

УДК 684.4:004

П.Ю. Бунаков¹, А.В. Стариков², В.Н. Харин², С.Я. Гусев³, А.А. Старикова²¹Коломенский филиал Московского государственного открытого университета²Воронежская государственная лесотехническая академия³Сыктывкарский лесной институт

Бунаков Павел Юрьевич родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Московский институт электронного машиностроения, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации производства и проектирования в машиностроении Коломенского филиала Московского государственного открытого университета, ведущий специалист ООО «Базис-Центр». Имеет около 70 печатных работ в области автоматизации проектирования и технологической подготовки производства.

Тел.: (496) 616-01-37



Стариков Александр Вениаминович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Воронежский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных работ в области автоматизации проектирования, САПР, экономико-математического моделирования.

Тел.: (4732) 53-90-52



Харин Валерий Николаевич родился в 1940 г., окончил в 1962 г. Воронежский государственный университет, доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной техники Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 250 печатных работ в области автоматизации проектирования, САПР, вычислительной математики.

Тел.: (4732) 53-67-08



Гусев Сергей Яковлевич родился в 1981 г., окончил в 2005 г. Сыктывкарский лесной институт – филиал С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, инженер лаборатории курсового и дипломного проектирования Сыктывкарского лесного института. Имеет 2 печатные работы в области автоматизации проектирования, инженерно-технических расчетов и технологической подготовки производства.

E-mail: fink@sfi.komi.com

Старикова Анна Александровна родилась в 1986 г., окончила в 2008 г. Воронежский государственный университет, инженер центра информационных технологий Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 6 печатных работ в области объектно-ориентированного проектирования и программирования, баз данных, компьютерной графики.

Тел.: (4732) 53-90-52



**ПЕРСПЕКТИВНАЯ САПР СЛОЖНОЙ КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ:
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ, ПАРАДИГМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ,
ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ**

Рассмотрены основные положения концепции безошибочного проектирования и производства сложных корпусных мебельных изделий как основы построения САПР нового поколения, в полной мере учитывающей особенности современного мебельного производства.

Ключевые слова: САПР, новая парадигма проектирования, концепция безошибочного проектирования и производства, структурно-атрибутивная модель.

В настоящее время все более широкое распространение получает позаказное промышленное производство мебельных изделий, предъявляющее повышенные требования к обеспечению сквозной информационной поддержки процессов жизненного цикла мебельных изделий (ЖЦМИ). При этом концептуальная база известных коммерческих САПР корпусной мебели не рассчитана на эффективную реализацию решений, удовлетворяющих различным, в ряде случаев противоречивым, требованиям позаказного промышленного производства [1]:

максимальный учет пожеланий клиента в рамках имеющихся технологических возможностей предприятия;

разработка проекта в короткие сроки с минимизацией числа субъективных ошибок проектирования, а также с возможностью их устранения на ранних стадиях ЖЦМИ, до начала изготовления изделия;

обеспечение сквозной информационной поддержки процессов проектирования и производства изделий.

В этой связи представляется актуальной задача разработки концепции информационной поддержки позаказного промышленного производства, на основе которой формируется новая парадигма проектирования и реализации САПР сложной корпусной мебели.

В настоящее время на российском рынке мебельных САПР доминируют отечественные программные комплексы, в которых требования позаказного промышленного производства реализуются лишь частично. Основные причины этого: геометрически ориентированные модели изделий не отражают конструктивно-структурное представление мебельного ансамбля и конструкторско-технологические требования и ограничения (КТТО); детерминированность моделей и выполнение проектирования на низком уровне абстракции обуславливают сложность внесения конструктивно-технологических изменений в проект; поэтапная раздробленность единого процесса концептуального проектирования, конструирования, технологической подготовки и производства мебельных ансамблей; необходимость ведения разнородных баз данных, формально относящихся к одной и той же математической модели.

В качестве методологической основы для формирования новой парадигмы проектирования и реализации САПР для позаказного промышленного производства предлагается концепция безошибочного проектирования и производства (БОПП) сложных корпусных мебельных изделий, ориентированная на решение следующих задач.

1. Повышение уровня абстракции при моделировании изделий и использование высокоуровневых объектных структурно-атрибутивных моделей (ОСАМ) вместо геометрических.

2. Перенос «центра тяжести» с этапа рабочего проектирования на этап эскизного проектирования.

3. Организация параллельного выполнения ряда проектных процедур и операций ЖЦМИ.

4. Управление многоаспектным проектным представлением мебельного изделия или ансамбля.

5. Моделирование информационной инфраструктуры предприятия для организации эффективного управления процессами ЖЦМИ.

Главная цель разработки концепции – максимально возможное снижение количества субъективных ошибок проектирования и производства сложной корпусной мебели.

Основные положения концепции БОПП [2]:

концептуальное единство интегрированной информационной среды на основе ОСАМ и информационных обменов, реализуемых в виде асинхронного последовательно-параллельного информационного конвейера с системным интерфейсом контейнерного типа;

сквозная информационная поддержка распределенных процессов проектирования и производства путем предоставления регламентированного доступа к разделам ОСАМ из любой проектной процедуры;

повышение уровня абстрагирования при разработке проекта и минимизация субъективного фактора за счет перехода от геометрической модели изделия к комплексу моделей более высокого уровня;

интерактивное формирование аспектных представлений ОСАМ с последующей автоматической генерацией геометрической модели объекта, учитывающей заданные КТТО, и ее визуальной верификацией;

обоснованная избыточность семантической информации в целях выполнения алгоритмического контроля массива исполнительных координат на этапе генерации геометрической модели;

использование и развитие средств автоматизации проектирования, повышающих качественный уровень разработки проектов сложных мебельных ансамблей и создающих необходимую базу для перехода к гибкому автоматизированному позаказному производству;

трехуровневая архитектура распределенной СУБД реляционного типа, обеспечивающая расширенную функциональность и ориентированная на длительное использование и темпоральный мониторинг;

унифицированная инфологическая модель структуры предприятия, отражающая особенности предметной области и разнообразие аспектов отношений между ее сущностями.

Реализация комплексной САПР корпусной мебели на основе положений концепции БОПП позволяет учесть большинство особенностей позаказного промышленного производства.

Мебель как объект, предназначенный для непосредственной реализации на рынке, имеет два уровня критериев представления: внешний и внутренний (см. рисунок). Принципиальное различие критериев приводит к необходимости дополнительных согласований и изменений в спецификации заказа, что сказывается на качестве продукции, сроках ее изготовления, степени удовлетворенности конечного потребителя.

Новая парадигма проектирования разделяет уровни компетенции специалистов, работающих с потребителями, и специалистов, занятых на мебельном производстве. Это достигается обеспечением формального подхода, позволяющего распространить необходимый объем знаний внутреннего уровня на внешний.

В рамках новой парадигмы процесс проектирования мебельных изделий разделяют на два относительно обособленных этапа: инжиниринг и реинжиниринг. На этапе инжиниринга конструктор, используя доступные ему инструментальные средства, формирует модель прототипного мебельного изделия, в которой учтены требования, отраженные в техническом задании, а также данные о технологических возможностях предприятия, представленные комплексом КТТО. В ходе инжиниринга в прототипную модель включают алгоритмы компиляции прототипов в модели конкретных мебельных изделий и алгоритмы контроля, гарантирующие безошибочность выполнения проектных операций на этапе реинжиниринга.



Критерии потребительского и производственного уровней

Этап реинжиниринга прототипной модели реализуется дизайнером по интерьеру при приеме индивидуального заказа на мебельное изделие или группу изделий (мебельный ансамбль). Все выполняемые им структурные и параметрические преобразования контролируются алгоритмами, заданными на этапе инжиниринга, что гарантирует их безошибочность.

В качестве важнейшего элемента реализации новой парадигмы проектирования выступает ОСАМ мебельного изделия, обеспечивающая его многоаспектное представление на различных уровнях абстрагирования.

Эскизно-структурное описание объекта проектирования основано на системе классификации корпусной мебели и ее элементов и обеспечивает укрупненное координатное представление мебельной конструкции. Для идентификации элементов этой конструкции используют систему соподчиненных понятий, с помощью которых структуру любой мебельной конструкции модульного типа можно представить в виде планарного графа,

каждая вершина которого относится к одному из четырех уровней: изделия (F), секции (S), блоки (B) или детали (D):

$$F = S \cup D';$$

$$S = \bigcup_{i=1}^l S_i; \quad S_i = \left(\bigcup_{j=1}^m B_j \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^n D'_k \right);$$

$$B = \bigcup_{i=1}^p B_i; \quad B_i = \left(\bigcup_{j=1}^q D_j \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^s D'_k \right);$$

$$D \cup D' = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}; \quad D \cap D' = \emptyset,$$

где S – множество секций в изделии F ;

B – множество блоков;

D' и D – множество деталей, не входящих и входящих в состав блоков;

d_i – деталь, являющаяся элементом множества D или D' .

Для структурно-атрибутивного описания объекта проектирования используют математический аппарат полихроматических множеств и графов, расширяющий возможности традиционной теории графов в области моделирования сложных систем. С его помощью выполняют анализ объектов проектирования в целях формирования обобщенной модели мебельного изделия и последующего алгоритмического контроля корректности выполняемых проектных операций.

При графоаналитическом описании с любым мебельным объектом сопоставляют ряд основных свойств (атрибутов), каждое из которых можно отнести к одной из групп: атрибуты мебельной конструкции и отношения между ними. С учетом специфики конструирования корпусной мебели выделяют следующие отношения между элементами: вложенность, или принадлежность (\in); выравнивание (\equiv); пропорциональность (\div); симметрия ($\supset \supset$); зеркальность ($\supset \subset$); сопряжение (\leftrightarrow).

Для описания различных типов отношений между элементами мебельного изделия используют структурированный хроматический граф с параллельными ребрами: $G(V, E) = G_N \cup G_A \cup G_S \cup G_I \cup G_M \cup G_P$. Каждый из подграфов, включенных в него, имеет одинаковое число вершин и различное число ребер, отражающих свойства отношений, присущих данному подграфу:

$$G_N(V, E_N); \quad G_A(V, E_A); \quad G_S(V, E_S); \quad G_I(V, E_I); \quad G_M(V, E_M); \quad G_P(V, E_P),$$

где E_N, E_A, E_S, E_I, E_M и E_P – соответственно множество отношений вложенности, выравнивания, симметрии, сопряжения, зеркальности, пропорциональности.

Объединение эскизно-структурной, структурно-атрибутивной и графоаналитической моделей образуют ОСАМ, которая обеспечивает необходимый информационный континуум для высокоуровневого моделирования мебельных изделий. Она может быть представлена следующим образом:

$$M_{\text{ОСАМ}} = \left(\bigcup_{i=1}^N (g_i \cup s_i) \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^M \bigcup_{k=1}^{L_i} \bigcup_{j=1}^M S_{ik}^j \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^N F_{i,j}^1 \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M F_{ij}^2 \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^P f_k \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M \bigcup_{k=1}^P K_{ijk}^t \right),$$

- где
- N – число геометрических элементов в изделии;
 - M – число уровней иерархической декомпозиции объекта проектирования;
 - L_j – мощность множества структурных элементов j -го уровня декомпозиции;
 - P – количество внешних структурно-сопряженных связей объекта в рамках модели мебельного изделия или ансамбля;
 - g_i – вектор геометрических параметров i -го элемента, включающий в себя соответственно габаритные параметры, координаты характеристических точек параметрических кривых, задающих форму деталей и параметры визуализации, $g_i = \{g_i^g, g_i^p, g_i^v\}$;
 - s_i – вектор структурных параметров i -го элемента, состоящих соответственно из функциональных, конструктивных и технологических параметров, $s_i = \{s_i^f, s_i^k, s_i^t\}$;
 - $S_{i,k}^j$ – вектор связей k -го структурного элемента i -го уровня декомпозиции с элементами других уровней;
 - F_{ij}^1, F_{ij}^2 – внутренние сопряжения элементов объекта проектирования, относящихся соответственно разным иерархическим уровням объекта и элементам одного иерархического уровня;
 - f_k – внешние сопряжения объекта в рамках модели мебельного ансамбля;
 - $K_{ij,k}^t$ – КТТО, предъявляемые к объекту проектирования.

Система КТТО $\left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M \bigcup_{k=1}^P K_{ijk}^t \right)$ отражает конструкторские и технологические

ограничения, присущие конкретному производству, и может быть представлена следующими компонентами:

$$\langle T_g, T_s, T_m, T_f, T_o, P, \Psi \rangle,$$

- где T_g, T_s, T_m, T_f и T_o – ограничения, определяемые геометрией изделия; его структурой; конструкционными материалами; элементами сопряжения; производственными условиями, требованиями технологических процессов, станочным оборудованием и инструментами;
- P – предикатные символы, определенные на объединении непересекающихся множеств $\{(\cup T_i) \cup G \cup S \cup U\}$;

$i = \{g, s, m, f\}$;

Ψ – функция формального отображения, которая ставит в соответствие любому предикатному символу $p \in P$ определенное значение из множества числовых параметров.

Определенная таким образом ОСАМ выступает в качестве «информационного ядра», обеспечивающего информацией как проектирующие конструкторско-технологические подсистемы САПР, так и программные модули автоматизированной информационной системы управления предприятием.

Методология автоматизации позаказного производства на принципах концепции БОПП в условиях обострения конкуренции на потребительском рынке имеет универсальный характер и может применяться в других отраслях промышленности, ориентированных на непосредственную работу с потребителем. Создание конкурентоспособных промышленных производств, использующих современные научно обоснованные подходы к автоматизации и приоритеты в развитии, поможет достигнуть значительного социально-экономического эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бунаков, П.Ю. Новая парадигма проектирования САПР сложной корпусной мебели для позаказного промышленного производства: [Текст] монография / П.Ю. Бунаков, А.В. Стариков, А.А. Старикова, В.Н. Харин. – М.: МГУЛ, 2007. – 319 с.
2. Стариков, А.В. Основные положения концепции «безошибочного» проектирования и производства сложных изделий корпусной мебели и особенности их реализации [Текст] / А.В. Стариков, В.Н. Харин, П.Ю. Бунаков // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: ВГЛТА, 2005. – Вып. 10. – С. 233–237.

Поступила 24.03.08

P.Yu. Bunakov¹, A.V. Starikov², V.N. Kharin², S.Ya. Gusev³, A.A. Starikova²

¹ Kolomna Branch of Moscow State Open University

² Voronezh State Forestry Engineering Academy

³ Syktyvkar Forest Institute

Perspective Computer-aided Design of Compound Cabinet Furniture: Conceptual Basics, Design Paradigm, Realization Peculiarities

The main conditions of the faultless design concept and production of compound cabinet furniture items as the basis of building CAD of new generation taking into account the peculiarities of modern furniture production.

Keywords: CAD, new paradigm of design, concept of faultless design and production, structural-and-attributive model.
