

УДК 687.1.021

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНФЕКЦИОНИРОВАНИЯ В РАМКАХ ИНТЕГРИРОВАННОЙ САПР ОДЕЖДЫ**

**канд.техн.наук А. В. Подшивалова, канд.техн.наук, доц. Л. А. Королева,  
д-р техн.наук, проф. Е. Г. Андреева**

(Владивостокский государственный университет экономики и сервиса)  
e-mail: [anuta1983\\_05@mail.ru](mailto:anuta1983_05@mail.ru)

**В статье приведены основные положения исследовательской работы по направлению компьютеризации знаний в области текстильного материаловедения для целей САПР одежды.**

**Ключевые слова: инженерия знаний, конфекционирование материалов для одежды, автоматизированное проектирование одежды.**

Активное развитие сферы информационных технологий предопределяет новые тенденции в развитии и совершенствовании систем автоматизированного проектирования (САПР). Такими тенденциями в современных САПР, реализуемыми последовательно, являются их интеграция и интеллектуализация [1].

Анализ тематических информационных источников позволяет констатировать прогрессивное развитие и эффективную реализацию интеграционных процессов в САПР промышленности. В этом направлении швейные САПР занимают отставшую позицию, несмотря на то, что в настоящее время вопросы интеграции САПР одежды как никогда актуальны. Наряду с интеграцией, интеллектуализация – генеральное направление развития информационных технологий, реализация которого позволяет повысить степень автоматизации САПР, обеспечив поддержку принятия объективных и качественных решений и генерацию, там, где это возможно, проектов изделий в целом или их узлов. Известно, что существующие САПР одежды не отвечают понятию «интеграция» в полном объеме, а интеллектуализация особенно значима в условиях неограниченного объема накопленных разнородных данных и инженерных знаний специалистов отрасли.

Одним из главных факторов, определяющих соответствие изделий предъявляемым требованиям, является учет свойств материалов в процессе проектирования. В настоящее время этот вопрос эффективно решается в таких наукоемких отраслях, как машино- и приборостроение, где разработан и успешно функционирует ряд программных продуктов, базирующихся на знаниях о материалах и их свойствах в рамках выполняемых задач. Определено, что рассмотренные пути решения могут эффективно использоваться при проектировании швейных изделий, однако отсутствует информация о подобных программах для решения задач проектирования швейной отрасли.

Изучение свойств материалов и влияния их на этапы проектирования нашли отражение в исследовательских работах ряда отечественных авторов. Однако

данные исследования касаются либо конкретных видов материалов и изделий, либо отдельных этапов проектирования, либо не адаптированы для целей автоматизированного проектирования одежды. Остаются без внимания вопросы, связанные с автоматизацией и интеллектуализацией этапа выбора пакета материалов для проектируемого изделия в рамках интегрированной системы автоматизированного проектирования одежды (ИСАПРО), комплексным учетом свойств материалов на этапах проектирования.

В настоящем исследовании предлагается расширить общепринятую структуру САПР одежды за счет создания концептуально новой подсистемы для решения задач конфекционирования. В современных условиях активного развития информационных и интеллектуальных технологий целесообразна организация работы новой структурной единицы САПРО с использованием соответствующей экспертной системы. Таким образом, целью настоящего исследования является повышение эффективности выбора проектных решений на стадиях автоматизированного процесса проектирования одежды посредством разработки и внедрения интеллектуальной информационной системы «Конфекционер» (ИИС «Конфекционер»). Под ИИС «Конфекционер» в работе понимается подсистема «Конфекционер», реализованная в комплексе с экспертной системой «Материаловед».

Принятие объективных качественно новых проектных решений возможно за счет реализации описанных выше концепций развития САПР – интеграции и интеллектуализации. С позиции реализации эффективного комплексного учета свойств материалов на этапах проектирования необходима разработка интеллектуальной составляющей САПР одежды – экспертной системы. Экспертная система (ЭС) – это компьютерная программа, содержащая накопленные знания специалистов в определенной предметной области. Эта программа способна выработать рекомендации, какие бы дал эксперт-человек, запрашивая при необходимости дополнительную информацию [2].

Рассмотрен общий методологический подход к разработке экспертных систем, выявлены их структурный состав и базовые функции. Центральным компонентом в составе любой экспертной системы является база знаний, составление которой предполагает формализацию знаний предметной области на специальном языке программирования с использованием определенной модели их представления.

К моделям представления знаний, используемым при построении баз знаний и систем, основанных на знаниях, относятся: продукционная, формально-логическая, фреймовая и семантико-сетевая модели [3]. В результате сравнительного анализа рассмотренных моделей представления знаний установлено, что фреймовая модель в наибольшей степени отвечает предъявленным требованиям и может обеспечить их выполнение. Эта модель универсальна в использовании, имеет многоуровневую структуру представления данных, быстрый и прямолинейный доступ к информации, отображает взаимосвязи между объектами, что отвечает требованиям ИСАПРО. Реализация фреймовой модели возможна посредством онтологического подхода, который заключается в разработке онтологии исследуемой предметной области.

Онтология представляет собой формальное явное описание понятий в рассматриваемой предметной области (*классов* (иногда их называют *понятиями*)), свойств каждого понятия, описывающих различные свойства и атрибуты понятия

(слотов (иногда их называют ролями или свойствами)), и ограничений, наложенных на слоты (факетов (иногда их называют ограничениями ролей)). Онтология вместе с набором индивидуальных экземпляров классов образует базу знаний [4]. Процесс построения онтологии предметной области состоит из следующих основных этапов: 1) Определение области и масштаба онтологии; 2) Рассмотрение вариантов повторного использования существующих онтологий; 3) Перечисление важных терминов в онтологии; 4) Определение классов и иерархии классов; 5) Определение свойств классов – слотов; 6) Определение факетов слотов; 7) Создание экземпляров.

Таким образом, рассмотрены теоретические аспекты разработки онтологии предметной области, которые включают в себя правила и принципы, алгоритм построения онтологии. Данная информация в дальнейшем необходима при решении поставленной в работе задачи – интеллектуализации САПР одежды на этапе конфекционирования материалов и учета их свойств при принятии проектных решений.

На следующем этапе исследования разработана и описана новая концепция организации системы автоматизированного проектирования одежды с позиций интеграции, интеллектуализации и перспектив развития. В рамках предлагаемой концепции целесообразным видится введение определения «интегрированная система автоматизированного проектирования одежды (ИСАПРО)». Ограниченность возможностей экспериментального исследования больших систем делает актуальным использование методик их моделирования, которые позволяют в соответствующей форме представить процессы функционирования систем, описание протекания этих процессов с помощью математических моделей, получение результатов экспериментов с моделями по оценке характеристики исследуемых объектов.

С целью выявления и описания структурного состава и организации сложной системы ИСАПРО разработаны соответствующие математическая и концептуальная модели. Разработанная с использованием математического аппарата теории систем математическая модель является структурной, т.к. характеризует структуру сложного объекта (ИСАПРО), состоящего из отдельных частей (подсистем и их составляющих), между которыми существуют определенные связи. В основу модели заложены выявленные в результате анализа действующих САПРО составляющие их подсистемы и модули с разграничением функций. Сформулированы и обоснованы принципы введения в структуру ИСАПРО экспертных систем в качестве интеллектуальных составляющих, в задачи которых входит поддержка принятия решений на этапах проектирования изделия. На основе математической разработана концептуальная модель, представленная в графическом виде данная модель наглядно отражает состояние САПР одежды в рамках предлагаемой концепции, перспективных направлений развития и используемых технологий (рисунок 1).

Заявлена и обоснована необходимость разработки концептуально новой в составе ИСАПРО подсистемы «Конфекционер», в задачи которой должны входить подбор пакета материалов для проектируемого изделия, составление конфекционной карты, а также разработка рекомендаций по выбору конструктивно-технологических параметров изделия и рациональному использованию материалов.

Основным положением, используемым при формировании концептуальной модели ИСАПРО, является то, что исходной информацией процесса проектирова-

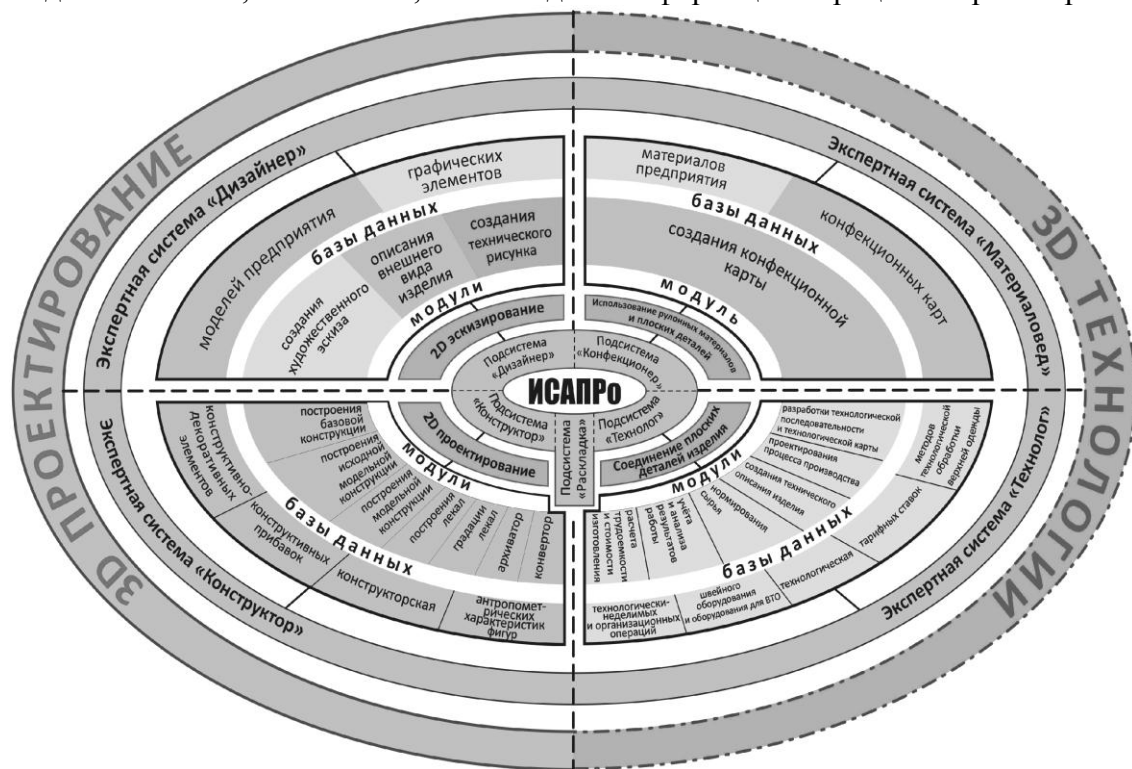


Рисунок 1. – Концептуальная модель организации ИСАПРО с учетом принципов интеллектуализации

ния нового изделия может служить его графическое изображение (художественный эскиз/технический рисунок) с описанием внешнего вида или свойства материала верха, имеющегося на предприятии. Следовательно, первичными в составе ИСАПРО следует считать подсистемы «Дизайнер» и «Конфекционер». Синхронизация процессов проектирования в рамках предлагаемой концепции ИСАПРО реализуется через интеграционные взаимосвязи между подсистемами и их составными частями – модулями и базами данных – для которых определены соответствующие функциональные задачи.

Цель исследования предопределяет моделирование процессов функционирования подсистемы «Конфекционер». Разработана структурно-информационная модель процесса функционирования подсистемы «Конфекционер», которая предполагает два пути решения поставленной в подсистеме задачи в зависимости от исходных данных (рисунок 2). С учетом составленной структурно-информационной модели предложена математическая модель функционирования подсистемы «Конфекционер», позволяющая на логико-математическом языке отобразить информационное взаимодействие составляющих элементов подсистемы.

Согласно теории множеств информационное взаимодействие межоперационных данных ( $X_i$ ) и операторов преобразования информации подсистемы «Конфекционер» ( $\nabla_i$ ) может быть описано следующим образом:

$$\begin{aligned} \nabla_1(X_1, x_{2,1}) &= X_3, X_1 = \{x_{1,i}\}, i = \overline{1, n_1}, X_3 = \{x_{3,j}\}, j = \overline{1, n_3}, \\ \nabla_2(X_3) &= X_2, X_2 = \{x_{2,i}\}, i = \overline{1, n_2}, \\ \nabla_3(X_1, X_2) &= X_4, X_4 = \{x_{4,i}\}, i = \overline{1, n_4}, \\ \nabla_4(X_4) &= X_5, X_5 = \{x_{5,i}\}, i = \overline{1, n_5}, \\ \nabla_5(X_5) &= X_6, X_6 = \{x_{6,i}\}, i = \overline{1, n_6}, \\ \nabla_6(X_6) &= Y_1, Y_1 = \{y_{1,i}\}, i = \overline{1, n_{y_1}}, \\ \nabla_7(X_2, x_{1,1}) &= X_7, X_7 = \{x_{7,i}\}, i = \overline{1, n_7}, \\ \nabla_8(X_7) &= X_1, \\ \nabla_9(X_7) &= Y_2, Y_2 = \{y_{2,i}\}, i = \overline{1, n_{y_2}}, \end{aligned}$$

где входными данными являются  $X_1$  – свойства основного материала, имеющегося на предприятии и  $x_{2,1}$  – ассортиментная группа проектируемого изделия либо  $X_2$  – проектируемое изделие и  $x_{1,1}$  – ассортиментная группа основного материала; выходными данными являются  $Y_1$  – конфекционная карта либо  $Y_2$  – заявка на приобретение необходимых материалов.

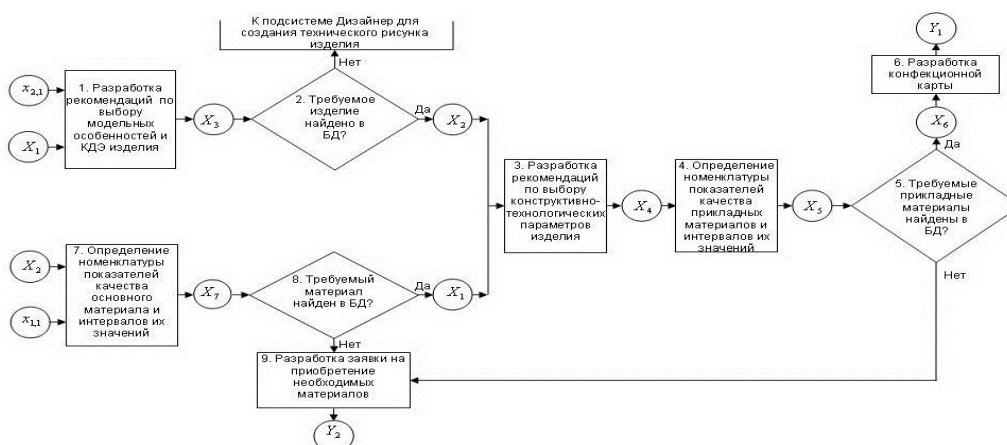


Рисунок 2. – Структурно-информационная модель процесса функционирования подсистемы «Конфекционер»

Выявлена и обоснована необходимость введения в состав ИСАПРО и разработки экспертной системы «Материаловед» для обеспечения более высокого уровня автоматизации и интеллектуализации процесса функционирования подсистемы «Конфекционер».

При решении задач конфекционирования и разработки рекомендаций по выбору конструктивно-технологических параметров проектируемого изделия в подсистеме «Конфекционер» предполагается использование экспертных знаний предметной области «Материаловедение швейного производства». Знания данной предметной области представлены неограниченным объемом разнородной информации и являются трудноформализуемыми, что предопределяет

необходимость разработки соответствующей экспертной системы. С этой целью необходимо разработать стратегию создания экспертной системы «Материаловед», произвести структуризацию и формализацию знаний рассматриваемой предметной области на основе онтологического подхода.

Разрабатываемая экспертная система «Материаловед» имеет стандартную общую структуру. В соответствии с последовательностью технологии разработки экспертных систем в рамках настоящего исследования реализуются два первых этапа: выбор проблемы и разработка прототипа. Центральным компонентом экспертной системы «Материаловед» является база знаний ПО «МШП», при разработке которой решено использовать онтологический подход. В соответствии с правилами разработки онтологий произведен анализ исследуемой предметной области и выявлены основные ее понятия – классы: «Текстильные волокна и нити», «Материалы», «Показатели качества материалов», «Методы измерения показателей качества материалов», «Одежда».

Итак, разработана иерархическая структура основных понятий предметной области «Материаловедение швейного производства», в которой наиболее полно рассмотрены понятия «Материалы» и «Одежда». Отметим, что приведенный перечень соподчиненных классов и подклассов исследуемой ПО является пополняемым, поскольку прогрессивное развитие текстильной и швейной отраслей определяет расширение ассортимента как материалов для одежды, так и ее видов.

Следующим шагом в построении онтологии ПО «МШП» является определение характеристик (слов), описывающих классы, подклассы и экземпляры. Выявлены характеристики классов «Материалы» и «Одежда», определены их возможные значения, типы значений и мощности. На основании полученной информации с помощью инструментального средства – программы Protégé – создана онтология предметной области «Материаловедение швейного производства» [5], составляющая основу базы знаний данной предметной области.

Исследован вопрос о влиянии свойств материалов на принятие решений при проектировании одежды с последующей адаптацией к этапам АПП одежды [6]. По результатам исследования разработана структурная схема, в которой отображены взаимосвязи между этапами АПП одежды и свойствами материалов, влияющих на эти этапы; произведена структуризация имеющихся экспертных знаний в области технологий учета свойств материалов при проектировании одежды. Данная информация необходима в качестве исходной при модификации АПП одежды на основе разработки и реализации автоматизированного способа учета свойств материалов.

На основе полученных данных, применительно к выделенным этапам проектирования, показано, что в настоящее время в автоматизированном режиме производится учет свойств на этапах: выбор стилового решения, выбор цветового решения, выбор вида фурнитуры (при разработке технического рисунка), выбор конструктивных прибавок и технологических припусков, определение величин посадки и раствора вытачек, выбор допускаемых отклонений от направления нити основы, выбор величин припусков, определение высоты настила, выбор направления настиления полотен и выбор способа раскладки. В численном сравнении – это только 13 этапов из 37 предлагаемых. При этом не во всех 13 случаях наблюдается полный учет необходимых свойств.

Например, при выборе конструктивных прибавок и технологических припусков остаются без внимания ширина материала и раздвигаемость нитей в швах. Не производится в автоматизированном режиме учет осыпаемости ткани при выборе величин припусков, что является отдельным предметом научных исследований.

На основе существующих экспертных знаний и рекомендаций предложена модификация автоматизированного процесса проектирования одежды посредством реализации комплексного автоматизированного учета свойств материалов.

Для реализации работы подсистемы «Конфекционер» сформирован алгоритм ее функционирования. Предложенный алгоритм составлен на основе разработанной ранее структурно-информационной модели процесса функционирования подсистемы «Конфекционер». В соответствии с алгоритмом реализованы функции интеллектуальной информационной системы «Конфекционер», при создании исследовательского прототипа которой были использованы технологии быстрого проектирования RAPID и средства автоматизированной разработки CASE.

Одним из направлений при реализации разработанной ИИС является ее интеграция в действующую САПРО. Методом интеграции являются интерфейсы. Посредством программных интерфейсов реализуется взаимодействие ЭС «Материаловед» с подсистемами ИСАПРО. Пользовательские интерфейсы обеспечивают взаимодействие со специалистами-пользователями.

На примере ряда изделий различного ассортимента и назначения произведена апробация созданного исследовательского прототипа ИИС «Конфекционер» и отображена взаимосвязь между подсистемами ИСАПРО.

По результатам апробации ИИС «Конфекционер» – полученным конфекционным картам и рекомендациям по автоматизированному учету свойств материалов – подтверждена возможность эффективной реализации разработанной ИИС в производственных условиях предприятий швейной отрасли.

Таким образом, в работе выполнены теоретические и программные разработки по реализации интеллектуальной информационной системы «Конфекционер» в рамках ИСАПРО с целью повышения эффективности выбора проектных решений на этапе конфекционирования материалов для проектируемого изделия.

#### Список литературы:

1. Евгеньев, Г.Б. Системология инженерных знаний [Текст]: учеб. пособие для вузов. – Москва: Из-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2001.
2. Гаврилов, А.В. Системы искусственного интеллекта: учеб. пособие: в 2-х ч. [Текст] / А.В. Гаврилов. – Ч.1. – Новосибирск: НГТУ, 2001. – 67 с.
3. Дубровин, А.Д. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов факультета МИСИТ Московского государственного университета культуры и искусств, обучающихся по специальности 080801 - Прикладная информатика (в менеджменте) [Текст] / А. Д. Дубровин / Науч. ред. О.В. Шлыкова. – М.: МГУКИ, 2008.
4. Ной, Н. Ф. Разработка онтологий 101: руководство по созданию Вашей первой онтологии [Текст] / Наталья Ф. Ной, Дэбора Л. МакГиннесс. – Стэнфордский Университет, 2001.

5. Королева, Л.А. Введение в онтологию предметной области «Материаловедение швейного производства»/ Л.А. Королева, А.В. Подшивалова, Г.П. Старкова// Швейная промышленность – 2009, №4.- С. 32-33

6. Королева, Л.А. Исследование влияния характеристик свойств различных видов материалов на процесс интегрированного автоматизированного проектирования одежды/ Л.А. Королева, А.В. Подшивалова: Деп. монография.- ЦНИИ – М.: 2007 – 141с.- Библиогр.: 57 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 18.12.2007, № 1192-В 2007.

INTELLECTUALIZATION of STAGE SELECTION of MATERIALS within  
INTEGRATED CAD of CLOTHES

Ph.D. A. V. Podshivalova, Ph.D., reader L. A. Koroleva  
(Vladivostok state university of economics and service)  
e-mail: [anuta1983\\_05@mail.ru](mailto:anuta1983_05@mail.ru)

In article substantive provisions of research work in a direction of a computerisation of knowledge in the field of textile materials technology for CAD clothes are resulted.

**Keywords:** knowledge engineering, selection of materials for the designed good, computer-aided design of clothes.