

Д. т. н. А. А. ЕФИМЕНКО, А. П. КАРЛАНГАЧ

Украина, Одесский национальный политехнический университет

E-mail: sasha7725@i.ua

АНАЛИЗ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ 19-ДЮЙМОВОЙ И МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Проведено исследование и анализ различных показателей качества несущих конструкций двух конструктивных систем для определения их характеристик и сравнения между собой, а также прогнозирования перспектив их дальнейшего использования.

Ключевые слова: несущие конструкции, показатели качества, 19-дюймовая конструктивная система, метрическая конструктивная система, механические структуры для электронного оборудования.

Разработка и выпуск электронной аппаратуры (**ЭА**) в условиях конкуренции и быстрой сменяемости ее поколений требует от разработчиков внедрения современных достижений науки и техники в различных их областях. Среди прочих составляющих ЭА несущие конструкции (по международной терминологии — механические структуры) занимают ключевые позиции, т. к. многие показатели ЭА, в том числе и экономические, зависят от используемых в них несущих конструкций (**НК**). В условиях глобализации мировой экономики и широкого развития стандартизации перед разработчиками в большинстве случаев ставится задача не разработки новых НК, а выбора оптимальных стандартных НК, разрабатываемых и производимых специализированными предприятиями.

В настоящее время существуют две системы и, соответственно, две группы стандартов Международной электротехнической комиссии (**МЭК**), на основе которых разрабатываются НК: 19-дюймовая — соответствует группе публикаций МЭК 60297; метрическая — соответствует группе публикаций МЭК 60917. Первая существует более 40 лет и является в большей степени востребованной и используемой в мире. Метрическая система начала разрабатываться в 80-х годах прошлого столетия и предполагалась для замены 19-дюймовой. При разработке метрической системы была сохранена некоторая преемственность от 19-дюймового стандарта по принципам и структуре построения и, в то же время, были приняты перспективные решения, в первую очередь модульный принцип построения. Однако если судить по нынешней ситуации, на практике эта замена не произошла — метрический стандарт пока еще не получил достаточно широкого распространения, и фирмами-производителями НК выпускается со-

всем немного конструктивов, соответствующих этому стандарту.

Возникает вопрос — почему метрическая система не получила должного развития, хотя в ней заложены перспективные решения и, самое главное, удобная для использования в большинстве стран мира метрическая размерная система? Кроме этого, актуальным является и вопрос, на какое направление разработчикам ЭА нужно ориентироваться с точки зрения использования той или иной системы.

Анализ исследований и публикаций, посвященных этой проблеме, однозначного ответа не дает. В них в основном рассматривается возможность совместимости конструктивов этих двух систем [1].

Целью данной работы является исследование и анализ различных показателей качества несущих конструкций 19-дюймовой и метрической систем для определения их характеристик, сравнения и прогнозирования перспектив их дальнейшего использования.

Для сравнения двух указанных систем выбраны следующие показатели, которые позволяют провести количественную оценку и могут быть рассчитаны на основании данных, приведенных в стандартах на эти механические структуры:

- компоновочные характеристики конструктивных систем, зависящие от количества типовых размеров составных частей;
- компоновочные характеристики, которые выражаются коэффициентом заполнения электронными компонентами (**ЭК**) коммутационных (печатных) плат вставных модулей первого уровня;
- коэффициент заполнения объема кассет, модулей второго уровня, коммутационными платами (**КП**);

- коэффициент заполнения объема шкафов, модулей третьего уровня, коммутационными платами в составе кассет;
- коэффициент, равный количеству контактов выходных электрических соединителей, приходящихся на единицу площади КП.

Рассмотрим эти показатели.

1. По количеству типоразмеров составных частей метрическая система имеет гораздо больше компоновочных решений, чем 19-дюймовая — более 10^{16} вариантов компоновки в шкафах для метрической системы против 738 146 337 вариантов для 19-дюймовой [2].

2. Для расчета коэффициента заполнения коммутационных плат электронными компонентами использованы следующие типоразмеры КП [3, 4]:

- для 19-дюймовой системы:
 - а) высота: 100; 233,35; 366,7; 500,05 мм;
 - б) глубина: 100; 160; 220; 280 мм;
- для метрической системы:
 - а) высота: 115; 265; 415; 565 мм;
 - б) глубина: 110; 160; 235; 285 мм.

С помощью метода и реализующей его программы, приведенных в [5], рассчитаны коэффициенты заполнения K_3 КП всех шестнадцати типоразмеров для каждой размерной системы.

Зависимости значений K_3 от размеров КП представлены на **рис. 1**, где видно, что по коэффициенту заполнения КП электронными компонентами ни метрическая, ни 19-дюймовая система не имеет явных преимуществ.

3. Коэффициент заполнения кассет коммутационными платами рассчитывается по формуле

$$K_{3K} = \Sigma S_{\text{КП}} / V_K, \quad (1)$$

где $\Sigma S_{\text{КП}}$ — суммарная площадь размещаемых КП;
 V_K — объем кассеты.

Размеры КП и кассет для расчета K_{3K} взяты из таблиц, приведенных в стандартах МЭК 60297 и МЭК 60917 [3, 4]. Типоразмеры коммутационных плат метрической системы — такие же, как и в предыдущем случае. Типоразмеры КП 19-дюймовой системы по глубине также взяты те же, что в предыдущем случае, а по высоте этот ряд расширен до десяти (см. **таблицу**).

Размеры кассет выбирались для каждого типоразмера КП из соображений максимального заполнения их объема.

При расчетах предполагалось, что вся монтажная зона заполнена КП с минимально воз-

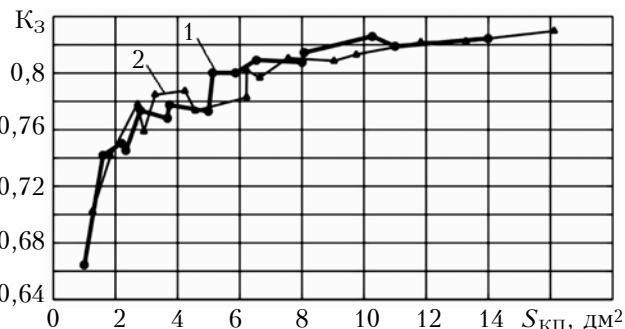


Рис. 1. Зависимость коэффициента заполнения КП электронными компонентами от их площади $S_{\text{КП}}$ для 19-дюймовой (1) и для метрической (2) систем

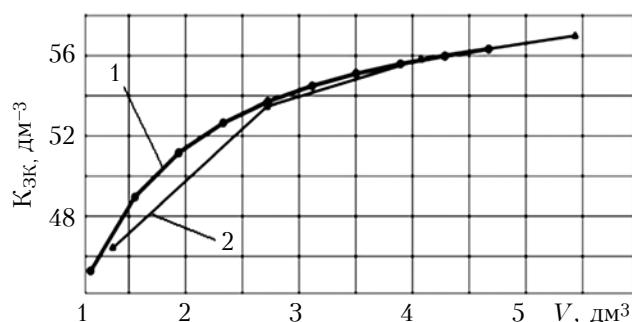


Рис. 2. Зависимость коэффициента заполнения кассет коммутационными платами от их объема для 19-дюймовой (1) и для метрической (2) систем

можным шагом. С учетом ширины электрического соединителя возможна установка 28 коммутационных плат как для одной, так и для другой системы.

Графики зависимости коэффициента заполнения K_{3K} от объема для кассет V_K рассматриваемых систем представлены на **рис. 2**. Здесь видно, что K_{3K} 19-дюймовой системы немного больше, чем метрической для всех значений V_K . При этом следует отметить, что максимальный коэффициент заполнения позволяет получить метрическая система, благодаря наличию такого типоразмера, который отсутствует в 19-дюймовой. Средние значения коэффициента заполнения объема конструктива коммутационными платами имеют следующие значения:

- для 19-дюймовой системы $K_{3K}=0,0529$;
- для метрической системы $K_{3K}=0,0532$.

4. Коэффициент заполнения шкафов объемом V_{III} коммутационными платами вычисляется по формуле, аналогичной предыдущей:

$$K_{3\text{III}} = \Sigma S_{\text{КП}} / V_{\text{III}}. \quad (2)$$

Высота коммутационных плат

Количество U^*	$3U$	$4U$	$5U$	$6U$	$7U$	$8U$	$9U$	$10U$	$11U$	$12U$
Высота КП, мм	100	144,45	188,9	233,35	277,8	322,25	366,7	411,15	455,6	500,05

* U — дискретность размера оборудования по высоте ($U=44,45$ мм)

Размеры шкафов, для которых проводились расчеты, для обеих систем были следующими:

- глубина 300 мм, ширина 550 мм [6, 7];
- высота 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200 мм.

Использовалась комбинация следующих типоразмеров [6, 7]:

- для 19-дюймовой системы:
 - а) по глубине КП: 100, 160, 220 мм;
 - б) по высоте КП и кассет: 3U, 6U, 9U;
- для метрической системы:
 - а) по глубине КП: 110, 160, 235 мм;
 - б) по высоте КП и кассет: 6SU, 12SU, 18SU (SU — монтажный шаг, равный 25 мм).

Приведенные размеры являются частью множества имеющихся в стандартах размеров. Для корректности процедуры сравнения значений показателей они выбраны близкими по величине для обеих систем. Такое ограничение, не приводя к существенному искажению результатов анализа, значительно уменьшает объем вычислений, что немаловажно ввиду очень большого количества типоразмеров конструктивов и всевозможных вариантов компоновки шкафов кассетами и кассет печатными платами.

По результатам расчетов были построены приведенные на **рис. 3** графики зависимости коэффициента заполнения объема шкафов коммутационными платами от высоты шкафов $H_{ШК}$, которая при постоянных значениях ширины и глубины шкафов отражает изменение их объема. Значение коэффициента $K_{ЗШ}$ для каждого типоразмера шкафа по высоте определено как среднеарифметическое значений этих коэффициентов, полученных для различных комбинаций их компоновки кассетами различных типоразмеров по высоте.

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод, что по коэффициенту заполнения объема шкафов коммутационными платами ни 19-дюймовая, ни метрическая система не имеет явных преимуществ для большинства типоразмеров по высоте.

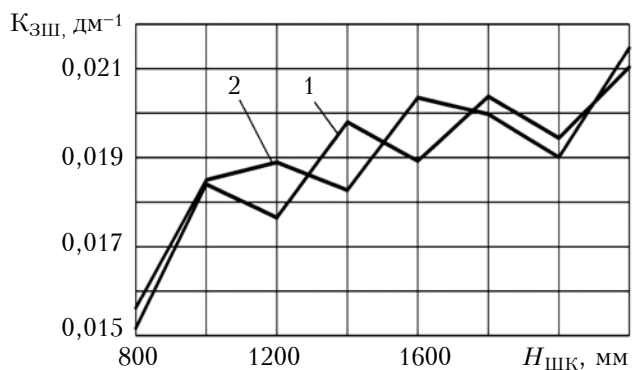


Рис. 3. Зависимость коэффициента заполнения объема шкафов коммутационными платами от их высоты для 19-дюймовой (1) и для метрической (2) систем

5. Для расчета коэффициента плотности контактов выходных электрических соединителей была использована следующая формула:

$$K_{КК} = N / S_{КП}, \quad (3)$$

где N — общее количество контактов электрических соединителей, монтируемых на КП.

Типоразмеры КП для расчета коэффициента $K_{КК}$ приведены в п. 2 и взяты из [3, 4].

Предполагалось, что на КП определенной высоты можно установить наибольший по высоте, с максимальным количеством контактов, один или несколько электрических соединителей в зависимости от высоты КП [8, 9].

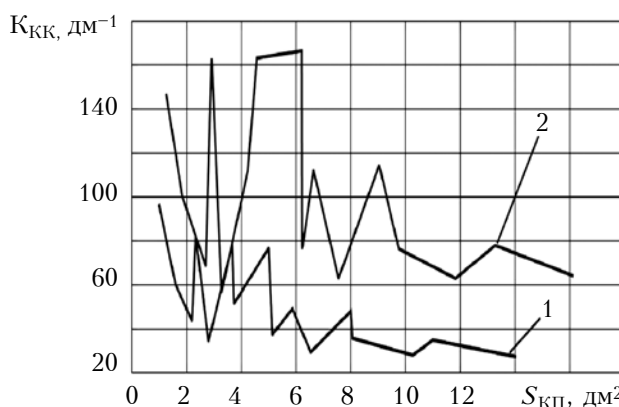


Рис. 4. Зависимость коэффициента плотности контактов от размеров КП для 19-дюймовой (1) и для метрической (2) систем

Анализ приведенных на **рис. 4** зависимостей показал, что плотность контактов выходных электрических соединителей для метрической системы гораздо больше, чем для 19-дюймовой, что, несомненно, является ее серьезным преимуществом.

Выводы

Из полученных результатов видно, что абсолютного преимущества по рассмотренным показателям не имеет ни 19-дюймовая система, ни метрическая. По коэффициентам заполнения коммутационных плат электронными компонентами, заполнения объема кассет коммутационными платами и заполнения объема шкафов коммутационными платами эти системы мало отличаются между собой. По количеству типоразмеров составных частей, т. е. вариантов компоновки плат в шкафах, метрическая система имеет существенные преимущества, однако этот показатель не является определяющим при выборе конструкционной системы. И только по коэффициенту плотности контактов выходных электрических соединителей метрическая система имеет реальные преимущества. Однако тут следует иметь в виду, что в настоящее время разработчиками предпринимаются определенные меры

для совершенствования 19-дюймовой конструкционной системы. Так, созданы новые электрические соединители с шагом 2 мм, большим количеством рядов и, соответственно, значительно увеличенным количеством контактов [10] по сравнению с электрическими соединителями [8, 9] для использования в условиях магистрально-модульного метода конструирования (стандарты VME, CPIC и др.). Этим можно, в определенной степени, объяснить тот факт, что 19-дюймовая система находит более широкое применение, чем метрическая, и продолжает развиваться.

По другим показателям, по которым трудно дать количественную оценку, преимущество на стороне метрической системы, которая более удобна, например, при использовании модульного принципа конструирования, заключающегося в установлении взаимосвязи между координирующими размерами и базисным, кратными и монтажными шагами.

В то же время, по степени технической подготовленности производства и адаптации к предыдущим разработкам 19-дюймовая система вне конкуренции, что на сегодняшний день является определяющим при выборе конструкционной системы разработчиками электронного оборудования. В свою очередь, это не стимулирует производителей механических структур к расширению номенклатуры своей продукции, соответствующей стандартам метрической размерной системы.

На основании проведенного анализа можно и на ближайший период прогнозировать приоритетное использование 19-дюймовой размерной системы для механических структур электронного оборудования.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. IEC 60297-3-106. Mechanical structures for electronic equipment. Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series. Part 3-106: Adaptation dimensions for subracks and chassis applicable with metric cabinets or racks in accordance with IEC 60917-2-1.

2. Анисимов О. Ю., Токаренко Л. Д. Оценка компоновочных характеристик конструкционных систем электронного оборудования // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 1997. — № 1. — С. 15—19.

3. ГОСТ Р МЭК 60297-3-101-2006. Конструкции несущие базовые радиоэлектронных средств. Блочные каркасы и связанные с ними вставные блоки. Размеры конструкций серии 482,6 мм (19 дюймов).

4. ГОСТ Р МЭК 60917-2-2-2013. Модульный принцип построения механических конструкций для радиоэлектронных средств. Часть 2. Секционный стандарт. Координационные размеры интерфейса для несущих конструкций с шагом 25 мм. Раздел 2. Детальный стандарт. Размеры блочных каркасов, шасси, объединительных плат, передних панелей и вставных блоков

5. Ефименко А. А., Карлангач А. П., Лазарев С. Н. Поиск оптимальных размеров печатных плат для перспективных стандартных несущих конструкций электронных средств // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2014. — № 5—6. — С. 3—9.

6. IEC 60297-3-100:2008. Mechanical structures for electronic equipment. Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series. Part 3-100: Basic dimensions of front panels, subracks, chassis, racks and cabinets.

7. ГОСТ Р МЭК 60917-1-2011 Модульный принцип построения базовых несущих конструкций для электронного оборудования. Часть 1. Общий стандарт.

8. IEC 60603-2:1995. Connectors for frequencies below 3 MHz for use with printed boards. Part 2: Detail specification for two-part connectors with assessed quality, for printed boards, for basic grid of 2,54 mm (0,1 in) with common mounting features.

9. IEC 61076-4-100:2001. Connectors for electronic equipment. Part 4-100. Printed board connectors with assessed quality. Detail specification for two-part connector modules having a grid of 2,5 mm for printed boards and backplanes.

10. IEC 61076-4-101:2001. Connectors for electronic equipment. Part 4-101: Printed board connectors with assessed quality. Detail specification for two-part connector modules, having a basic grid of 2,0 mm for printed boards and backplanes in accordance with IEC 60917.

*Дата поступления рукописи
в редакцию 20.08 2015 г.*

А. А. ЄФІМЕНКО, О. П. КАРЛАНГАЧ

Україна, Одеський національний політехнічний університет
E-mail: sasha7725@i.ua

АНАЛІЗ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ 19-ДЮЙМОВОЇ ТА МЕТРИЧНОЇ СИСТЕМ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

Проведено дослідження і аналіз різних показників якості несучих конструкцій двох конструкційних систем для визначення їх характеристик та порівняння між собою, а також прогнозування перспектив їх подальшого використання.

Ключові слова: несучі конструкції, показники якості, 19-дюймова конструкційна система, метрична конструкційна система, механічні структури для електронного обладнання.

ANALYSIS OF 19-INCH AND METRIC MECHANICAL STRUCTURES FOR ELECTRONIC EQUIPMENT

The paper deals with the research and analysis of various quality indicators of the standard mechanical structures of two constructional systems in order to define and compare their characteristics, and to predict prospects for their use.

To compare these two systems we have selected parameters which make it possible to make a quantitative assessment and can be calculated on the basis of the data from standards for such mechanical structures.

Research has shown that, according to considered indicators, neither 19-inch system, nor the metric system has the absolute advantage. And only in the density ratio of contacts of output electrical connectors, the metric system has real advantages. Although, it should be noted, that certain measures are taken by the developers to improve the 19-inch constructional system. This may, to some extent, explain the fact that the 19-inch system is more widely used than the metric one, and continues to evolve and develop.

For other indicators, which are more difficult to be assessed quantitatively, the metric system is more preferable, because it is more convenient in unit design consisting in establishment of interrelation between the coordinating sizes and basic, multiple and mounting steps. At the same time, the 19-inch system has no rival in technical readiness of the industry and in adaptation to the previous designs. The latter is the defining factor for choosing a constructional system by developers of electronic equipment. This, in turn, does not stimulate producers of mechanical structures to extend their production range in accordance with the standards of the metric system.

On the basis of the analysis we can predict that in immediate future the 19-inch dimensional system will retain priority for the mechanical structures of electronic equipment. This project deals with the problem of determination of optimum sizes of printed circuit boards for standard mechanical structures for various electronic devices.

Keywords: standard mechanical structures, quality factor, 19-inch constructional system, metric constructional system, mechanical structures for electronic equipment.

REFERENCES

1. IEC 60297-3-106. Mechanical structures for electronic equipment — Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series — Part 3-106: Adaptation dimensions for subracks and chassis applicable with metric cabinets or racks in accordance with IEC 60917-2-1.
2. Anisimov O.Yu., Tokarenko L.D. *Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature*, 1997, no. 1, pp. 15-19. (Rus)
3. IEC 60297-3-101(2004) Mechanical structures for electronic equipment - Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series — Part 3-101: Subracks and associated plug-in units.
4. IEC 60917-2-2(1994). Modular order for the development of mechanical structures for electronic equipment practices — Part 2: Sectional specification; interface co-ordination dimensions for the 25 mm equipment practice; section 2: Detail specification; dimensions for subracks, chassis, backplanes, front panels and plug-in units.
5. Yefimenko A.A., Karlangach A.P., Lazarev S. N. *Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature*, 2014, no. 5-6, pp. 3-9. (Rus)
6. IEC 60297-3-100:2008. Mechanical structures for electronic equipment. Dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series. Part 3-100: Basic dimensions of front panels, subracks, chassis, racks and cabinets.
7. IEC 60917-1:1998. Modular order for the development of mechanical structures for electronic equipment practices. Part 1: Generic standard.
8. IEC 60603-2:1995, Connectors for frequencies below 3 MHz for use with printed boards — Part 2: Detail specification for two-part connectors with assessed quality, for printed boards, for basic grid of 2,54 mm (0,1 in) with common mounting features.
9. IEC 61076-4-100:2001. Connectors for electronic equipment. Part 4-100. Printed board connectors with assessed quality. Detail specification for two-part connector modules having a grid of 2,5 mm for printed boards and backplanes.
10. IEC 61076-4-101:2001. Connectors for electronic equipment. Part 4-101: Printed board connectors with assessed quality. Detail specification for two-part connector modules, having a basic grid of 2,0 mm for printed boards and backplanes in accordance with IEC 60917.