

К. т. н. А. С. КОНДРАШОВ, к. т. н. В. И. ШЕЛЕСТ

Россия, г. С.-Петербург, Центр прикладной математики и механики СПбО РАН  
E-mail: ask\_mail@kengu.ru

Дата поступления в редакцию  
10.12 2002 г.

Оппонент д. т. н. В. Д. ЧЕРНЕНКО  
(ГТУ, г. С.-Петербург)

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ МЕХАНИКО-ПРОЧНОСТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗОВЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РЭС

*Предлагается общесистемный концептуальный алгоритм механико-прочностного проектирования унифицированной системы БНК радиоэлектронных средств различного назначения.*

Внешние механические воздействия на радиоэлектронные средства (РЭС) специального, профессионального и бытового назначения определяются областью применения и условиями эксплуатации РЭС. За последние 10—15 лет параметры механических воздействий существенно повысились практически для всех классов и групп эксплуатации РЭС, что нашло свое отражение в переиздании и коррекции государственных стандартов ГОСТ РВ 20.39.304—98 и ГОСТ 11478—88.

Механические воздействия, наиболее опасными из которых являются линейные перегрузки, вибрации и удары, ухудшают надежность и стабильность работы РЭС, которые в настоящее время, как правило, komponуются на основе базовых несущих конструкций (БНК) (см. **рис. 1**). Однако для многих отраслей промышленности была и остается актуальной научно-техническая проблема создания унифицированной сис-

темы БНК, которая позволяла бы на основе единого комплекса базовых несущих элементов и модулей проектировать и внедрять качественные и надежные конструкции РЭС различного схемотехнического, технологического и эксплуатационного назначения.

Следует отметить, что эффективной унифицированной системы многоуровневых БНК, обладающих оптимальными параметрами и структурой, а также пригодных для создания перспективных РЭС различного назначения, практически пока не создано [1, 2]. При этом в работах известных отечественных и зарубежных специалистов в области механико-прочностного проектирования подчеркиваются следующие характерные для рассматриваемой проблемы факты [3—9]:

— первые публикации результатов общих исследований вопросов синтеза несущих конструкций по динамическим нагрузкам появились только в 1977 году;

— алгоритмы и машинные программы структурного и параметрического синтеза несущих конструкций (в основном, строительных) по критериям качества, характеризующим площадь сечения элементов конструкции, и при ограничениях по прочности и устойчивости появились в начале 1980-х годов;

— механико-прочностное оптимальное проектирование БНК РЭС как сложных иерархических систем

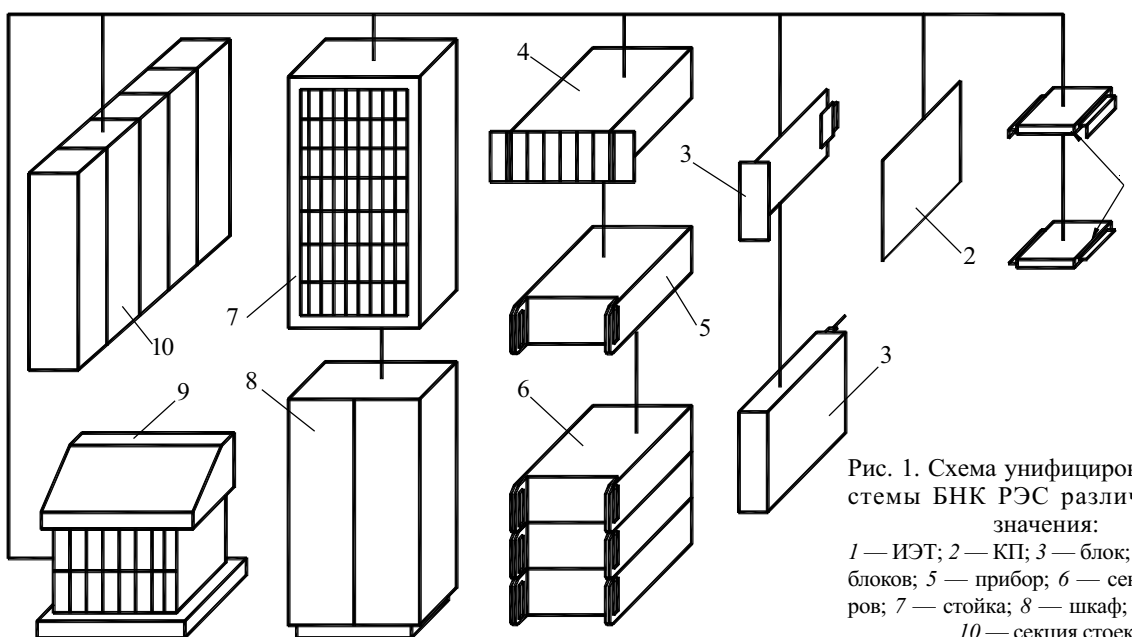


Рис. 1. Схема унифицированной системы БНК РЭС различного назначения:

1 — ИЭТ; 2 — КП; 3 — блок; 4 — секция блоков; 5 — прибор; 6 — секция приборов; 7 — стойка; 8 — шкаф; 9 — пульт; 10 — секция стоек

обладает чрезвычайной сложностью по сравнению с аналогичным проектированием технических объектов, отличающихся квазиоднородными структурами и параметрами.

Актуальность и необходимость решения проблемы механико-прочностного проектирования при создании перспективной унифицированной системы БНК для РЭС различного назначения подтверждается проведением ряда целевых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рамках «Межотраслевой программы унификации, стандартизации и развития БНК РЭС на 2000—2005 годы» и программы Межгосударственного технического комитета (МТК 20) «Базовые несущие конструкции, печатные платы, сборка и монтаж электронных модулей».

В настоящей статье предлагается общесистемный концептуальный алгоритм механико-прочностного проектирования унифицированной системы БНК различного назначения (см. **рис. 2**).

В блоке 1 осуществляется формирование исходной информации, которая содержит следующие основные данные:

— типы ИЭТ (изделий электронной техники) —

$\Omega = \{\omega_j, j \in [1, J]\}$  и их массогабаритные и прочностные параметры, которые, как правило, определяются техническими условиями для ИЭТ  $j$ -го типа, размещаемых на коммутационных платах (КП) БНК;

— геометрические размеры, прочностные параметры механических соединений, материалов, массу несущих элементов и структурных модулей БНК, которые устанавливаются отечественными и международными стандартами, синтезированной конструктивной структурной схемой построения БНК, а также рассчитываются на этапе структурно-параметрического синтеза конструктивных элементов и модулей перспективных БНК как сложных систем;

— законы изменения и параметры внешних механических воздействий в виде *линейных ускорений* (закон изменения линейного ускорения во времени, как правило, ступенчатый; такие параметры как действия ускорения или перегрузка), *вибраций* (закон изменения вибраций, как правило, гармонический, который сравнительно редко встречается в реальных условиях, но широко используется при механико-прочностных расчетах и при лабораторных испытаниях; такие параметры как амплитуда колебаний, их частота и величина ускорения) и *ударов* (закон изменения ударного импульса может быть прямоугольным, треугольным или полусинусоидальным; такие параметры как амплитуда, длительность и число ударных импульсов);

— крепежные и несущие элементы конструктивных модулей проектируемых БНК, через которые от модуля к модулю передаются механические воздействия, а также координаты точек приложения этих воздействий.

В блоке 2 производится выбор определенного вида внешнего механического воздействия из общего числа видов, устанавливаемых техническим заданием (ТЗ) на проектирование БНК РЭС.

Блок 3 предназначен для выбора способа или подсистемы защиты от механических воздействий для

каждого ИЭТ  $j$ -го типа и модуля структурной иерархии БНК из общего числа практически целесообразных способов и элементов упрочнения конструкции, которые определяются разработчиком в зависимости от конкретных условий эксплуатации РЭС, компонентов на основе БНК. При этом сначала выбирается способ защиты, который не влияет на изменение типоразмеров КП и модулей БНК различного уровня конструктивной иерархии. Затем, если не обеспечивается защита от внешних механических воздействий, происходит выбор способа, применение которого влечет за собой изменение типоразмеров КП и структурных модулей БНК. Следует подчеркнуть, что в результате механико-прочностного проектирования в зависимости от заданной совокупности внешних механических воздействий выбираются наиболее эффективные способы (подсистемы) защиты ИЭТ, КП и модулей всех уровней структурной иерархии унифицированной системы БНК.

В блоке 4 осуществляется формирование алгоритмов механико-прочностного моделирования и выбор комплекса программ, которые необходимы для расчета на прочность и (или) устойчивость модулей и системы БНК в целом при заданной совокупности внешних механических воздействий.

Блоки 5, 6 предназначены для проведения прочностных расчетов с учетом процедур, реализуемых в блоке 4, и анализа результатов расчетов с оценкой их соответствия заданным механико-прочностным критериям. При этом, как правило, на основе анализа всей совокупности внешних механических воздействий разработчиком задается множество критериев по оценке прочности и (или) устойчивости ИЭТ  $j$ -го типа, конструктивных модулей и системы БНК. Например, задаются допустимые значения прогиба подложки (корпуса) ИЭТ; допустимые значения несочленения электросоединителей, устанавливаемых на КП и в структурных модулях БНК; допустимые значения перемещений, механических напряжений и запасов прочности для несущих элементов и структурных модулей различного уровня иерархии БНК.

В блоках 7, 8 производится проверка возможности применения другого способа (набора элементов подсистемы обеспечения механической прочности) защиты от внешних механических воздействий без изменения и с изменением типоразмеров КП и модулей различных структурных уровней иерархии БНК.

В блоке 9 реализуются процедуры проверки соответствия проведенных механико-прочностных расчетов всем видам механических воздействий из заданной совокупности.

Блок 10 предназначен для вывода результатов механико-прочностных расчетов, а также результатов анализа выполнения заданных критериев прочности (устойчивости).

В заключение необходимо отметить, что автоматизация процессов механико-прочностного проектирования унифицированной системы БНК перспективных РЭС различного назначения осуществляется с применением диалогового и пакетного режимов работы, а также с использованием существующих и специально разработанных математических

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ. КОНСТРУИРОВАНИЕ

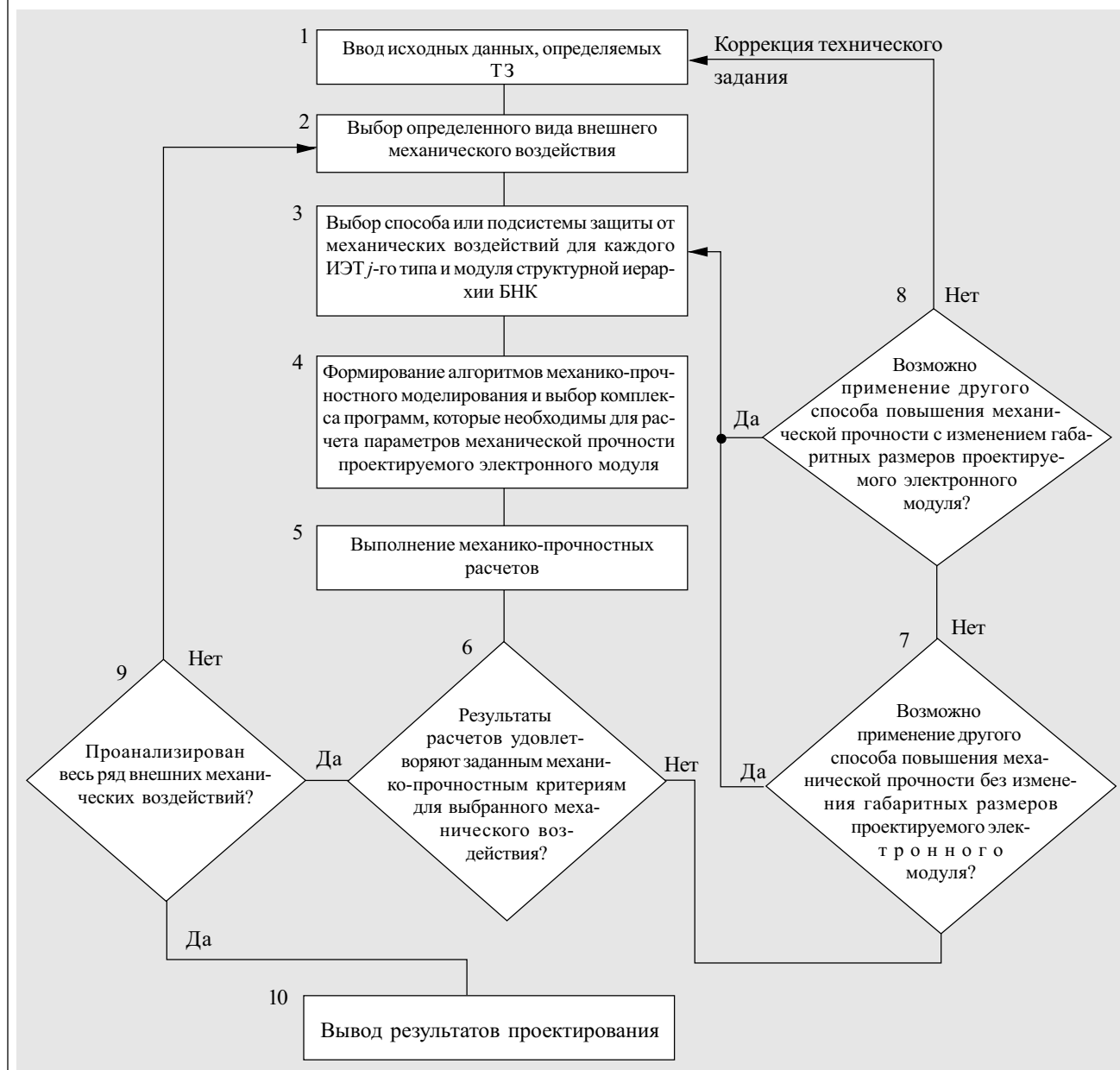


Рис. 2. Общесистемный алгоритм механико-прочностного проектирования перспективных БНК

моделей, алгоритмов и программных средств, обеспечивающих формирование необходимых баз данных и структур для всех функциональных подсистем проектирования.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Максимов А. В. Системный подход к проектированию базовых несущих конструкций радиоэлектронных средств.— СПб.: ГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1999.
2. Голубев А. В. Параметрический синтез многоуровневых конструкций радиоэлектронных средств.— Там же, 1998.
3. Маквцов Е. Н. Цифровое моделирование вибраций в радиоконструкциях.— М.: Сов. радио, 1976.
4. Карпушин В. Б. Виброшумы радиоаппаратуры.— М.: Сов. радио, 1977.
5. Токарев М. В., Талицкий Е. Н., Фролов В. А. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры.— М.: Наука, 1984.
6. Свердлин М. Я. Расчет сейсмостойкости АПОИ при испытаниях одиночным ударом // Средства связи.— 1985.— Вып. 2.— С. 62—64.
7. Баничук Н. В. Введение в оптимизацию конструкций.— М.: Наука, 1986.
8. Хог Э., Чой К., Комков В. Анализ чувствительности при проектировании конструкций.— М.: Мир, 1988.
9. Лутченков Л. С. Автоматизированное проектирование несущих конструкций радиоэлектронных средств.— М.: Радио и связь, 1991.