ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71132— 2023

Системы автоматизированного проектирования электроники

ПОДСИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

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. № 1506-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 статических нагрузок на ранних этапах проектирования ЭА на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие статических нагрузок для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

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

Применение математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие статических нагрузок 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 статических нагрузок натурных испытаний ЭА на воздействие статических нагрузок невозможно, так как анализ проводится еще до изготовления опытного образца. Виртуализация испытаний ЭА на воздействие статических нагрузок при анализе стойкости ЭА к воздействию статических нагрузок является безальтернативной. Без применения математического моделирования нельзя определить показатели стойкости ЭА к воздействию статических нагрузок. 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 статических нагрузок.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы автоматизированного проектирования электроники

ПОДСИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Electronics automated design systems.
Subsystem of virtual testing of electronic equipment for the effect of static loads

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 синусоидальной вибрации 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 статических нагрузок. Статические нагрузки могут приводить к несоответствиям ЭКБ и ЭА требованиям к их стойкости (прочности и устойчивости) к воздействию статических нагрузок. Настоящий стандарт устанавливает основные положения технологии, позволяющей проводить анализ показателей стойкости ЭА к воздействию статических нагрузок с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие статических нагрузок при проектировании.

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

1.3 Для анализа показателей стойкости ЭА к воздействию статических нагрузок методом математического моделирования (виртуализации испытаний ЭКБ и ЭА на воздействие статических нагрузок) 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 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

Издание официальное

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 статических нагрузок на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на воздействие статических нагрузок.

Для достижения поставленной цели в стандарте установлены следующие единые требования:

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

3.2 Целью испытаний на воздействие статических нагрузок (гравитации, давления, распределения температур) является проверка способности ЭКБ и ЭА выполнять свои функции под действием статических (т.е. постоянных во времени) нагрузок, которые в общем случае могут быть вызваны:

- разностью давления;
- статической инерционной нагрузкой под действием собственного веса (гравитацией);
- распределением температур (тепловым расширением);
- одновременным воздействием всех вышеперечисленных факторов.

4 Технология автоматизированного анализа показателей стойкости электронной аппаратуры к воздействию статических нагрузок

4.1 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.

Также рассматривают математическое моделирование и виртуализацию испытаний ЭА на воздействие статических нагрузок 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 статических нагрузок.

4.2 Оцениваемыми характеристиками являются перемещения по всем осям и суммарные перемещения, а также механические напряжения в конструкциях ЭКБ и ЭА.

4.3 Условия проведения виртуальных испытаний

4.3.1 Наличие российского программного обеспечения, предназначенного для моделирования ЭА на воздействие статических нагрузок (гравитации, давления, распределения температур), 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;
- следует 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 теплового расширения (для теплового расширения).

Взаимосвязь тепловых и механических процессов в конструкциях ЭА обусловлена влиянием тепловых процессов на механические — температурными зависимостями физико-механических параметров — модуля упругости — для материалов конструкций ЭА. С ростом температуры модуль упругости уменьшается. Зависимость модуля упругости от температуры может аппроксимироваться линейным полиномом [5].

Данные параметры могут быть получены путем идентификации [5].

4.4 Режимы виртуальных испытаний

4.4.1 Давление

На модель задается давление, значение которого задано в техническом задании на разработку изделия, двумя способами:

- давление для отдельно взятой поверхности;
- давление задается для группы поверхностей.

4.4.2 Гравитация

На модель по вертикальной оси действует ускорение свободного падения на Земле (9,81 м/с^2). Направление гравитации должно быть против вертикальной оси модели.

4.4.3 Тепловое расширение

Задается распределение температур (начальное и конечное), полученное по результатам испытаний на воздействие повышенной рабочей и предельной температуры среды.

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 ускорения от частоты синусоидальной вибрации в контрольной точке, которую используют при идентификации. Предварительно разрабатывают программу натурных испытаний и изготавливают макеты пластин для натурных испытаний.

4.5.2 Идентифицированные параметры материалов ЭА заносят в базу данных для использования в процессе моделирования.

4.5.3 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 4.3.2.

4.5.4 Проводят импорт моделей в формате STEP конструкций в подсистеме виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие статических нагрузок.

4.5.5 Проводят виртуальные испытания ЭА:

- на воздействие давления;
- воздействие статической инерционной нагрузки под действием собственного веса (гравитацию);
- тепловое расширение;
- одновременное воздействие всех вышеперечисленных факторов статических нагрузок (гравитации, давления, распределения температур) с применением моделирования механических процессов в ЭА на воздействие статических нагрузок. Определяют перемещения по всем осям и суммарные, а также механические напряжения в конструкциях ЭКБ и ЭА.

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

4.5.7 Место проведения испытаний

Испытания могут проводить:

- сами предприятия при наличии подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие статических нагрузок;
- 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 статических нагрузок.

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 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 синусоидальной вибрации;
- для идентификации физико-механических параметров моделей ЭА.

4.7.2 Для испытаний используют 3D-модели конструкций ЭА без виброизоляторов в формате STEP.

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:

- задающий генератор синусоидальных колебаний;
- усилитель мощности;
- вибратор;
- виброизмерительный преобразователь (акселерометр);
- виброизмерительная аппаратура.

4.7.6 Для проведения натурных испытаний, необходимых для решения задачи идентификации, требуются прямоугольные пластины из материалов, для которых необходима идентификация параметров (их количество определяют количеством материалов, 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 синусоидальной вибрации на макет;
- график выходного воздействия синусоидальной вибрации в контрольной точке макета;
- идентифицированные параметры;
- входное давление на ЭА;
- распределение температур (начальное и конечное), полученное по результатам испытаний на воздействие повышенной рабочей и предельной температуры среды;
- выходные перемещения, механические напряжения в контрольных точках ЭА;
- оцениваемые характеристики: перемещения, механические напряжения в ЭА. 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 статических нагрузок

5.1 Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие статических нагрузок 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 при их отсутствии в базе данных. Идентифицируют модуль упругости, коэффициента Пуассона. Заносят идентифицированные значения параметров в базу данных.

5.3.2 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.

5.3.3 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.

5.3.4 Проводят импорт 3D-модели.

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

5.3.6 Вводят крепления конструкции.

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

5.3.8 Вводят:

- входное давление на ЭА;

- ускорение свободного падения на Земле (9,81 м/с^2). Направление гравитации должно быть против вертикальной оси модели;

- распределение температур (начальное и конечное), полученное по результатам испытаний на воздействие повышенной рабочей и предельной температуры среды.

5.3.9 Проводят расчет конструкции на воздействие статических нагрузок.

5.3.10 В результате расчета получают следующие выходные характеристики:

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

- эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции.

5.3.11 Для оценки показателей стойкости ЭА к воздействию статических нагрузок сравнивают рассчитанные выходные характеристики с допустимыми значениями, заданными в нормативных документах и технической документации:

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

- эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции не должны превышать максимально допустимое значение.

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

Приложение А
(справочное)

Пример подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие статических нагрузок и результатов ее работы

Примером подсистемы виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие статических нагрузок 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-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.6.

Проводится комбинированный расчет (заданы одновременно давление, гравитация и тепловое расширение). При этом давление, заданное для всех внешних поверхностей блока, равно 5000 Па. Начальная температура равна 20 °С, конечная температура равна 60 °С.

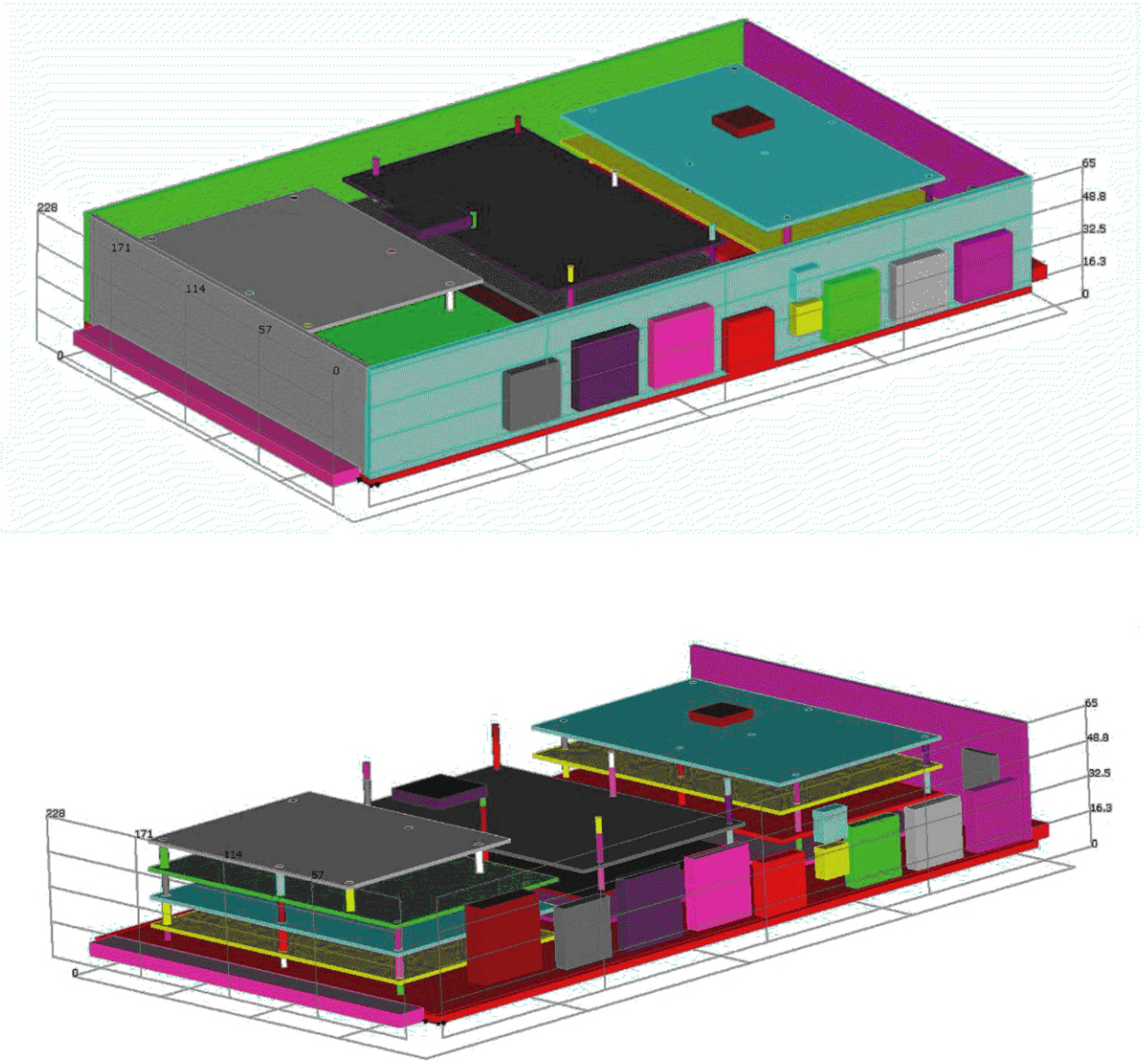

Рисунок А.1 — Конструкция блока ЭА, импортированная из CAD-системы в подсистему АСОНИКА-М-3D

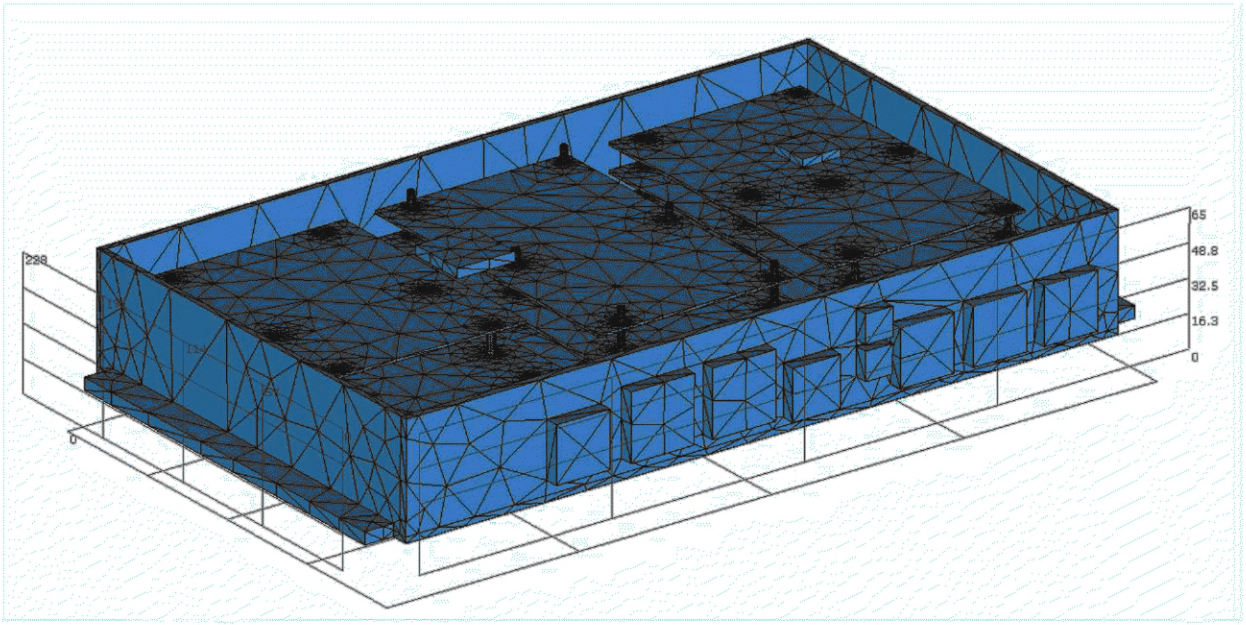

Рисунок А.2 — Автоматическое разбиение на конечные элементы

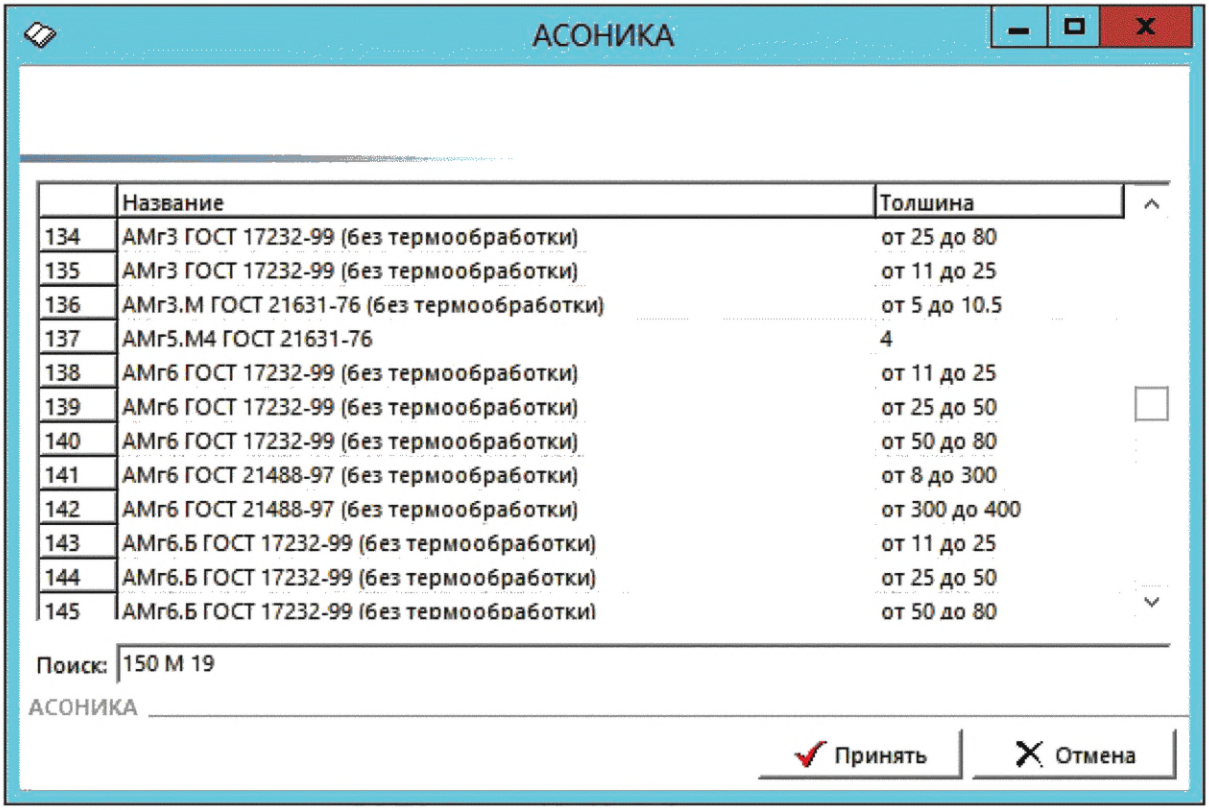

Рисунок А.3 — Диалоговое окно для выбора материала из базы данных

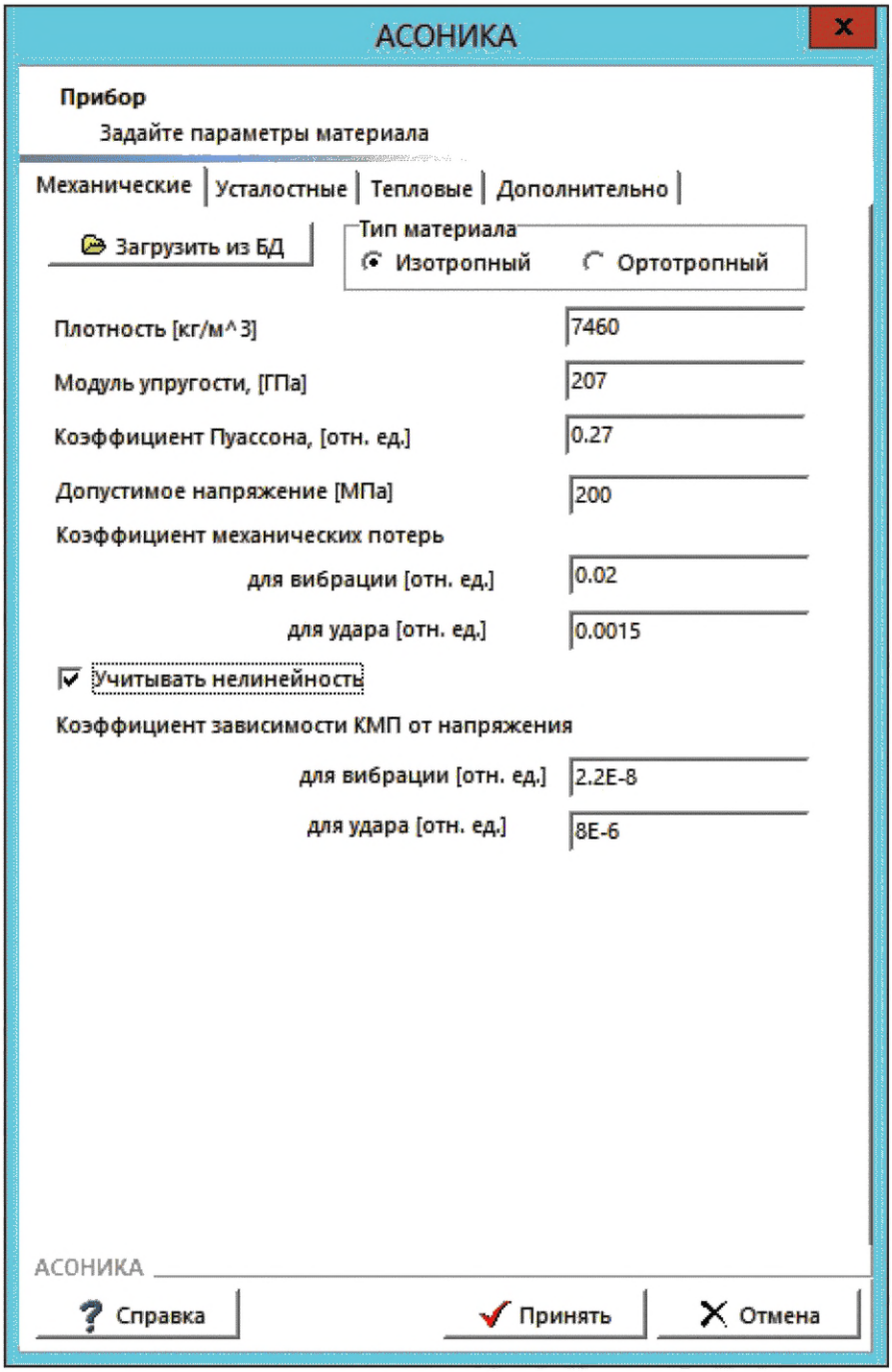

Рисунок А.4 — Диалоговое окно для задания параметров материала

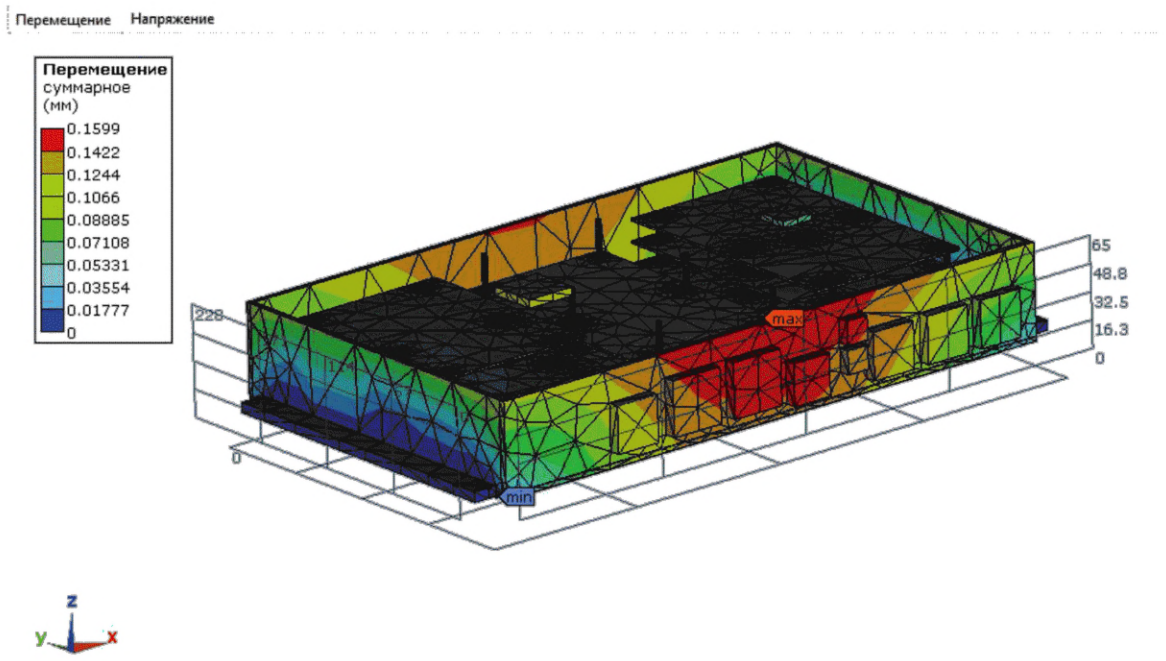

Рисунок А.5 — Суммарные перемещения во всех точках конструкции блока ЭА

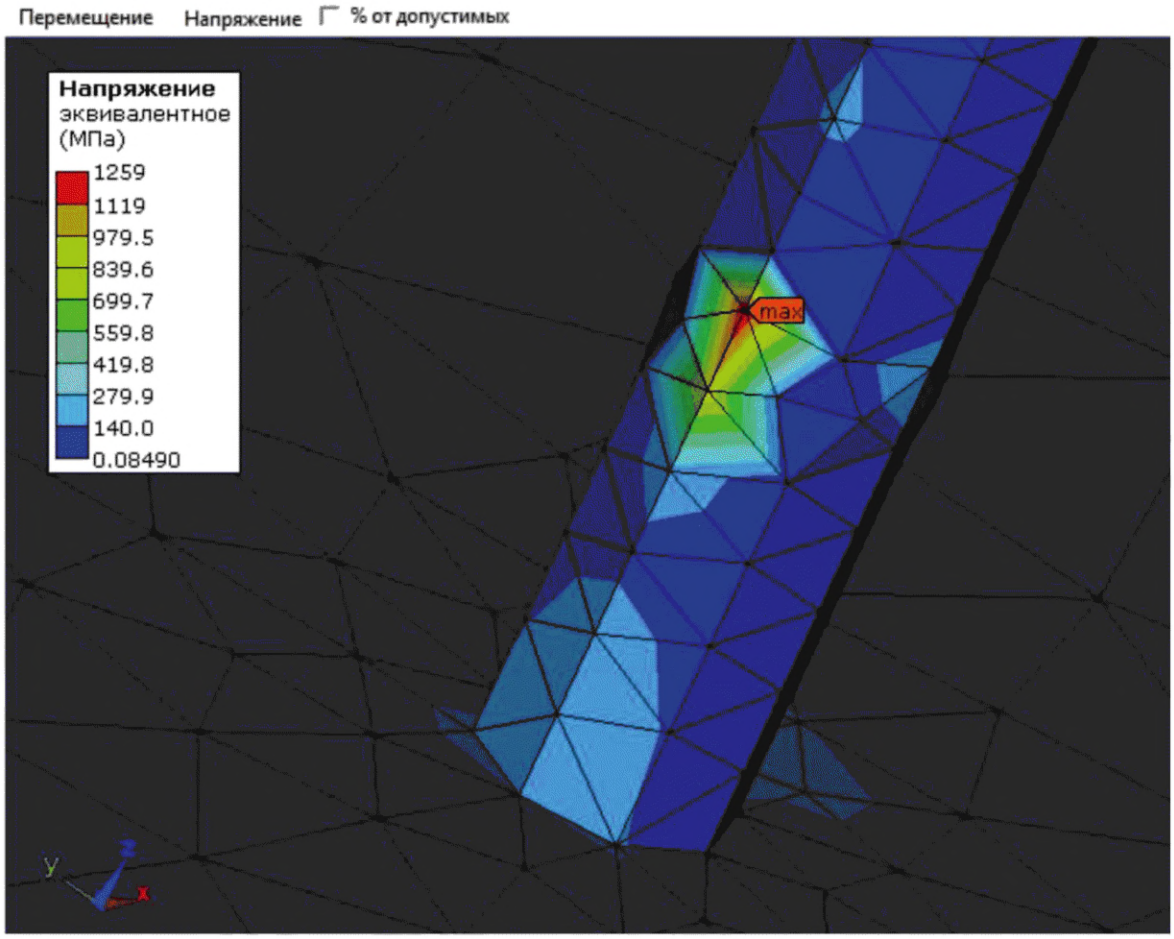

Рисунок А.6 — Эквивалентные механические напряжения во всех точках конструкции блока ЭА

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, статические нагрузки, 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. 1,86. Уч.-изд. л. 1,58.

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