

# ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОГРАММЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 629.7:004.925.8

## МОДУЛЬНОЕ ВАРИАНТНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

С.Л. Шамбина<sup>1</sup>, В.Г. Вирченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Инженерный факультет  
Российский университет дружбы народов  
*ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419*

<sup>2</sup>Национальный технический университет Украины «КПИ»  
*пр. Победы, 37, Киев, Украина, 03056*

В статье рассмотрены вопросы вариантного компьютерного геометрического моделирования сложных технических объектов, проанализированы перспективы его использования с учетом особенностей применения в конструкции композиционных материалов.

**Ключевые слова:** геометрическое моделирование, проектирование, сложные технические объекты, композиционные материалы.

Компьютерные информационные технологии, важным компонентом которых является автоматизированное геометрическое моделирование, играют ведущую роль в разработке сложной техники. Перспективным считается способ ее проектирования на основе интеграции проверенных опытом инженерных решений. Данный подход позволяет повышать эффективность всех стадий жизненного цикла продукции, обеспечивает высокое ее качество, сокращает затраты различных ресурсов.

В работе [1] приведена концепция формирования самолета как универсальной платформы для его пассажирских, транспортных, пожарных и других разновидностей. Известно, что проектные аэродинамические компоновки летательных аппаратов содержат десятки вариантов. Если же учесть и модели их прочности, конструкции, технологии и т.д., то реальное число исследуемых вариантов возрастает еще более существенно. Изложенные факты свидетельствуют о сложности и трудоемкости разработки технических изделий.

В связи с актуальностью научно-прикладных инженерных исследований, направленных на повышение эффективности проектирования сложных технических

объектов, необходимо разработать новые приемы их автоматизированного вариантного моделирования.

На примере проектирования узлов и отсеков самолета рассмотрим предлагаемый модульный метод компьютерного геометрического моделирования. На рис. 1 показаны исследуемые варианты конструкции лонжерона крыла, состав которого описывается множеством

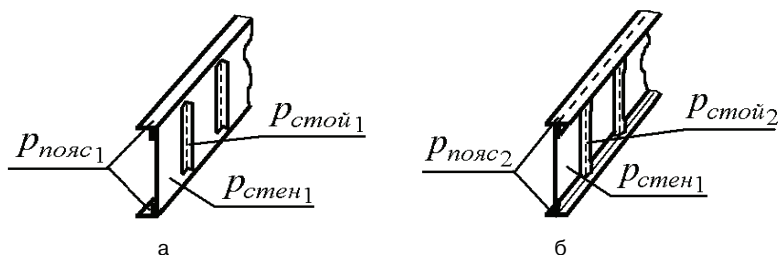
$$ЛН = (ЛН_i)_{i=1}^{N_{ЛН}}, \quad (1)$$

где  $N_{ЛН} = 3$  — число компонентов,  $ЛН_1$  — стенки,  $ЛН_2$  — стойки,  $ЛН_3$  — пояса.

При этом

$$\begin{aligned} ЛН_1 &= P_{стен} = (p_{стен_1}), \quad ЛН_2 = P_{стой} = (p_{стой_1}, p_{стой_2}), \\ ЛН_3 &= P_{пояс} = (p_{пояс_1}, p_{пояс_2}), \end{aligned} \quad (2)$$

где параметрические твердотельные геометрические модели соответственно:  $p_{стен_1}$  — стенки;  $p_{стой_1}, p_{стой_2}$  — стойки из уголка и тавра;  $p_{пояс_1}, p_{пояс_2}$  — пояса из уголка и тавра.



**Рис. 1.** Структурно-параметрические варианты лонжерона:

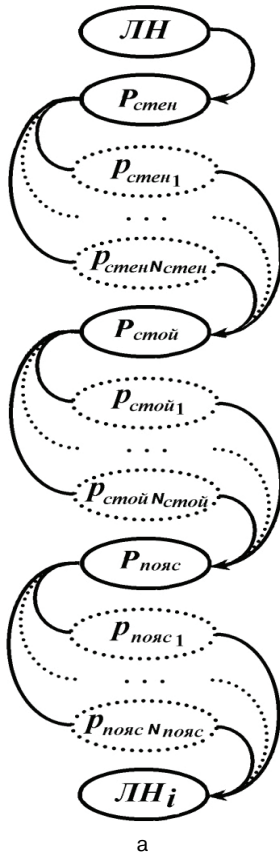
- а — с уголковыми стойками и поясами;
- б — с тавровыми стойками и поясами

Взаимодействие множеств (2) определяется показанной на рис. 2 структурно-параметрической геометрической моделью (СПГМ), где элементы  $л_{ij} = \{1; 0\}$  матрицы смежности обозначают возможность сочетания вариантов.

Операции компьютерного моделирования авиационной техники включают построение систем координат, теоретических поверхностей, следов конструктивно-силового набора, компоновку оборудования, разработку конструкции и т.д.

Повысить производительность их вариантного моделирования предлагается путем использования универсальных, специализированных и интегрированных геометрических модулей (ГМ). Основная идея заключается в выделении элементов, общих в структурно-параметрическом плане. Такой подход позволяет реализовать многообразные технические объекты с помощью ограниченного количества унифицированных ГМ.

Проиллюстрируем это на примере мидельной части фюзеляжа. Представленная на рис. За фигура может быть создана с помощью универсального ГМ формирования поверхностей по исходному каркасу линий. Указанный модуль пригоден для поверхностей гондол двигателей и др. Однако при моделировании крыла или оперения надо взаимодействовать со специальным ГМ построения аэродинамических профилей, из-за чего рационально иметь интегрированный ГМ, объединяющий два рассмотренные выше.



ЛН	Р_стен		Р_стой		Р_пояс	
	Р_стен_1	Р_стен	Р_стой_1	Р_стой_2	Р_пояс_1	Р_пояс_2
Р_стен	Р_стен_1	0	1	1	1	1
Р_стой	Р_стой_1	1	0	0	1	0
	Р_стой_2	1	0	0	0	1
Р_пояс	Р_пояс_1	1	1	0	0	0
	Р_пояс_2	1	0	1	0	0

б

Рис. 2. СПГМ лонжерона:

а — граф структуры; б — матрица смежности элементов

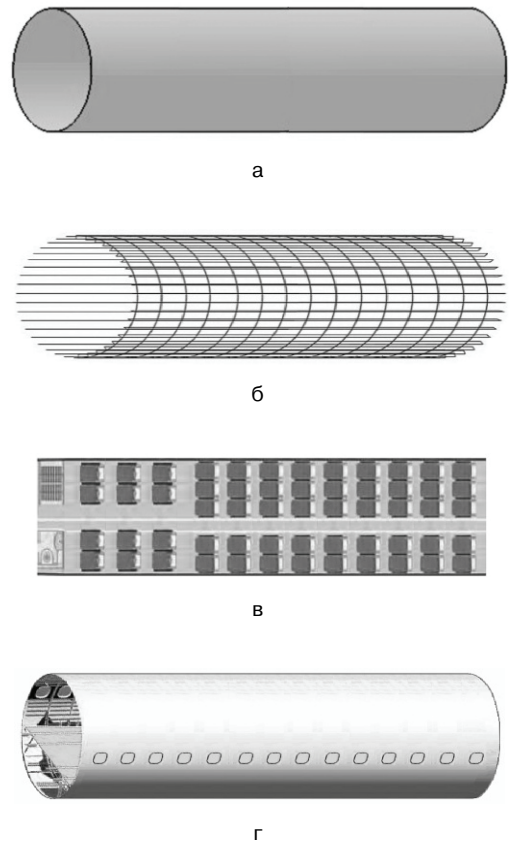


Рис. 3. Компьютерные модели проектных вариантов мидельной части фюзеляжа: а — теоретическая поверхность; б — базы конструктивно-силового набора; в — компоновка салона; г — конструкция

Универсальным является ГМ построения теоретических баз конструктивно-силового набора (рис. 3б), пригодный для формирования следов силовых элементов и других агрегатов планера. На рис. 3в и 3г показаны результаты применения ГМ компоновки и твердотельного конструирования.

Стратегическим направлением вариантного проектирования авиационной техники для обеспечения минимальной массы летательных аппаратов, при одновременной реализации их высокой прочности, жесткости, эксплуатационной надеж-

ности и т.д., является применение композиционных материалов. Эти материалы создаются на основе сочетания углеродных, стеклянных, борных или других волокон с полимерными, металлическими и прочими видами матриц (связующих). Важно, что формирование композитов, технология их изготовления и проектирование конструкции составляют единый процесс. Главное преимущество композиционных материалов состоит в возможности получения материала с заданными свойствами, необходимыми в определенной конструкции исходя из конкретных условий ее эксплуатации. Эта особенность реализуется благодаря большому многообразию волокон и матриц, применяемых в композитах, использованию различных схем армирования, что позволяет целенаправленно регулировать прочность, жесткость, массу и другие характеристики создаваемых технических объектов [2; 3]. Эта вариативность очень полезна при компьютерном моделировании [4].

Модульное компьютерное вариантное геометрическое моделирование весьма перспективно, но требует для своего практического внедрения проведения дальнейших научно-прикладных инженерных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Гермес Ю.Н., Гребеников А.Г., Гуменный А.М.* Концепция создания пассажирского самолета для местных воздушных линий // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. — Вып. 47. — Харьков: НАУ «ХАИ», 2010. — С. 20—33. [*Geremes Yu.N., Grebenikov A.G., Gumennyi A.M.* Kontsepciaia sozdaniia passazhirskogo samoleta dlia mestnykh vozdushnykh linii // Otkrytye informatcionnye i kompiuternye integrirovannye tekhnologii. — Vyp. 47. — Kharkov: NAU «KhAI», 2010. — S. 20—33.]
- [2] *Шамбина С.Л.* Анизотропные материалы и особенности расчета конструкций из них // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2005. — № 1. — С. 113—118. [*Shambina S.L.* Anizotropnye materialy i osobennosti rascheta konstrukcii iz nikh // Stroitelnaia mekhanika inzhenernykh konstrukcii i sooruzhenii. — 2005. — №1. — S. 113—118.]
- [3] *Шамбина С.Л.* Особенности проектирования и расчета элементов конструкций из прессованных стеклопластиков // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2008. — №1. — С. 34—38. [*Shambina S.L.* Osobennosti proektirovaniia i rascheta elementov konstrukcii iz pressovannykh stekloplastikov // Stroitelnaia mekhanika inzhenernykh konstrukcii i sooruzhenii. — 2008. — № 1. — С. 34—38.]
- [4] *Tong L., Lin J.* Structural topology optimization with implicit design variable-optimality and algorithm // Finite Elements in Analysis and Design. — August 2011. — Vol. 47. — Issue 8. — P. 922—932.

## MODULAR VARIANT GEOMETRIC MODELING OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS

S. Shambina<sup>1</sup>, V. Virchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engineering Faculty

Peoples' Friendship University of Russia

Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

<sup>2</sup>National Technical University of Ukraine "KPI"

Pobedy av., 37, Kiev, Ukraine, 03056

The paper deals with the variant computer-aided geometric modeling of complex technical objects and analyzed the prospects for its use for technical structures made of composite materials.

**Key words:** geometric modeling, design, complex technical objects, composite materials.