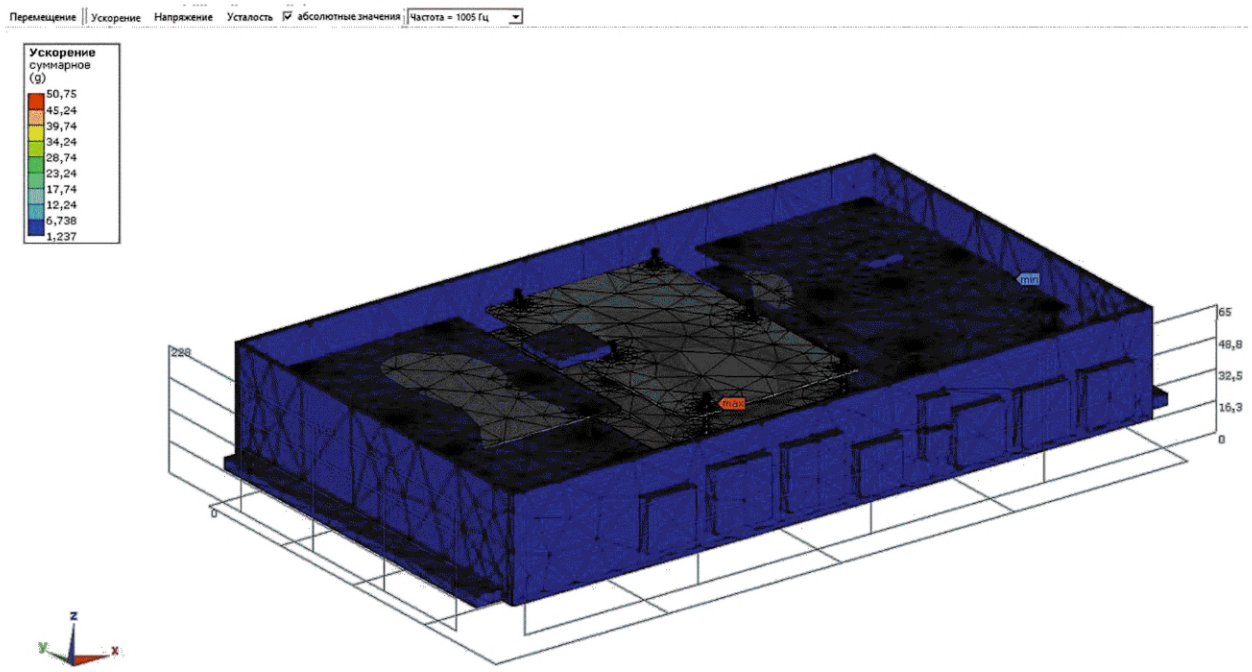


Рисунок А.7 — Суммарные ускорения во всех точках конструкции блока ЭА на резонансной частоте

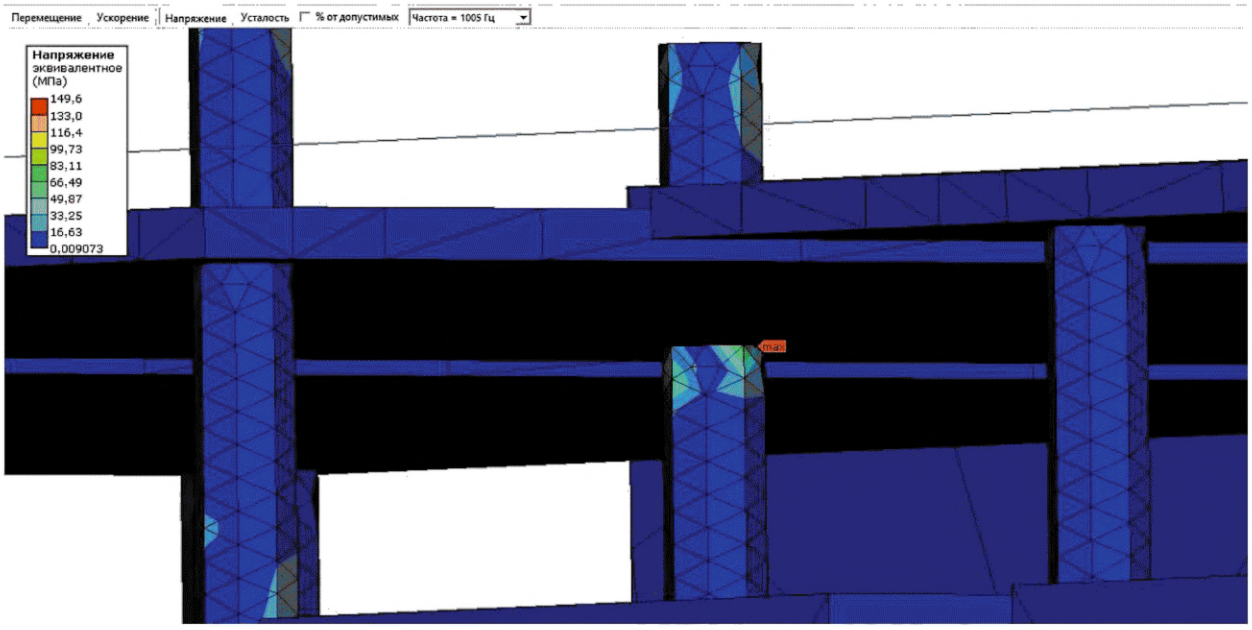


Рисунок А.8 — Эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции блока ЭА на резонансной частоте

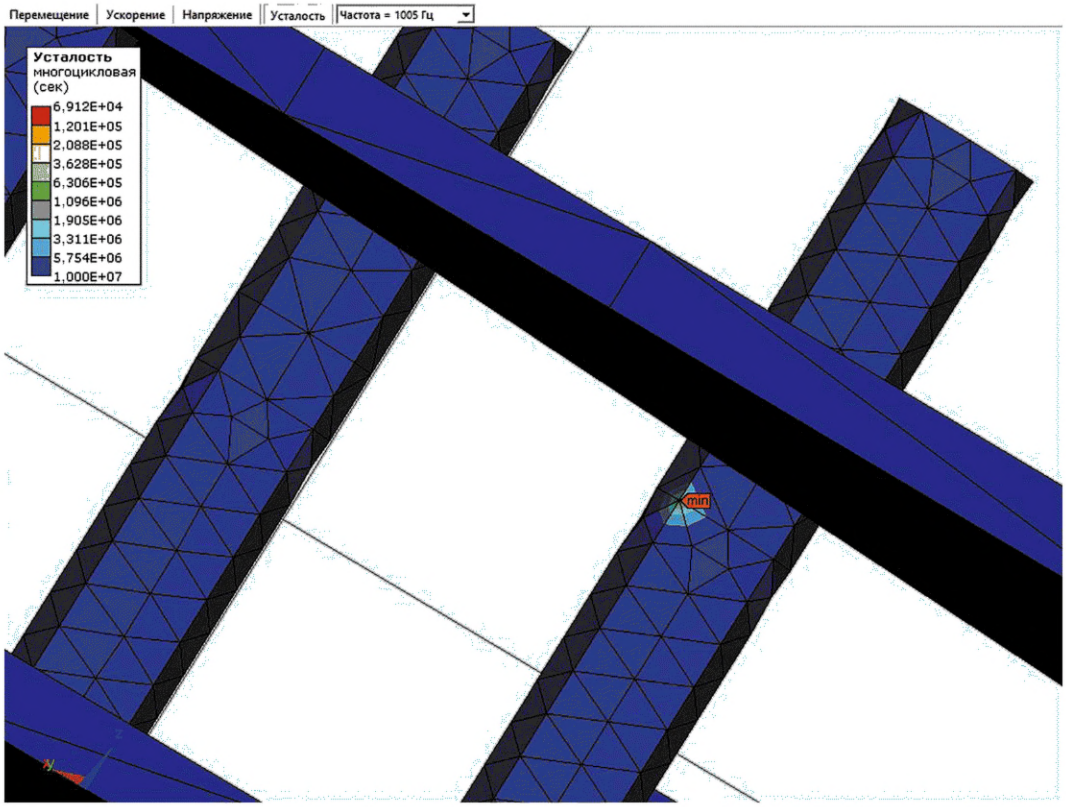


Рисунок А.9 — Время до усталостного разрушения во всех точках конструкции блока ЭА на резонансной частоте

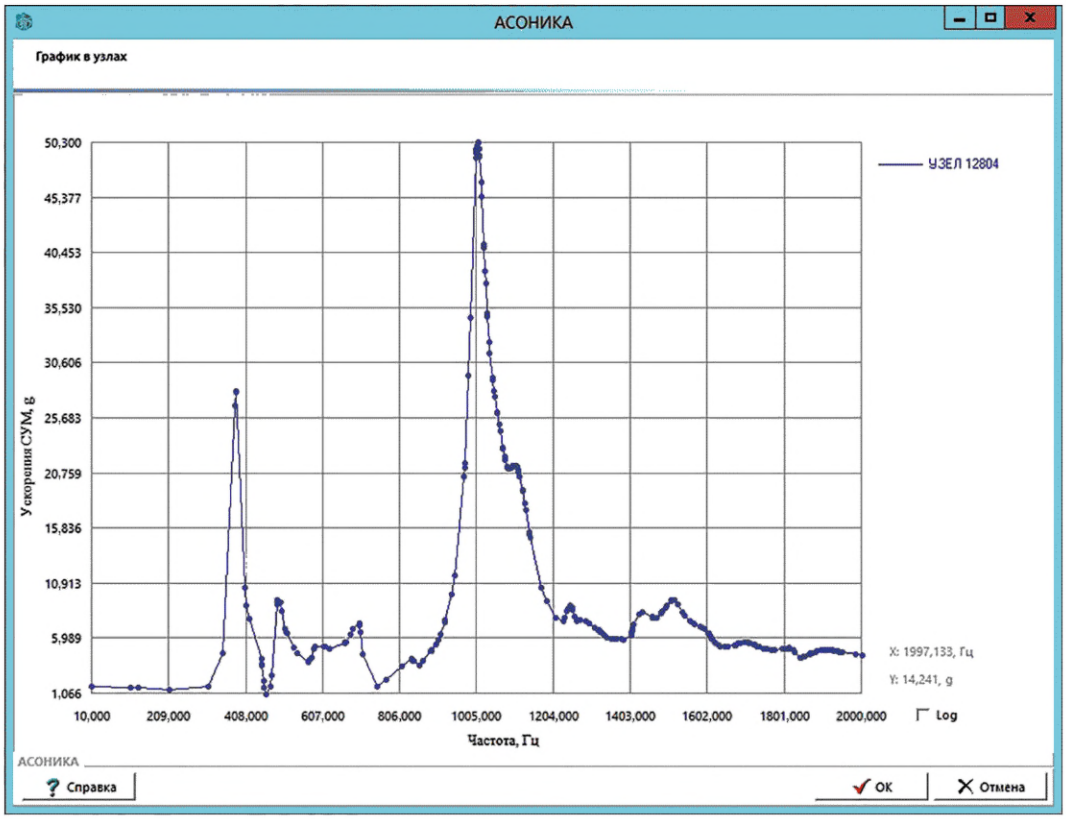


Рисунок А.10 — График зависимости амплитуды суммарного выходного ускорения синусоидальной вибрации от частоты в контрольной точке

Библиография

[1] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 ноября 2021 г. № 3142-р «Стратегическое направление в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности»

[2] Шалумов А.С. Дорожная карта развития «САПР электроники выше мирового уровня». Ковров: ООО «НИИ «АСОНИКА», 2020. 24 с. — Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[3] Автоматизированная система АСОНИКА для моделирования физических процессов в радиоэлектронных средствах с учетом внешних воздействий/ Под ред. А.С. Шалумова. М.: Радиотехника, 2013. 424 с.

[4] Шалумов М.А., Шалумов А.С. Виртуальная среда проектирования РЭС на основе комплексного моделирования физических процессов. — Владимир: Владимирский филиал РАНХиГС, 2016. 87 с.

[5] Обобщенная методика моделирования механических и температурных испытаний. ФГУП «МНИИРИП». 2020

УДК 621.865:8:007.52:006.354

ОКС 31.020
29.100.01

Ключевые слова: подсистема, виртуальные испытания, синусоидальная вибрация, электронная аппаратура, ускорение, перемещение, механическое напряжение

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 06.10.2023. Подписано в печать 23.10.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru