

УДК 674.011.2.001.2

В.И. Малыгин, П.В. Перфильев, М.П. Худяков

Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил в 1979 г. Университет Дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИИН РФ, проректор по научной работе Севмашвуза – филиала СПбГМТУ. Имеет более 100 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.



Перфильев Павел Валентинович родился в 1965 г., окончил в 1987 г. Севмашвуз – филиал СПбГМТУ, главный конструктор РОССМТК. Имеет более 10 научных работ в области систем автоматизированного проектирования.



Худяков Михаил Павлович родился в 1965 г., окончил в 1987 г. Севмашвуз – филиал СПбГМТУ, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и технических систем машиностроения Севмашвуза. Имеет около 20 научных работ в области технологии автоматизированного производства.



**ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
(на примере изделий мебельного производства)**

Отражен опыт применения в мебельном производстве технологии автоматизированного проектирования, основанной на параметризованных моделях изделий.

Автоматизированное проектирование, параметрическая модель.

Технология параметрического автоматизированного проектирования использует методы параметризации для быстрого проектирования изделий и технологических процессов их производства. Она сочетает эффективность промышленных методов проектирования и производства изделий индивидуального выпуска.

Изделие в рассматриваемой технологии понимается как совокупность *A* элементов конструкции, выполняющих определенные функции

(позиционирование, кинематика, передача нагрузок и т.д.). Целостная структура изделия, позволяющая выделять его из множества других изделий, обеспечивается связями S (размерные, функциональные и т.д.) и отношениями E (смежность, порядок, наследование и т.д.) между элементами. Элементы и изделие в целом характеризуются определенным набором характеристических свойств M (механические, эргономические и т.д.). Процесс проектирования изделия в общем виде есть некоторый набор операций (алгоритмические, комбинаторные и т.д.) над элементами, их связями и отношениями. Применяя терминологию теории множеств, можно представить всевозможные варианты проектируемых изделий определенного класса в виде системы $\{A, S, E, M, P\}$, которая при подстановке образует кортежи, отражающие конкретные изделия, входящие в класс. Такое описание изделия используют в различных системах автоматизированного проектирования, однако существуют методики его инфологического представления в структурах данных и знаний. Например, в работе [2] для единообразного представления связей, отношений, свойств и операций применяется аппарат теории полихроматических множеств и булевой алгебры. Авторы работы [1] для этих целей используют элементы классической теории множеств, реляционной алгебры и объектной методологии. Известны также и другие примеры: теория графов и табличных моделей, лингвистические модели и др.

В рассматриваемой технологии элементы A изделия представляются объектами, а остальные аспекты описания (связи, отношения, свойства и операции) – через параметры объектов. Состав элементов определяется функциями элементов и изделия в целом. Общее пространство параметров способствует единству и целостности модели. При этом связи и отношения между элементами характеризуют топологию модели. Операции обеспечивают синтез проектных решений. В совокупности они определяют свойства изделия. Важно, что операции применимы не только к элементам, но и к отношениям между ними. Благодаря этому реализуется параметрический синтез и алгоритмы базы знаний продукционного типа. Таким образом, единое пространство параметров образует операционную среду автоматизированного проектирования изделий.

Проиллюстрируем формализацию некоторых проектных процедур в технологии параметрического проектирования.

Пусть техническое задание на проектирование содержит некоторый набор функций F , реализуемый разрабатываемым изделием (комплект кухонной мебели), который должен обеспечивать следующее:

хранение определенного состава и объема продуктов питания в течение установленного периода времени;

хранение определенного количества и номенклатуры кухонной утвари во внутренних объемах и на внешней поверхности;

размещение определенного встроенного оборудования со своими эксплуатационно-функциональными характеристиками;

привязку к конкретному помещению и удобство доступа;

рабочее пространство определенного размера и конфигурации для приготовления пищи;

художественно-стилистическое единство и эстетическое восприятие.

Зададим кортеж $\{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\}$, формирующий структуру $A_i(F_j)$ функциональных элементов мебели и исходные параметры комплекта. Возможные конфигурации комплекта задаются матрицей соответствия между элементами $A_i(F_j)$, т. е. ее ненулевыми членами. Элементы кортежа задают размеры и размещение внутренних хранилищ; их общее исполнение и материал; 3D размеры и конфигурацию каркаса и внешних панелей комплекта, включая столешницу; типоразмеры составляющих комплект модулей; состав подвижных частей; фактуру и цветовую гамму наружных панелей и внутренней отделки. Формально задается соответствие $\{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\} \rightarrow A_i(F_j)$ между исходными параметрами и конструктивными элементами изделия. Так как аналогично задается соответствие $A_i(F_j) \rightarrow \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ между конструктивными элементами изделия и их параметрами, то в силу транзитивности соответствия имеем $\{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\} \rightarrow \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Точный набор конструктивных параметров, подлежащих определению на данном этапе, – это ненулевые элементы над главной диагональю матрицы соответствия. Левоугольные ненулевые элементы той же матрицы задают состав переменных, которые должны входить в алгоритм определения конкретного конструктивного параметра изделия.

Осуществляемый таким образом функциональный анализ гарантирует соответствие изделия требованиям заказчика. Для работы с иностранными заказчиками, например при комплектной поставке жилых модулей, эта процедура включается в перечень для сертификации продукции по показателю назначения в соответствии с рекомендациями ISO 9000.

Проводимый далее конструктивный анализ имеет целью максимальную унификацию составляющих изделие элементов и обеспечивает оптимальный уровень декомпозиции изделия. Он позволяет определить номен-

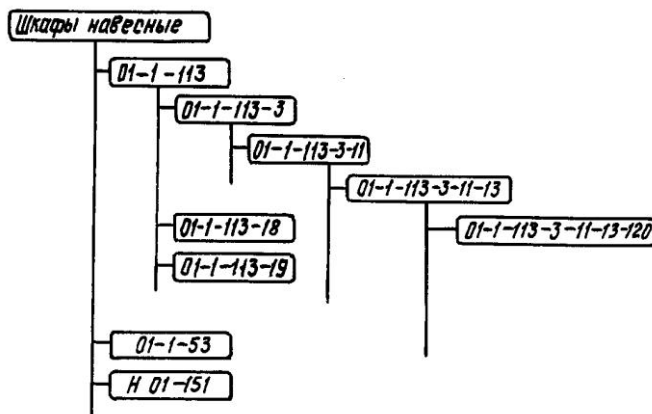


Рис. 1. Дерево иерархии параметрических моделей кухонной мебели

клатуру типовых элементов конструкции и разработать на них параметрические фрагменты, объединенные в библиотеки. При большом количестве элементов и развитой классификационной структуре целесообразно в параметры модели вводить соответствующие конструкторские коды, включающие наследуемые признаки вида, группы, исполнения и т. д. (рис. 1).

Технологический анализ призван обеспечить максимальную технологичность как отдельных конструктивных элементов, так и изделия в целом. Если функциональный и конструктивный анализ отражают нисходящее проектирование, то технологический анализ отражает восходящее проектирование технологических процессов изготовления изделия.

Для автоматизации процесса проектирования кухонной мебели был разработан на основе САД системы T_FLEX CAD 3D пакет параметрических моделей «Мебель-3D». Библиотека параметрических фрагментов включает 7 библиотек, каждая из которых объединяет в себе 3D модели однотипных деталей и сборочных единиц, используемых при проектировании мебели. Состав пакета представлен в таблице.

В основу построения фрагментов библиотеки положены следующие основные принципы:

– построение сборочных фрагментов на основе базовых моделей;

– взаимозаменяемость однотипных фрагментов;

– единый подход в идентификации элементов модели, предполагающий одинаковые имена переменных и систем координат привязки в моделях однотипных элементов.

Библиотека	Число фрагментов
Шкафы навесные	81
Шкафы нижние	25
Фасады	57
Полки	7
Стенки	21
Типовые детали	11
Столешницы	2

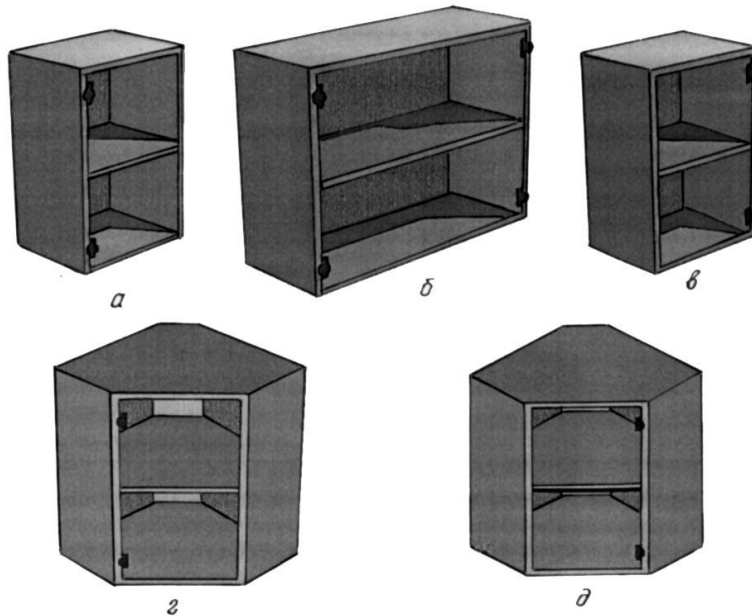


Рис. 2. Базовые модели навесных шкафов: *а, в* – однодверные; *б* – двухдверный; *г, д* – угловые; *а, г* – левые; *в, д* – правые

Эти принципы обеспечивают, с одной стороны, строгую упорядоченность моделей при минимуме базовых элементов, с другой – быструю и корректную модификацию модели в широком диапазоне типоразмеров и конструктивных исполнений.

Каждая из библиотек «Шкафы навесные» и «Шкафы нижние» построена на основе использования 5 базовых типов шкафов. На рис. 2 показаны базовые модели навесных шкафов. Различные исполнения шкафов получены в результате установки в модель соответствующих дверок (фасадов). Некоторые из вариантов шкафов представлены на рис. 3. Всего в библиотеке имеется 15 основных вариантов фасадом.

Модель базового шкафа строится, в свою очередь, из типовых деталей (рис. 4) – стенок, полок, горизонтальных щитов и др. Для различных исполнений шкафов могут

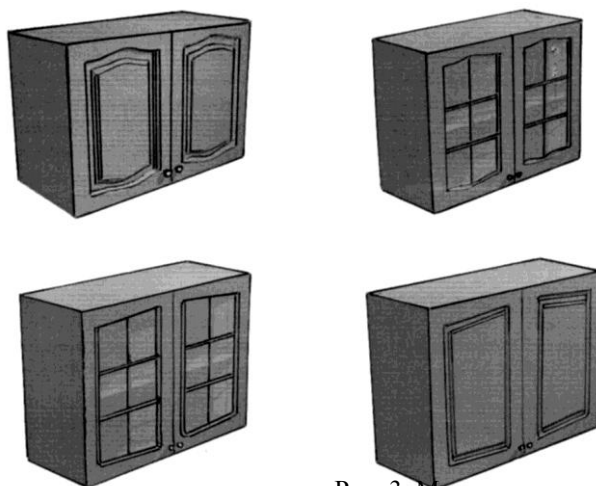
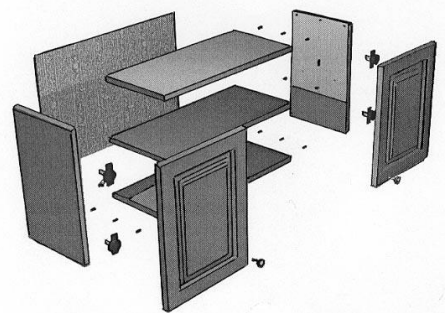


Рис. 3. Модели двухдверных навесных шкафов

Рис. 4. Схема сборки двухдверного навесного шкафа



быть использованы разные фрагменты, но каждый из однотипных фрагментов имеет идентичную систему координат привязки модели в сборке. Аналогично построены модели дверок, которые формируются из ограниченного набора типовых деталей: брусков вертикальных и горизонтальных, филенок и т. д.

Геометрические размеры шкафов задают через набор внешних переменных, что позволяет легко изменять габариты изделия при сборке. На рис. 5 приведен чертеж шкафа с обозначением внешних переменных. Аналогичный подход применен и для других фрагментов.

Для вставки фрагментов в сборку может быть использована одна из четырех систем координат (LCS-LT, LCS-LB, LCS-RT, LCS-RB). Для обеспечения возможности замены одного типа шкафа на другой имена систем координат для привязки всех фрагментов одинаковые (рис. 6). Каждая из систем координат имеет атрибуты «Использовать для привязки фрагмента» и «Внешняя». Направления координатных осей приняты совпадающими с базовой системой координат 3D модели.

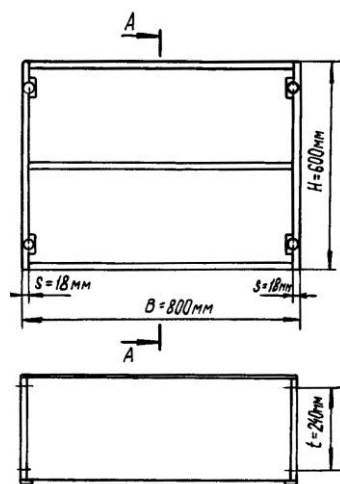


Рис. 5. Внешние переменные базовой модели шкафа

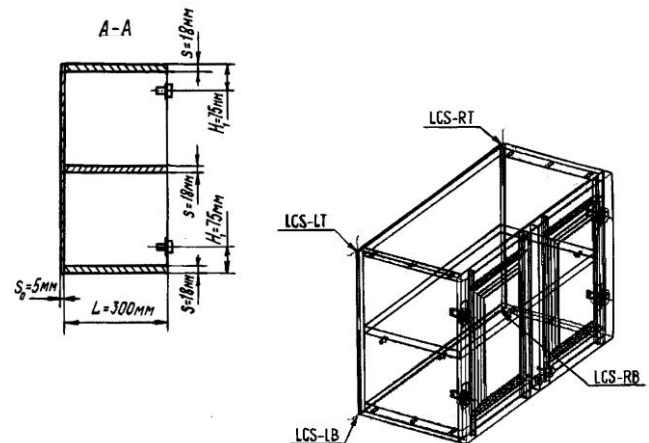


Рис. 6. Система координат модели шкафа

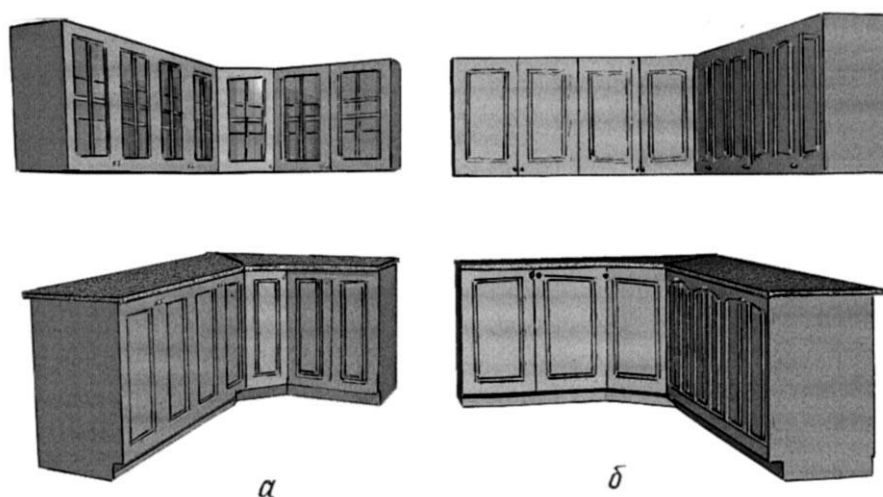


Рис. 7. Модели наборов кухонной мебели

Использование согласованных имен координат в фрагментах позволяет осуществлять быстрое изменение (модификацию) изделий путем простого переименования фрагментов сборки. Системы координат с predetermined именами используют во всех параметрических фрагментах деталей сборок.

Аналогично строятся параметрические модели нижних шкафов. При их построении частично используются те же элементы (фрагменты), что и для навесных шкафов – дверки, боковые и задние стенки, полки и др.

На основе использования библиотек параметрических фрагментов можно проектировать наборы кухонной мебели и быстро получать необходимую конструкторскую документацию. На рис. 7 приведены примеры выполненных проектов.

Выводы

Таким образом, разработанный на основе технологии параметрического автоматизированного проектирования пакет моделей «Мебель-3D» позволяет осуществлять индивидуальное проектирование мебели в сжатые сроки; быстро изменять структуру разработанных наборов мебели путем замены отдельных составных изделий и деталей в них; представлять заказчику визуализированные результаты проектирования уже на этапе заключения договора на изготовление продукции; формировать каталоги выпускаемой продукции, в том числе и электронные; осуществлять работу с заказчиком на основе использования современных информационных технологий (электронная почта, Internet).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евгеньев Г.Б.* Системология инженерных знаний: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ, 2001. – 376 с.
2. *Павлов В.В.* Полихроматические множества в теории систем // Информационные технологии. – 1997. – № 7. – С. 11–16.

Севмашвтуз

Поступила 04.04.02

V.I. Malygin, P.V. Perfiljev, M.P. Khudyakov
**Parametric Computer-aided Design (Based on Example
of Furniture Production)**

Experience of applying technology of computer-aided design in furniture production based on parametric models of items is provided.

