

---

---

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

---

---

УДК [681.2:674.61]:004.89  
DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-6-548-554

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТАРЫ ДЛЯ КОМПЛЕКСОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Е. А. СЕРКОВ

*ООО „Специальный технологический центр“, 195220, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: ifmo\_serkov@mail.ru*

Предметом работы является автоматизация проектирования тары (ящиков типа VI по ГОСТ 5959-80), целью — разработка методики автоматизированного проектирования тары. Для автоматизированного проектирования были использованы правила выбора конструкторских решений по ГОСТ 5959-80, функциональные возможности языка программирования VBA и инструменты параметрического моделирования SolidWorks 2013. Методика автоматизированного проектирования включает автоматическое определение параметров конструкции ящиков, передачу их в 3D-модель и конструкторскую документацию с помощью макроса VBA, автоматическое перестроение 3D-модели с помощью таблицы параметров, управляющего эскиза и уравнений, автоматизированное оформление сборочного чертежа на основе классификации типов ящиков и комплекта типовых шаблонов. В результате решена задача автоматизации проектирования, не реализованная в программных продуктах-аналогах. Достигнуто сокращение сроков оформления конструкторской документации по сравнению с ручными методами проектирования. Результаты разработки могут быть использованы в различных организациях после их адаптации к конкретным условиям.

**Ключевые слова:** *комплекс радиоэлектронной аппаратуры, тара, автоматизация, проектирование, SolidWorks, VBA*

Особенностью создания новых изделий и, в частности комплексов радиоэлектронной аппаратуры, является необходимость сокращать сроки проектирования. К технике военного назначения предъявляются дополнительные требования, например, в ряде случаев — обеспечение консервации, транспортирования и хранения аппаратуры. Это требование регламентируется рядом государственных стандартов на технику военного назначения. Так, для двух вариантов поставки комплекса радиоэлектронной аппаратуры, в разработке которого участвовал автор, спроектировано 23 ящика типа VI по ГОСТ 5959-80 (рис. 1), что потребовало разработки 115 форматов А4 текстовых документов (спецификаций и ведомостей покупных изделий, ВП) и 92 форматов А4 чертежей. Ряд мер для снижения трудоемкости проектирования тары и рациональной ее укладки при транспортировке закреплен в государственных и отраслевых стандартах. ГОСТ 22638-89, ОСТ 4Г 0.417.205-81, ОСТ4 Г0.417.202-77 регламентируют ряды типоразмеров ящиков для радиоэлектронной аппаратуры. Однако принятая на месте работы автора практика проектирования тары имеет свои особенности. Комплексы радиоэлектронной аппаратуры включают разнообразные по габаритам и массе изделия, группы которых упаковываются, как правило, в крупногабаритные ящики типа VI по ГОСТ 5959-80, а также иные виды тары, спроектированные по другим стандартам или принципам.

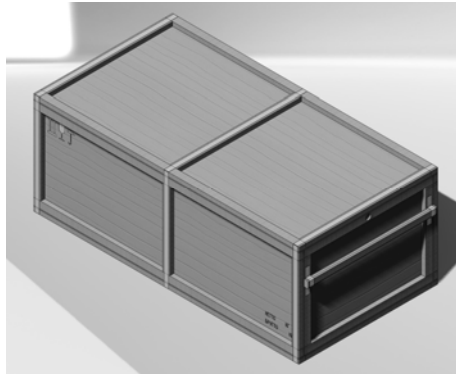


Рис. 1

Для решения задач автоматизированного проектирования тары (в частности, деревянной) на сегодняшний день существует ряд программных продуктов. Система проектирования ящичной тары инженерной компании Глосис [1] поддерживает автоматическую генерацию сборочного чертежа, спецификации и 3D-модели ящика, но не удовлетворяет требованиям решаемой задачи: проектирования ящиков типа VI по ГОСТ 5959-80. Другим программным продуктом для автоматизированного проектирования тары является параметрическая электронная модель, созданная в „студии разработки шаблонов“ SimensNX [2]. В ней выполняются автоматизированная генерация 3D-модели ящика, вставка стандартных изделий из библиотек. Однако эта система, предназначенная для проектирования деревянной тары для транспортировки панелей гражданского самолета, не отвечает в полной мере решаемой задаче: отсутствует возможность автоматизированного проектирования ящиков типа VI по ГОСТ 5959-80 с использованием параметров конструктивных элементов, автоматически выбираемых системой в зависимости от массы груза.

Таким образом, на сегодня не существует решений, в полной мере обеспечивающих автоматизацию проектирования деревянной тары с учетом конкретных условий. Необходимо решение следующих задач автоматизированного проектирования:

- 1) автоматический выбор сечения планок и толщины фанеры в зависимости от массы груза для ящиков типа VI по ГОСТ 5959-80;
- 2) автоматический расчет количества стандартных изделий и материалов для изготовления ВП;
- 3) автоматическое оформление спецификаций и ведомостей покупных изделий;
- 4) автоматические расчет и построение параметрической 3D-модели ящика в программе SolidWorks 2013;
- 5) автоматизированное оформление сборочного чертежа на основе использования комплекта типовых шаблонов.

Для решения указанных задач в среде разработки VBA написан макрос для SolidWorks 2013 SP5.0 (операционная система Windows 10 Pro, версия 1803) и создан комплект типовых шаблонов чертежей (рис. 2).

Ввод исходных данных в макрос `Box_designer` реализован с помощью форм `frm_Inp_start_data` (рис. 3), `frm_Inp_skeeds_parametres`, `frm_Inp_path`, `frm_Mk_doc`. Макрос `Box_designer` включает в себя ряд модулей. Модуль `bas_Start_box_designer` содержит процедуру запуска макроса. Модуль `bas_Checking` содержит процедуры проверки корректности вводимых пользователем исходных данных. Модуль `bas_Calculate_and_make_doc` содержит процедуры расчета конструктивных параметров ящика и записи результатов в выходные файлы. Ряд функций макроса (например, копирование шаблонов файлов SolidWorks 2013 с сохранением ассоциативных связей) вынесен в процедуры обработки событий форм. Макрос `Box_designer` взаимодействует со вспомогательными файлами `Start_data.txt` и `Actual_path_and_VP.txt`, служащих для загрузки в макрос, хранения и запоминания состояний элементов интерфейса.

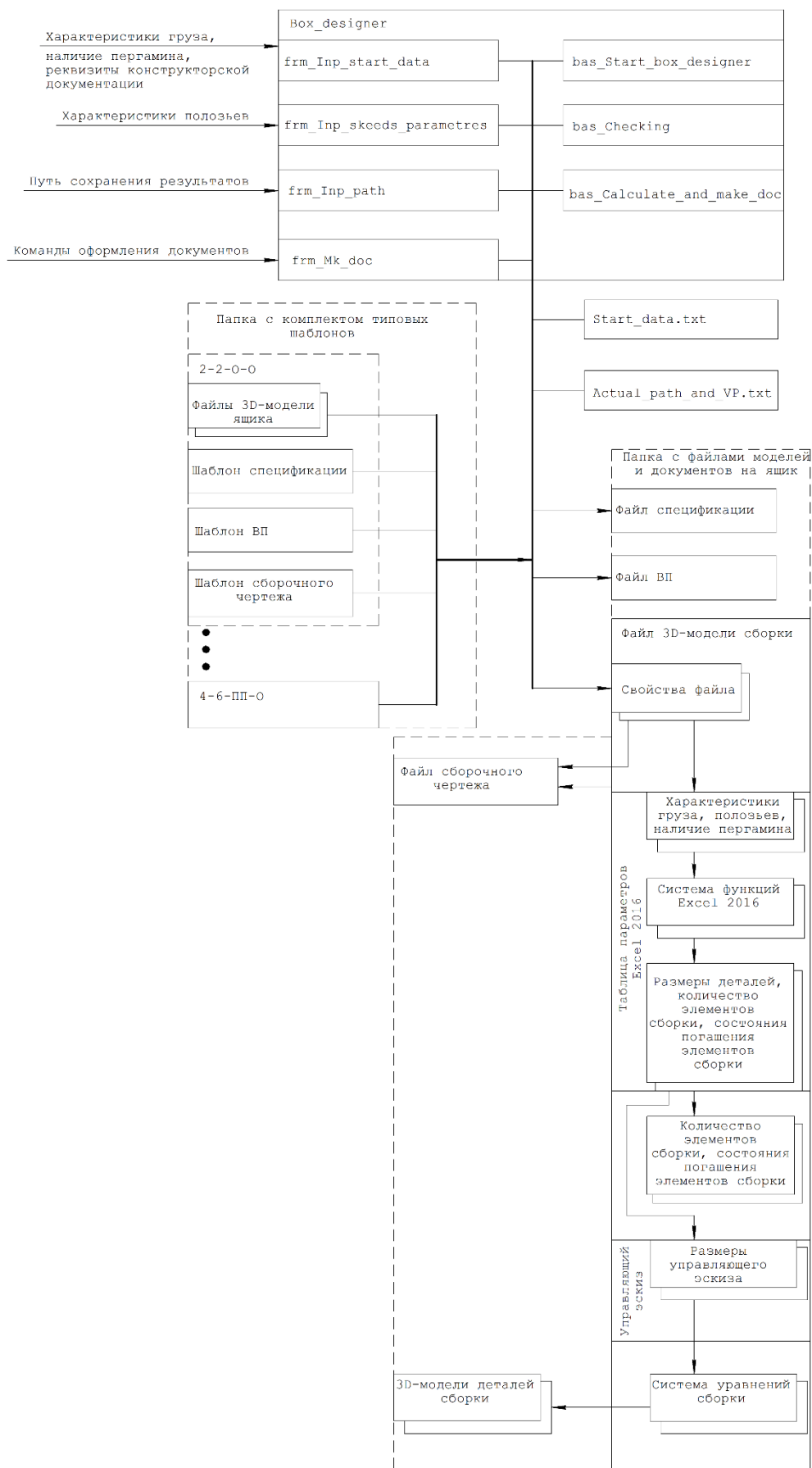


Рис. 2

Рис. 3

Автоматический выбор сечения планок и толщины фанеры для ящиков реализован в макросе на основании их соотношения с массой груза в ГОСТ 5959-80. При этом установлено, что ряд значений толщины фанеры, указанных в данном стандарте, не соответствует ГОСТ 3916.1-2018 на фанеру. Было принято решение округлять значения в сторону ближайших больших значений по ГОСТ 3916.1-2018.

Количество стандартных изделий и материалов для изготовления ящиков рассчитывается в макросе на основании требований к конструкции ящика в ГОСТ 5959-80 и ряда геометрических выкладок, описывающих модель ящика.

Геометрические размеры деталей ящика, стандартные изделия и материалы рассчитываются в макросе и сохраняются в нем в виде последовательности групп переменных. Каждая группа переменных соответствует своей позиции в спецификации. Автоматическое оформление спецификаций и ВП реализовано путем последовательной записи значений из групп переменных в ячейки документов в программе Excel 2016. Шаблон спецификации взят из программы SWR-Спецификация 2013, а шаблон ведомости покупных изделий — из программы Тексель 1.48 [3].

Обращение к файлам спецификации и ВП реализовано из одной процедуры макроса с помощью методов `Workbooks.Open`, `Range().Select` и `ActiveCell.FormulaR1C1` объектной модели Excel 2016. При обращении к ним из разных процедур возникала ошибка, связанная с отсутствием сборщиков мусора в языке программирования VBA. По этой же причине многократный запуск макроса возможен только из среды разработки VBA с обязательным выполнением команды „Стоп“ после каждого завершения работы макроса.

Для оформления сборочного чертежа используется автоматически перестраиваемая параметрическая 3D-модель. Следует отметить, что в ряде случаев при проектировании тары могут потребоваться прочностные расчеты деталей основания ящика [4]. ГОСТ 5959-80 лишь частично решает эту задачу, предлагая использовать промежуточные продольные планки под полозья при ширине ящика более 800 мм. В разрабатываемом программном продукте предполагается вручную указывать число полозьев и их расположение, если они должны быть установлены на основании ящика. С учетом специфики средств механизации погрузки на месте работы автора полозья сечением 100×100 мм используются в ящике при массе брутто более

100 кг в соответствии с требованиями ГОСТ В 9.001-72. При массе брутто до 20 кг или при наличии полозьев, в соответствии с ГОСТ В 9.001-72, в ящике не используются ручки. Также в качестве ограничения используются максимальные габариты груза не более 2500×1500 мм.

3D-модель сборки получает данные о габаритах и массе груза, количестве и расположении полозьев из макроса, который записывает их в свойства файла с помощью метода swCustProp.Add2 объектной модели SolidWorks 2013. Далее эти данные записываются в таблицу параметров Excel 2016, прикрепленную к файлу 3D-модели. В этой таблице размеры и число деталей ящика и материалов определяются автоматически с помощью функций Excel 2016. Результаты такого определения передаются либо непосредственно в модель, либо размеры задаются на управляющем эскизе модели. Размеры управляющего эскиза с помощью системы уравнений сборки (инструмент SolidWorks2013 Уравнения) связаны с размерами деталей ящика.

Отметим также, что при использовании функций Excel 2016 в таблице параметров возник ряд сложностей. По причине, которую при предварительном рассмотрении не удалось установить, повторное редактирование функций, управляющих состоянием погашения элементов, блокировалось. Попытка отключить такие функции Excel, как проверка корректности вводимых исходных данных и защита ячеек, ни к чему не привела. С этой сложностью удалось справиться путем копирования соседних ячеек с необходимыми формулами.

Для корректного управления состоянием погашения элементов сборки рекомендуется использовать в таблице параметров вместо команд „Реш“ и „Пог“ символы „0“ и „1“ соответственно.

Автоматизация оформления чертежей в библиотеке типовых шаблонов основана на перечислении возможных сочетаний деталей ящика. Для каждого сочетания деталей ящика используется своя схема нанесения размеров и простановки позиций.

Для описания сочетаний деталей ящика в макросе определяется код вида А-В-С-Д, где А — число вертикальных планок с торца ящика, В — число вертикальных планок сбоку ящика, С — код использования полозьев, Д — код использования ручек (С может принимать значения: О — полозья отсутствуют, П — полозья имеются, ПП — имеются полозья и промежуточные продольные планки под них; Д может принимать значения: О — ручки отсутствуют, Р — ручки имеются). В таблице указаны возможные сочетания деталей ящиков.

Число вертикальных планок с торца	Число вертикальных планок сбоку				
	2	3	4	5	6
2	О-Р, О-О	О-Р, О-О, П-О	О-Р, О-О, П-О	О-Р, О-О, П-О	О-Р, О-О, П-О
3	—	О-Р, О-О, П-О, ПП-О	О-Р, О-О, П-О, ПП-О	О-Р, О-О, П-О, ПП-О	О-Р, П-О, ПП-О
4	—	—	О-Р, ПП-О	О-Р, ПП-О	О-Р, ПП-О

В качестве примера на функциональной схеме программного продукта папки показаны типовыми шаблонами для ящиков типа 2-2-О-О и 4-6-ПП-О. Состав файлов, хранящихся в папках для ящиков любого типа, один и тот же.

В заключение отметим, что в статье рассмотрены особенности проектирования тары в условиях конкретного предприятия, а также сформулированы основные задачи автоматизированного проектирования. Для решения этих задач разработаны макрос и комплект типовых шаблонов. Результаты разработки позволяют автоматизировать проектирование для того типа задач, которые не решаются в программных продуктах-аналогах. По сравнению с результатами проектирования тары ручными методами, достигнуто сокращение сроков разработки комплектов конструкторской документации на ящик до 10—15 минут (без сохранения результатов в PDM или PLM системе). Однако при этом выявлен недостаток, не позволяющий в готовом виде использовать результаты разработки. В 3D-модели сборки ящика некорректно

задается взаимное расположение отверстий под пломбирование и металлических лент для усиления конструкции. Этот недостаток представляется устранимым путем переработки структуры 3D-модели сборки, структуры таблицы параметров Excel 2016 и системы функций, задаваемых в ней. Еще одним выявленным недостатком, который также представляется устранимым, является отступление от требований ГОСТ 5959-80 для одного из сочетаний конструктивных элементов: промежуточная продольная планка под полозья при ширине ящика более 800 мм должна быть выполнена в виде непрерывной балки, а не в виде балки с разрывами на поперечных планках.

Возможные направления дальнейшего проведения работ — изучение возможности полностью автоматического оформления чертежей с помощью макроса, переход на язык программирования со сборщиками мусора, автоматизация проектирования ящиков других типов, рассмотрение возможности автоматизации проектирования ящиков по иным государственным стандартам.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная компания Глосис [Электронный ресурс]: <<https://glosys.ru>> (дата обращения 29.01.2020).
2. Полянсков Ю. В., Павлов П. Ю., Блюменштейн А. А., Мешихин А. А. Автоматизированное проектирование тары для транспортировки панелей гражданского самолета // Изв. Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21, № 4.
3. Материалы для автоматизации рутинной работы инженера конструктора и не только [Электронный ресурс]: <<http://www.verzak.ru/progs.htm>> (дата обращения 29.01.2020).
4. Шмурнов И. К., Ганцовский И. Н. Деревянная ящичная тара. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 184 с.

#### Сведения об авторе

**Евгений Александрович Серков** — канд. техн. наук; ООО „Специальный технологический центр“, конструкторский отдел № 1; E-mail: ifmo\_serkov@mail.ru

Поступила в редакцию  
13.02.2020 г.

**Ссылка для цитирования:** Серков Е. А. Автоматизация проектирования деревянной тары для комплексов радиоэлектронной аппаратуры // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 6. С. 548—554.

### AUTOMATED DESIGN OF WOODEN CONTAINERS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT COMPLEXES

E. A. Serkov

Special Technology Center Ltd., 195220, St. Petersburg, Russia  
E-mail: ifmo\_serkov@mail.ru

Methods of automation of wooden containers design are analyzed. The issues of automated selection of design parameters of type VI boxes according to GOST 5959-80, automated transfer of design parameters to 3D model, and various design documents are considered. Features of building libraries for design using templates are described.

**Keywords:** electronic equipment complex, wooden container, automation, design, SolidWorks, VBA

### REFERENCES

1. <https://glosys.ru>. (in Russ.)
2. Polyanskov Yu.V., Pavlov P.Yu., Blyumenshteyn A.A., Meshikhin A.A. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2019, no. 4(21). (in Russ.)
3. <http://www.verzak.ru/progs.htm>. (in Russ.)
4. Shmurnov I.K., Gantsovskiy I.N. *Derevyannaya yashchichnaya tara* (Wooden Box Container), Moscow, 1982, 184 p. (in Russ.)

**Data on author**

**Evgeniy A. Serkov** — PhD; Special Technology Center Ltd., Design department №1; Design Engineer of the 1st Category; E-mail: ifmo\_serkov@mail.ru

**For citation:** Serkov E. A. Automated design of wooden containers for electronic equipment complexes. *Journal of Instrument Engineering*. 2020. Vol. 63, N 6. P. 548—554 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-6-548-554