ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71133— 2023

Системы автоматизированного проектирования электроники

ПОДСИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛИНЕЙНОГО УСКОРЕНИЯ

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») и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

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 30 ноября 2023 г. № 1507-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

Введение

Разработка настоящего стандарта вызвана необходимостью автоматизированного анализа стойкости электронной аппаратуры (ЭА) к воздействию линейного ускорения на ранних этапах проектирования ЭА на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Настоящий стандарт распространяется на показатели стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения. Целью стандарта является автоматизация анализа показателей стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Применение математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения на ранних этапах проектирования до изготовления опытного образца позволит избежать отказов ЭА 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 ЭА при одновременном повышении качества и надежности, в том числе в критических режимах работы, делая ЭА конкурентоспособной на отечественном и международном рынках [1]—[4].

Использование при анализе стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения натурных испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения невозможно, так как анализ проводится еще до изготовления опытного образца. Виртуализация испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения при анализе стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения является безальтернативной. Без применения математического моделирования нельзя определить показатели стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения. Такой подход является информативным, так как благодаря ему на этапе проектирования отслеживается большинство возможных отказов ЭА по механическим характеристикам, и эффективным, так как из-за недоработок проектирования ЭА, 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 линейного ускорения.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы автоматизированного проектирования электроники

ПОДСИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛИНЕЙНОГО УСКОРЕНИЯ

Electronics automated design systems.
Subsystem of virtual testing of electronic equipment for the effect of linear acceleration

Дата введения — 2024—01—01

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 (ЭА), а также на всех последующих этапах жизненного цикла ЭА.

1.1.1 Подсистему виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие одиночного механического удара применяют на ранних этапах проектирования ЭА 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 ЭА состоит из электронных шкафов и блоков, печатных узлов и электронной компонентной базы (ЭКБ) (микросхем, транзисторов, резисторов и т. д.).

1.1.3 На ЭКБ и ЭА оказывает влияние воздействие линейного ускорения. Линейное ускорение может приводить к несоответствиям ЭКБ и ЭА требованиям к их стойкости (прочности и устойчивости) к воздействию линейного ускорения. Настоящий стандарт устанавливает основные положения технологии, позволяющей проводить анализ показателей стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения при проектировании.

1.2 Анализ показателей стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения необходимо осуществлять на ранних этапах проектирования ЭА посредством проведения математического моделирования и виртуализации испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения при проектировании.

1.3 Для анализа показателей стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения методом математического моделирования (виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на воздействие линейного ускорения) следует применять аттестованные программные средства, а при необходимости — аттестованные программно-аппаратные средства. Требования к программно-аппаратным средствам устанавливаются по согласованию с заказчиками.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 51805 Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие линейного ускорения

Издание официальное

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

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 Общие положения

3.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к автоматизированному анализу показателей стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения.

Для достижения поставленной цели в стандарте установлены следующие единые требования:

- к технологии автоматизированного анализа показателей стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения;
- подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие линейного ускорения.

3.2 Испытаниям на воздействие линейных ускорений в целях определения прочности или устойчивости подвергают ЭА, которую не испытывают на воздействие одиночных ударов с ускорением, равным или большим, чем линейное. Эффект воздействия при данных условиях испытаний оказывается одинаковым. Однако если в конструкцию ЭА входят подвижные детали и узлы, то при одиночных ударах возникают силы, направление которых не совпадает с силами, вызванными линейными ускорениями. Вследствие этого указанные испытания проводят самостоятельно согласно ГОСТ Р 51805.

3.3 Линейное ускорение, направление его воздействия, характер изменения, продолжительность испытаний и ряд других специфических для испытуемой ЭА параметров оговаривают в техническом задании.

3.4 Выбор параметров зависит от назначения испытуемой ЭА, места ее установки и условий эксплуатации. Определяющим при выборе линейного ускорения являются требования к прочностным характеристикам ЭА.

3.5 Стандарт устанавливает степени жесткости испытаний, которым соответствуют определенные значения линейных ускорений. При испытаниях следует выбирать линейные ускорения из рекомендованных стандартных значений. Возможен выбор следующих направлений воздействия линейных ускорений по отношению к ЭА:

- поочередно в каждом из двух противоположных направлений по трем взаимно перпендикулярным осям ЭА, если у ЭА невозможно выделить плоскости и оси симметрии;
- вдоль оси симметрии в двух противоположных направлениях и в любом направлении, перпендикулярном к оси симметрии, при наличии оси симметрии;
- перпендикулярно к каждой плоскости симметрии в одном направлении при наличии одной или нескольких плоскостей симметрии.

ЭА, для которой известно наиболее опасное направление воздействия, рекомендуется испытывать только в этом направлении, сохраняя продолжительность испытания только для данного направления.

4 Технология автоматизированного анализа показателей стойкости электронной аппаратуры к воздействию линейного ускорения

4.1 Конечной целью автоматизированного анализа является проверка способности ЭА сохранять свои параметры в пределах установленных норм во время и после воздействия линейного ускорения. Проверяют устойчивость и прочность ЭА при воздействии линейного ускорения по ГОСТ Р 51805.

Также рассматривают математическое моделирование и виртуализацию испытаний ЭА на воздействие линейного ускорения с повышенными значениями параметров (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 одиночного механического удара;
- произвольные и типовые конструкции шкафов и блоков ЭА, установленные на виброизоляторах.

4.2 Оцениваемыми характеристиками являются ускорения, перемещения, механические напряжения в ЭА.

4.3 Условия проведения виртуальных испытаний

4.3.1 Наличие российского программного обеспечения, предназначенного для моделирования ЭА на воздействие линейного ускорения, внедренного на ведущих предприятиях Российской Федерации, которое является составной частью системы автоматизированного проектирования (САПР) ЭА в соответствии с ГОСТ Р 70201, ГОСТ Р 70291.

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

4.3.2.1 Требования по устранению ошибок:

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

4.3.2.2 Требования по упрощению модели:

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

4.3.3 Наличие следующих физико-механических параметров материалов ЭА:

- плотность;
- модуль упругости;
- коэффициент Пуассона;
- коэффициент механических потерь (КМП) для начальной точки линейного участка зависимости КМП от механического напряжения изгиба, возникающего при воздействии одиночного механического удара;
- коэффициент зависимости КМП от механического напряжения изгиба, возникающего при воздействии одиночного механического удара.

Взаимосвязь тепловых и механических процессов в конструкциях ЭА обусловлена влиянием тепловых процессов на механические — температурными зависимостями физико-механических параметров — 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 [5].

4.3.4 Наличие следующих параметров виброизоляторов для удара:

- 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 [5].

4.4 Режимы виртуальных испытаний

Параметры линейного ускорения (численные значения задаются в техническом задании на разработку ЭА):

- пиковое линейное ускорение, g;
- длительность воздействия линейного ускорения, мс.

4.5 Порядок проведения испытаний

4.5.1 Проводят идентификацию физико-механических параметров материалов ЭА, указанных в 4.3.3, при их отсутствии [5]. При этом по результатам натурных испытаний определяют зависимость ударного ускорения от времени в контрольной точке, которую используют при идентификации. Предварительно разрабатывают программу натурных испытаний и изготавливают макеты пластин для натурных испытаний.

4.5.2 Проводят идентификацию параметров виброизоляторов, указанных в 4.3.3, при их отсутствии [5]. При этом по результатам натурных испытаний определяют зависимость ударного ускорения конструкции ЭА на виброизоляторах от времени, которую используют при идентификации. Предварительно разрабатывают программу натурных испытаний и приобретают образцы виброизоляторов для натурных испытаний.

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

4.5.4 Проводят подготовку моделей:

- 3D-моделей в формате STEP конструкций ЭА без виброизоляторов в CAD-системах, отвечающих требованиям по устранению ошибок, упрощению и сохранению модели, приведенным в 4.3.2.
- 3D-моделей конструкций ЭА, установленных на виброизоляторах, в специализированных интерфейсах.

4.5.5 Проводят импорт моделей в формате STEP конструкций в подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие линейного ускорения.

4.5.6 Проводят виртуальные испытания ЭА на воздействие линейного ускорения с применением моделирования механических процессов в ЭА на воздействие линейного ускорения. Определяют зависимости линейного ускорения от времени в контрольных точках ЭА или в системах виброизоляции.

4.5.7 По результатам виртуальных испытаний составляют отчет, в котором приводят информацию об оцениваемых характеристиках.

4.5.8 Место проведения испытаний

Испытания могут проводить:

- сами предприятия при наличии подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие линейного ускорения;

- 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 линейного ускорения.

4.6 Обработка, анализ и оценка результатов испытаний

4.6.1 Используют малый объем выборки $n < 50$.

4.6.2 Используют методы статистической обработки результатов испытаний.

Вычисление выборочных числовых характеристик осуществляют при малом объеме выборки. Вычисляют:

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

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

4.6.4 Оцениваемые характеристики определяются с учетом разброса ускорений. Для каждой характеристики определяют среднее значение и среднеквадратическое отклонение.

4.7 Материально-техническое обеспечение испытаний

4.7.1 На рабочих станциях пользователей должно быть установлено следующее прикладное программное обеспечение, отвечающее требованиям 4.3.1:

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

4.7.2 Перечень моделей, используемых для испытаний:

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

4.7.3 Руководства пользователей и обучающие звуковые видеоролики к прикладному программному обеспечению, указанному в 4.7.1.

4.7.4 Должна быть обеспечена необходимая квалификация персонала, специалистов и привлекаемых сил, проводящих испытания, подтвержденная аккредитацией пользователя прикладного программного обеспечения, указанного в 4.7.1, в Центре компетенций в области моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и ЭА на внешние воздействия.

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

- средство разгона — ускоритель;
- подвижной стол, платформа или контейнер;
- тормозное устройство (соударяющиеся элементы);
- измерительный преобразователь;
- контрольный преобразователь;
- система управления и регулирования режима испытаний;
- средства измерений и регистрации, позволяющие измерить значения некоторых параметров и зарегистрировать характер ударной перегрузки.

4.7.6 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).

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

- приобретение и настройка рабочих станций;

- приобретение и установка на рабочих станциях программного обеспечения, отвечающего требованиям 4.3.1 и описанного в 4.7.1;

- приобретение и установка испытательного оборудования для проведения натурных испытаний, описанного в 4.7.5;

- изготовление материалов согласно 4.7.6 для проведения натурных испытаний, необходимых для решения задачи идентификации.

4.8 Протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

- описание макета;

- график входного воздействия одиночного механического удара на макет;

- график выходного воздействия одиночного механического удара в контрольной точке макета;

- идентифицированные параметры;

- график входного воздействия линейного ускорения на ЭА;

- график выходного воздействия линейного ускорения а в контрольной точке ЭА;

- оцениваемые характеристики: ускорения, перемещения, механические напряжения в ЭА. Ускорения, перемещения, механические напряжения в ЭА не должны превышать максимально допустимые значения, заданные в нормативных документах и технической документации;

- выводы по результатам испытаний.

5 Требования к подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие линейного ускорения

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

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

5.3 Порядок проведения виртуальных испытаний

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

5.3.2 Проводят идентификацию параметров виброизоляторов для удара в случае их отсутствия в базе данных. Идентифицируют параметры виброизоляторов для удара, приведенные в 4.3.4. Заносят идентифицированные значения параметров в базу данных.

5.3.3 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.

5.3.4 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.

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

5.3.6 Проводят импорт 3D-модели.

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

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

5.3.9 Вводят крепления конструкции без виброизоляторов.

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

5.3.11 Вводят графики зависимости линейного ускорения от времени по осям *X*, *Y*, *Z*.

5.3.12 Проводят расчет конструкции на виброизоляторах на воздействие линейного ускорения. Выходные графики зависимости линейного ускорения от времени по осям *X*, *Y*, *Z* задают в качестве входных для расчета этой же конструкции, но без виброизоляторов.

5.3.13 Проводят расчет конструкции без виброизоляторов на воздействие линейного ускорения.

5.3.14 В результате расчета получают следующие выходные характеристики:

- зависимости линейного ускорения a от времени по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарного в контрольных точках;
- перемещения во всех точках конструкции в диапазоне времени по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарные перемещения;
- ускорения во всех точках конструкции в диапазоне времени по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарные ускорения;
- эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции в диапазоне времени.

5.3.15 Для оценки показателей стойкости ЭА к воздействию линейного ускорения сравнивают рассчитанные выходные характеристики с допустимыми значениями, заданными в нормативных документах и технической документации:

- перемещения во всех точках конструкции в диапазоне времени по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарные перемещения не должны превышать максимально допустимых значений;
- ускорения во всех точках конструкции в диапазоне времени по осям *X*, *Y*, *Z* и суммарные ускорения не должны превышать максимально допустимых значений;
- эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции в диапазоне времени не должны превышать максимально допустимое значение.

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

Приложение А
(справочное)

Пример подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие линейного ускорения и результатов ее работы

Примером подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие линейного ускорения является совокупность подсистем российской САПР электроники в части виртуальных испытаний — автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры (АСОНИКА) (gost.e-ecolog.ru 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 следующую подсистему:

АСОНИКА-М-3D: подсистема 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.9.

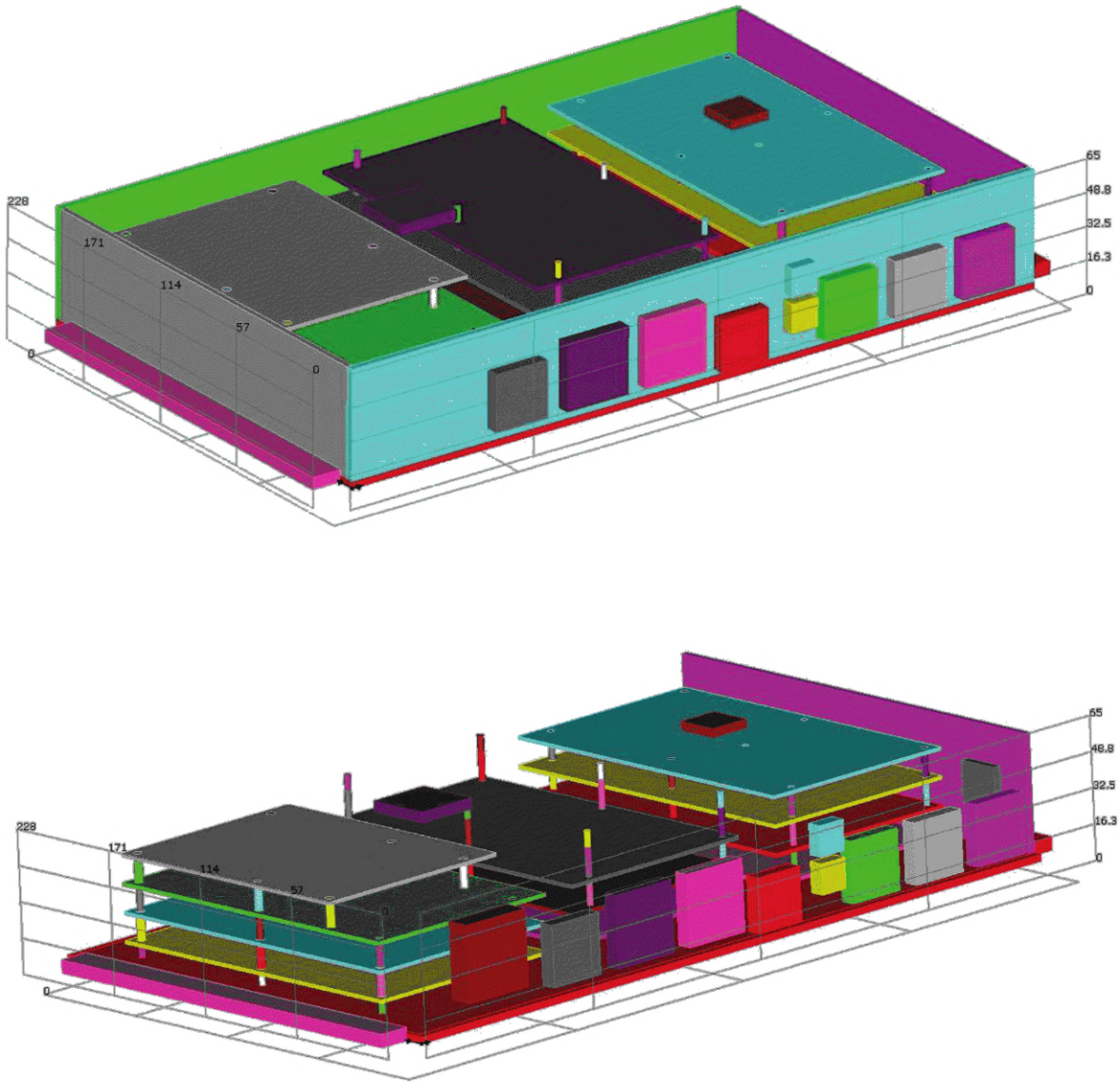


Рисунок А.1 — Конструкция блока ЭА, импортированная из CAD-системы в подсистему АСОНИКА-М-3D

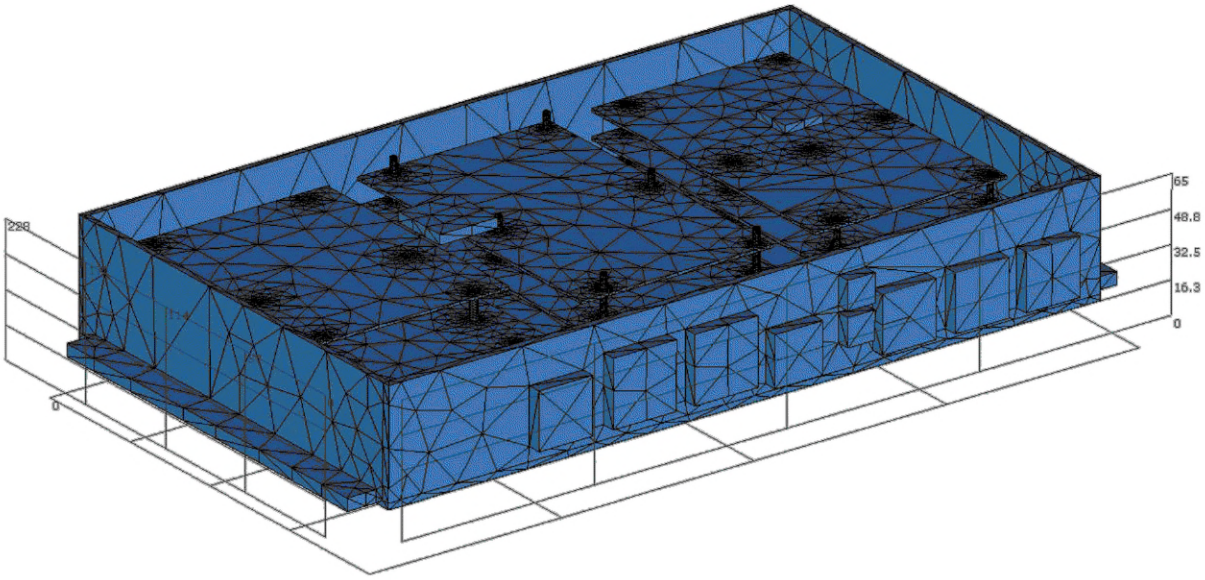


Рисунок А.2 — Автоматическое разбиение на конечные элементы

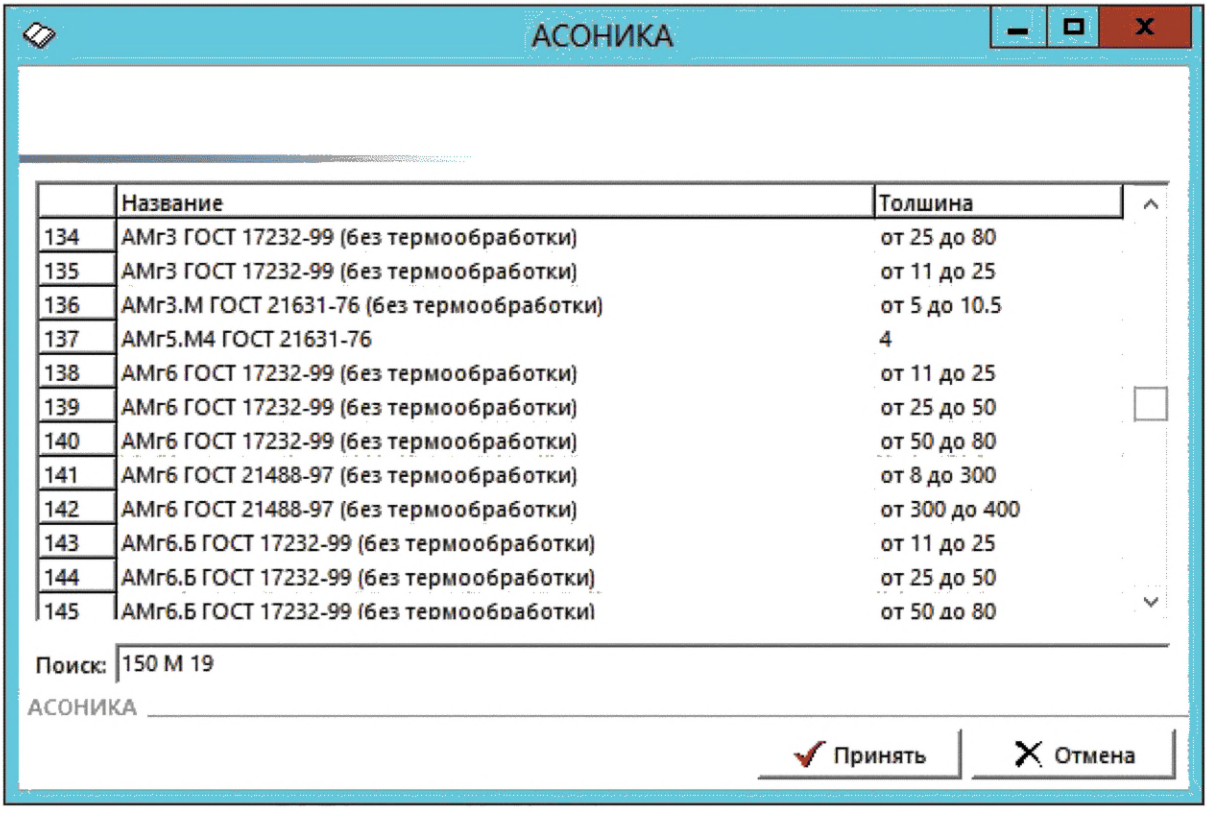


Рисунок А.3 — Диалоговое окно для выбора материала из базы данных

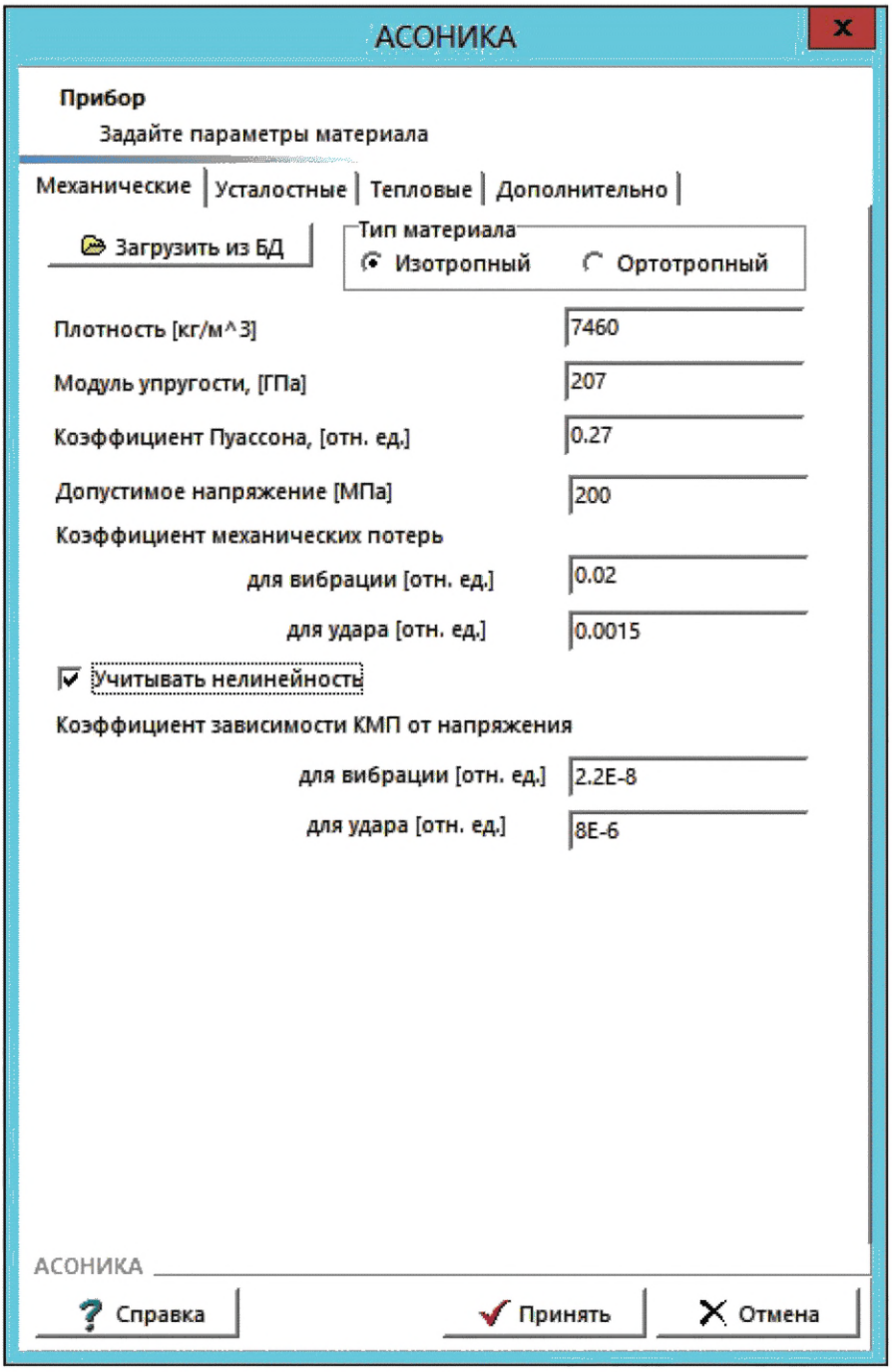


Рисунок А.4 — Диалоговое окно для задания параметров материала

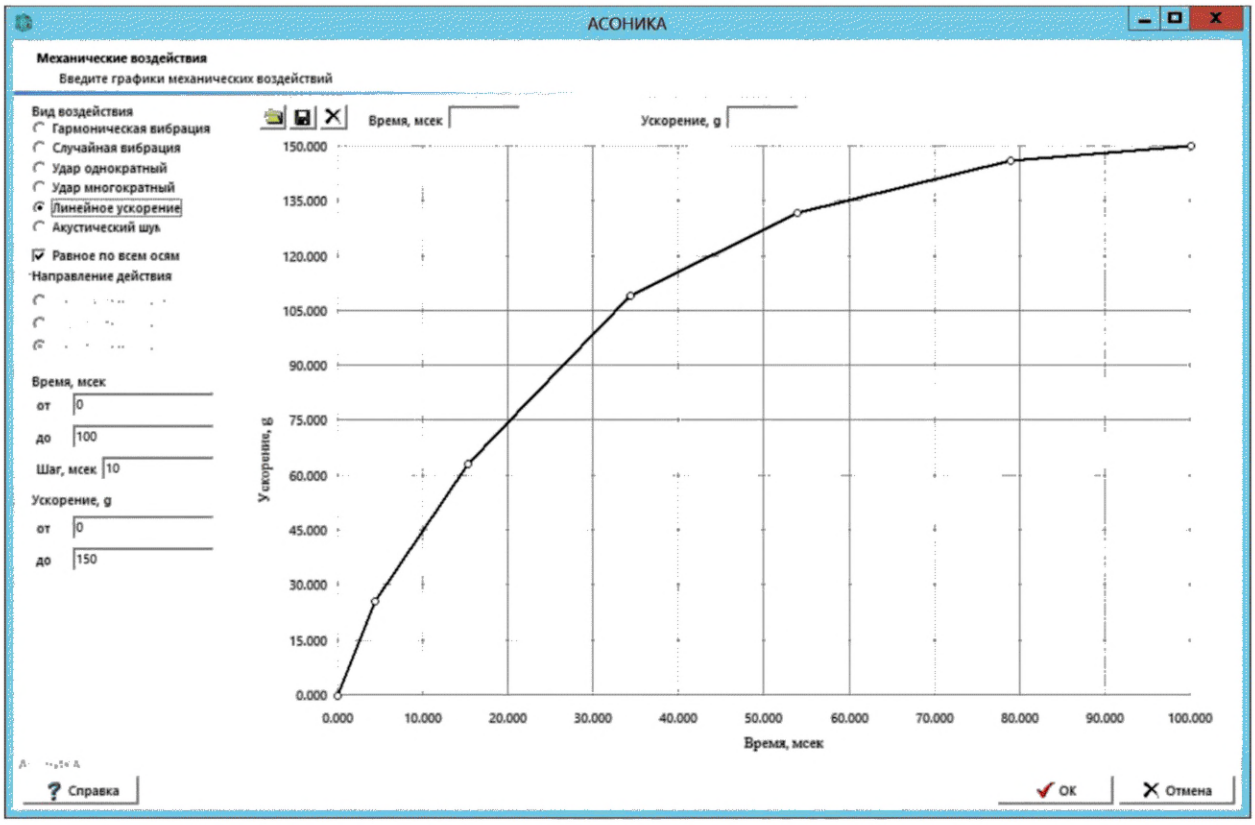


Рисунок А.5 — График зависимости входного суммарного линейного ускорения от времени

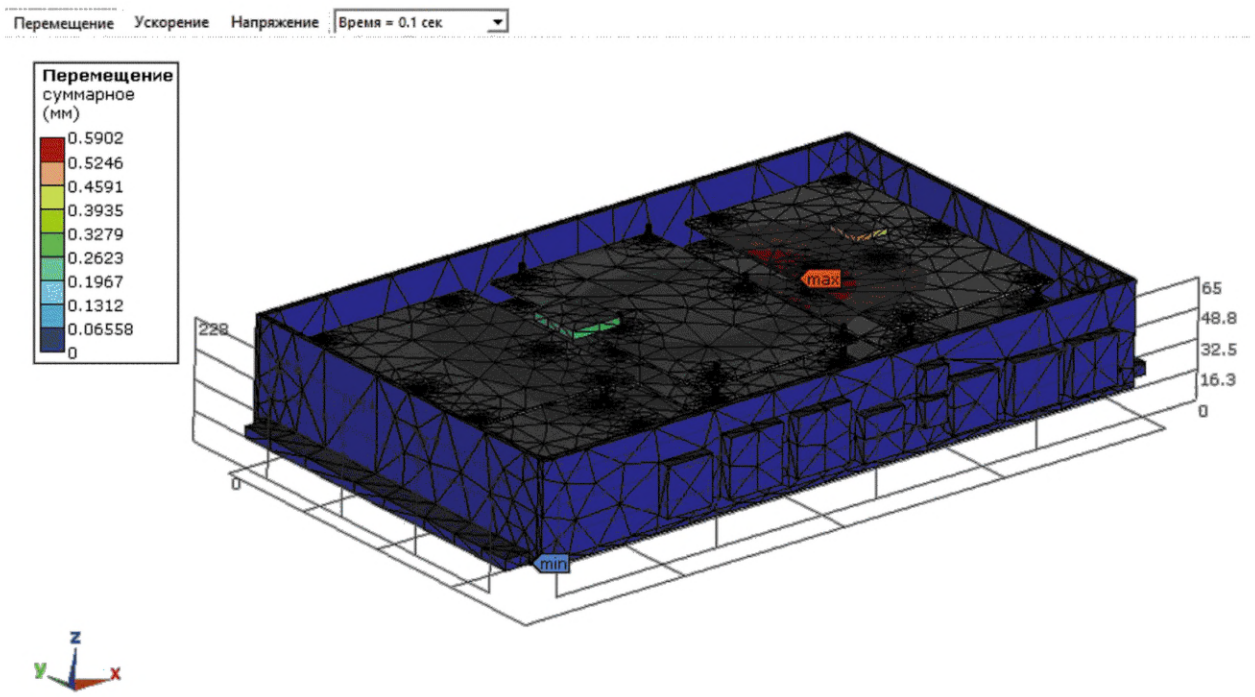


Рисунок А.6 — Суммарные перемещения во всех точках конструкции блока ЭА при воздействии линейного ускорения в заданный момент времени

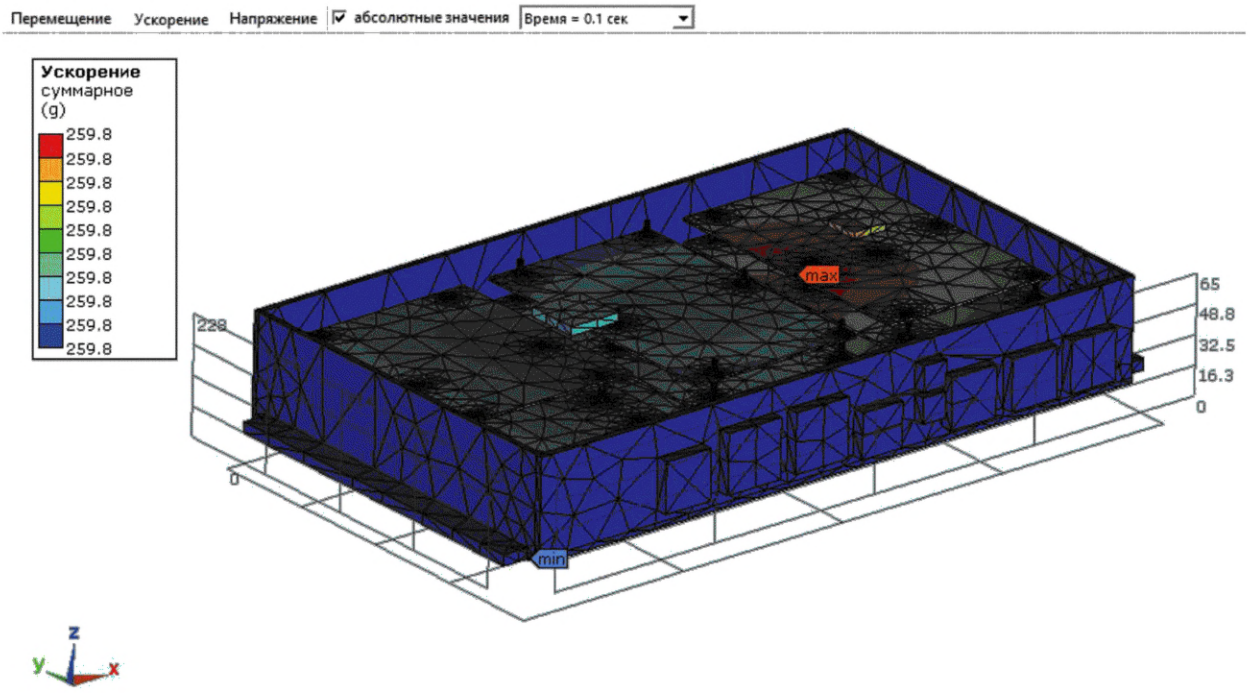


Рисунок А.7 — Суммарные ускорения во всех точках конструкции блока ЭА при воздействии линейного ускорения в заданный момент времени

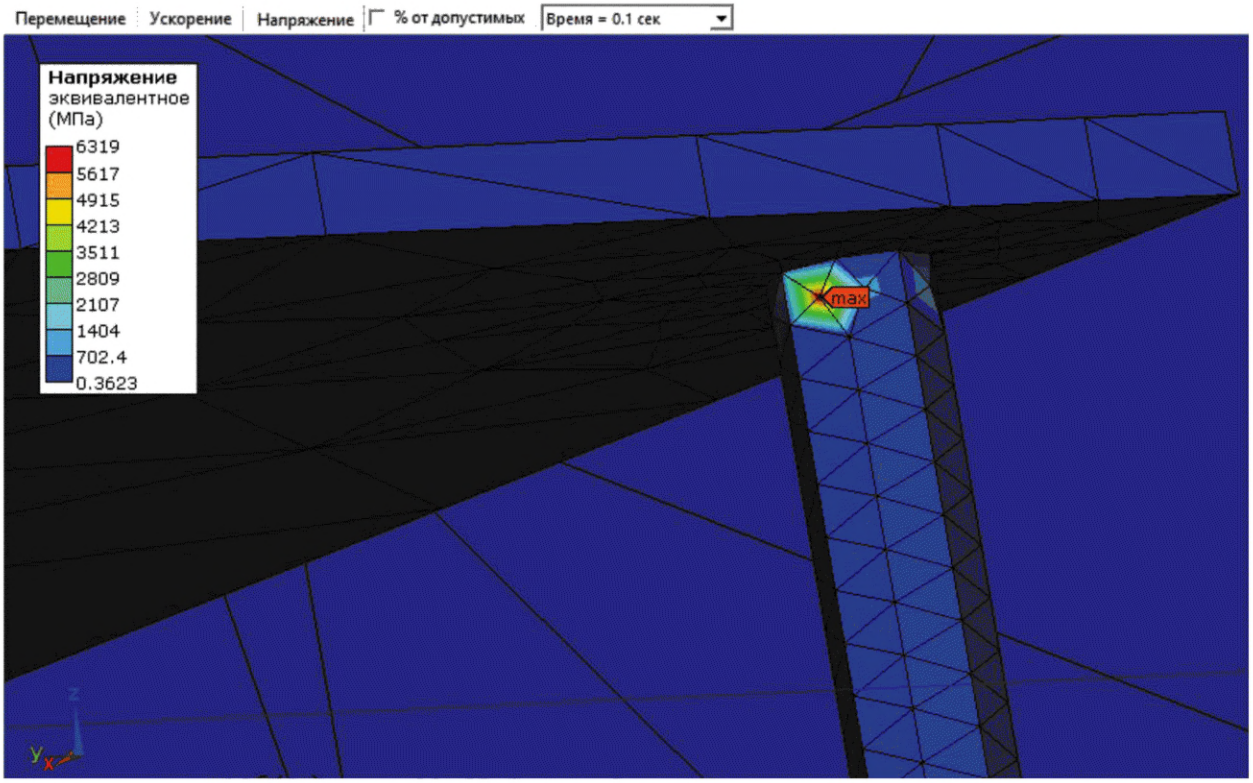


Рисунок А.8 — Эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции блока ЭА при воздействии линейного ускорения в заданный момент времени

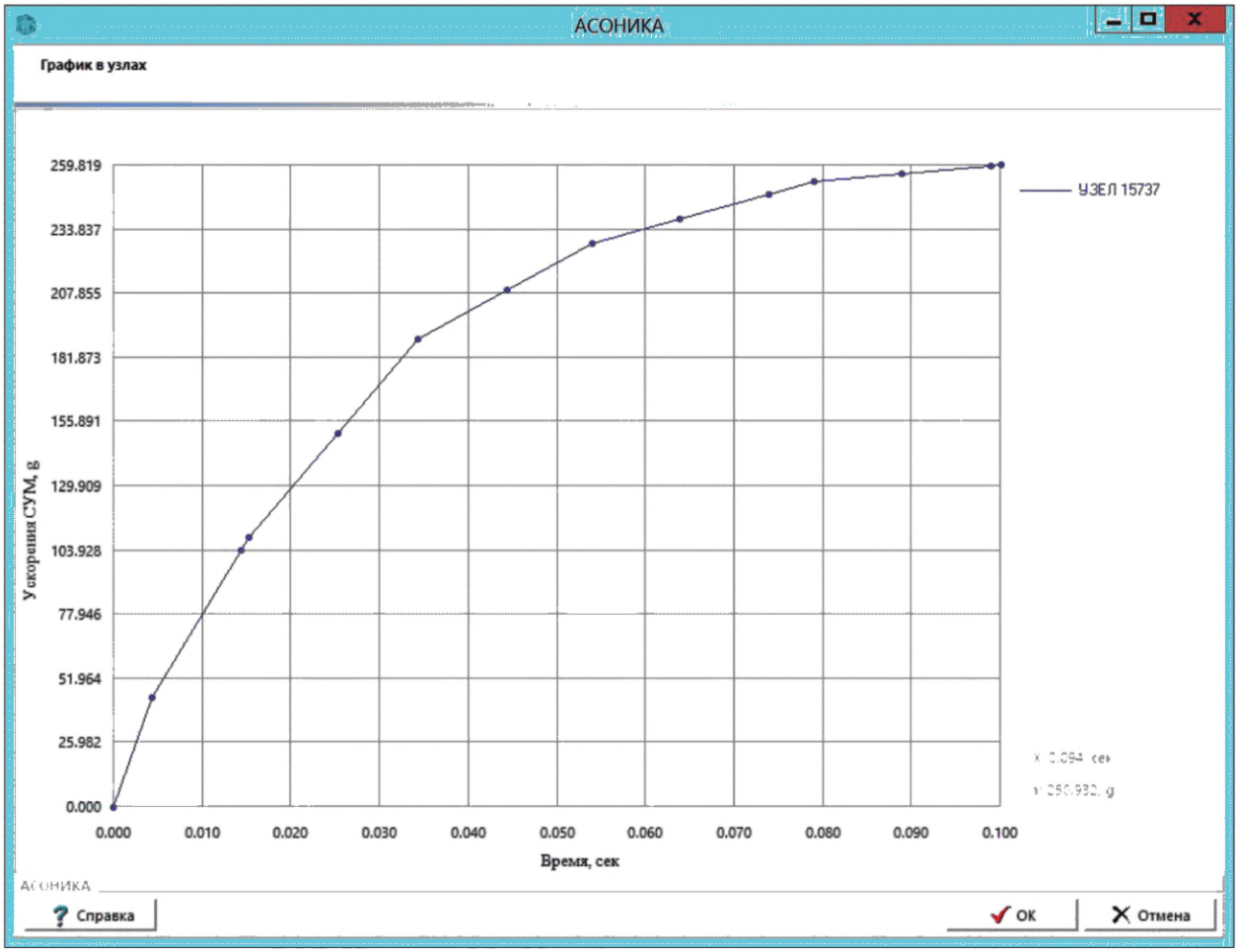


Рисунок А.9 — График зависимости выходного суммарного линейного ускорения от времени в контрольной точке конструкции блока ЭА

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, линейное ускорение, электронная аппаратура, перемещение, механическое напряжение

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 01.12.2023. Подписано в печать 18.12.2023. 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