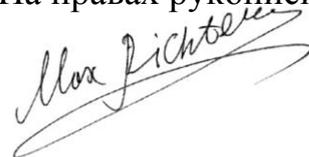


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



Гришин Максим Вячеславович

**СРЕДСТВА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ В УСЛОВИЯХ
АВИАЦИОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Специальность: 05.13.12 – Системы автоматизации
проектирования (промышленность)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
Ларин Сергей Николаевич

Ульяновск – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Глава 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ	12
1.1 Теоретические аспекты проектно-технологических решений подготовки многономенклатурных производств	12
1.1.1 Жизненный цикл изготовления шаблонной оснастки	13
1.2 Комплексный анализ существующих средств представления онтологий	15
1.3 Современные принципы и предпосылки разработки классификатора шаблонной оснастки	21
1.4 Краткая характеристика существующего положения по технологической подготовке в условиях многономенклатурных производств	27
1.4.1 Классификация, назначение, применение и порядок изготовления шаблонов	29
1.5 Применения основных схем увязки форм и размеров деталей и оснастки.....	30
1.5.1 Сборочные отверстия (СО).....	30
1.5.2 Шпилечные отверстия	32
1.5.3 Базовые отверстия.....	33
1.6 Обзор современных САПР, использующихся в авиационной отрасли, и их краткие характеристики.....	34
1.7 Постановка задачи исследований для совершенствования процессов технологической подготовки в многономенклатурном производстве	36
1.7.1 Обобщенная постановка задачи	38
1.7.2 Вопросно-ответный анализ проектирования шаблонной оснастки ...	39
1.7.3 Диаграмма прецедентов комплекса средств	44
1.7.4 Мотивационно-целевые установки задачи исследований.....	49
ВЫВОДЫ	53

Глава 2 ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ 55

2.1 Подход к формализации процессов построения интегрированной модели прецедентов..... 55

2.2 Концептуальное описание модели онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки..... 73

2.3 Формализованное представление разработанной модели онтологии 78

2.4 Представление шаблонов в формальной системе определения синтаксиса РБНФ..... 81

2.5 Рассмотрение потоков работ по технологической подготовке производства авиационного предприятия 83

2.6 Формальное описание технологического классификатора шаблонной оснастки..... 83

2.6.1 Разработка и назначение классификатора шаблонной и объемной оснастки..... 85

2.7. Структуризация моделей прецедентов 94

ВЫВОДЫ 97

Глава 3 МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ 98

3.1 Структурно-функциональная детализация процесса проектирования шаблонной оснастки 98

3.2 Компонентный состав методического обеспечения онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки 101

3.3 Алгоритмическое представление проектирования шаблонной оснастки типа ШОК и ШКС на УКС..... 104

3.3.1 Блок-схема модуля построения ШОК..... 104

3.3.2 Блок-схема модуля построения ШКС на УКС..... 106

3.4 Структуризация представлений словарей онтологии 107

3.5 Представление реализации Классификатора ТО в WIQA	113
3.6 Методическое обеспечение работы с онтологией и словарями.....	115
ВЫВОДЫ	117
Глава 4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ	118
4.1 Разработка рекомендаций по созданию классификационной структуры шаблонной оснастки	118
4.2 Разработка методических рекомендаций на проектирование технологической оснастки в САД-системе	121
4.3 Разработка интерфейсных решений системы проектирования шаблонной оснастки.....	125
4.3.1 Интерфейсные решения для модуля проектирования ШКС на УКС (для уголковых профилей)	125
4.3.2 Интерфейсные решения работы модуля ШОК	130
4.4 Анализ положительных эффектов реализации комплекса средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки.....	139
ВЫВОДЫ	152
Заключение	153
Список сокращений	157
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	159
ПРИЛОЖЕНИЯ	178

Введение

В авиастроительном производстве для изготовления, контроля и сборки деталей фюзеляжа, крыла, механизации, включая детали их обшивки и силового набора, широко используется шаблонная оснастка, в состав которой входят десятки тысяч шаблонов разной степени сложности и назначения [118]. Этот факт обусловлен такими особенностями деталей названного класса, как сложность их геометрических форм, малая жёсткость, большие габариты, а также высокие требования к точности изготовления и точности увязки.

В общем случае, шаблон является не только носителем геометрии и формы детали, но также включает конструктивные и технологические базы, контуры и оси внутренних деталей, попавших в данное сечение, различные конструктивные и технологические отверстия. Кроме того, на шаблоны наносится различная информация: название шаблона, шифр и номер чертежа изделия, марка и толщина материала, указания о линиях сгиба и малки борта, контуры отверстий облегчения, маркировка отверстий и другая информация [118].

В данной работе в инструментально-технологическое сопровождение процессов проектирования конфигурируемых шаблонов предлагается включить средства онтологического сопровождения, обеспечивающие: контролируемое накопление опыта разработок шаблонов в форме моделей прецедентов, подготовленных к повторному использованию; систематизацию моделей шаблонов, в основу которой положено интерактивное классифицирование и связывание с использованием механизмов систематизации в онтологиях; контролируемое использование лексики, включая понятия, в документах, разрабатываемых в процессе работ. Важной особенностью предлагаемых средств является то, что они опираются на результаты экспериментов, проводимые с семантическими моделями шаблонов и моделями программ числового программного управления, которые используются в их производстве.

Для проведения экспериментов, создания модели онтологии и средств онтологического сопровождения использовалась вопросно-ответная

моделирующая среда WIQA, средства которой адаптированы к инструментальной поддержке жизненного цикла шаблонов.

Выбор и реализация той части структуры шаблона, которая дополняет включенную в шаблон форму (и размеры) определенного сечения детали, выводят на ряд проектных задач, допускающих альтернативные решения. Даже в тех случаях, когда для проектирования шаблонов применяется библиотека их «лучших образцов», которые подтвердили свою «рациональность» в производстве уже освоенных типов самолетов, в переходе к производству нового самолета шаблонную оснастку придется создавать заново, разумеется, используя освоенные шаблоны, модифицируя их и разрабатывая новые шаблоны. То есть творческий характер проектирования шаблонов и их взаимоувязки останется. Именно такое положение дел и определяет целесообразность включения экспериментов (не с шаблонами, а с их моделями) в жизненный цикл проектирования (особенно сложных, конфигурируемых) шаблонов.

Областью исследований настоящей работы является технологическая подготовка в производстве изделий авиационной техники гражданского и двойного назначения.

Объектом исследования являются инструментальные средства проектирования и представления онтологий в системе конструкторской подготовки производства шаблонной оснастки в мелкосерийном авиационном производстве.

Предметом исследования настоящей работы являются онтология проектирования шаблонной оснастки и ее возможности направленные на повторное использование проектных решений, а также принципы систематизации и классификации шаблонной оснастки.

Направление исследований в диссертации связано с:

- исследованием инструментально-технологических, графических средств моделирования и проектирования шаблонной оснастки при создании сложных авиационных изделий, в том числе методов и методик классификации;

- исследованием средств онтологического сопровождения, обеспечивающих контролируемое накопление опыта разработок шаблонов в форме моделей прецедентов, подготовленных к повторному использованию;

- исследованием и систематизацией моделей технологической оснастки, в основу которых положено классифицирование и связывание с использованием механизмов систематизации в онтологиях.

Целью диссертационного исследования являются совершенствование процессов конструкторско-технологической подготовки производства при проектировании шаблонной оснастки на основе прикладных онтологий, а также снижение трудоемкости и повышение уровня качества процесса проектирования путем разработки и внедрения комплекса средств онтологической поддержки за счет повторного использования опыта проектных процедур.

Для достижения поставленной цели в диссертации сформулированы и решены следующие **задачи**:

1. Провести аналитический обзор существующих средств автоматизированного (итерационно-графического) проектирования шаблонной оснастки.

2. Провести аналитический обзор существующих инструментальных программных средств, созданных специально для проектирования, редактирования и анализа онтологий.

3. Разработать механизмы инструментально-технологического сопровождения процессов проектирования шаблонной оснастки с использованием средств онтологической поддержки.

4. Разработать и систематизировать модели шаблонов, в основу которых положено классифицирование и связывание с использованием механизмов систематизации в онтологиях, контролируемое использование лексики, включая понятия, в документах, разрабатываемых в процессе работ.

5. Разработка методик, обеспечивающих контролируемое накопление опыта разработок шаблонной оснастки в форме моделей прецедентов, подготовленных к повторному использованию.

6. Включить в состав программно-функционального комплекса проектирования шаблонной оснастки инструментально-моделирующую среду, предназначенную для построения прикладных онтологий.

7. Реализация средств поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки, разработка методик работы с ними и проведение на их базе экспериментальных исследований предложенных моделей с использованием механизмов систематизации в онтологиях.

Научная новизна. Новизна научных результатов, полученных в диссертационной работе, заключается в следующем:

1. Прецедентно-ориентированная на проектирование шаблонной оснастки модель онтологии с расширенной структурой секций, в число которых входят секции, дополнительно обеспечивающие эффективную онтологическую поддержку в решении задач поиска шаблонов, а также изготовлении, контроле и увязке деталей силового набора планера самолета.

2. Интерактивная классификация, в которой определены и исследованы объекты классов шаблонов применительно к производственным технологическим процессам, для каждого из них установлены его собственные конструктивные составляющие, позволяющие наиболее рационально определить отношение шаблона к изготавливаемой детали, реализованной в виде секции онтологии и в виде формального представления древа классификатора.

3. Методика онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки учитывающая контролируемое накопление опыта разработок шаблонов в форме моделей прецедентов, подготовленных к повторному использованию.

4. Алгоритмы проектирования шаблонной оснастки, интегрированные в технологическую подготовку производства, отличающиеся повышенной степенью автоматизации процесса проектирования достигаемой за счет программирования части типовых операций проектировщика в плане оформления геометрии электронной модели шаблона.

Практическую ценность работы составляет разработанный комплекс средств онтологической поддержки процесса проектирования, интегрированный в инструментально-технологическую среду WIQA и модули UG NX.

Положения, выносимые на защиту:

1. Прецедентно-ориентированная модель онтологии проектирования шаблонной оснастки, в основу которой положено классифицирование, расширенные структуры секций и интегральные модели прецедентов шаблонов;

2. Интерактивная классификация шаблонной оснастки, в которой определены и исследованы объекты классов шаблонов применительно к производственным технологическим процессам при изготовлении деталей силового набора планера самолета;

3. Разработанные на основе предложенной модели онтологии и методики, средства онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки представление которых осуществлено в вопросно-ответной моделирующей среде WIQA, и программные модули GRIP UG NX реализованные на основе предложенных алгоритмов проектирования повышающих качество оснастки и степень автоматизации проектных работ.

Практическая значимость и реализация результатов исследований.

Разработанный комплекс средств онтологической поддержки проектирования шаблонной оснастки дает возможность передвинуть «центр тяжести» работ по подготовке и организации производства изделий на ранние стадии проектирования и, следовательно, позволяет максимально совместить во времени процессы проектирования и технологическую подготовку производства (ТПП), что предопределяет условия для маневрирования различными ресурсами в зависимости от специфики производства и внешних факторов.

Практическая значимость работы подтверждается использованием её результатов и рекомендаций на основании акта внедрения в ОАО «Ил».

Апробация работы. Основные результаты диссертации доложены и представлены на следующих научно-практических конференциях: «Теория и практика современной науки». XII международная научно-практическая

конференция. Декабрь 2013, Москва. «Теория и практика современной науки». XIII международная научно-практическая конференция. Апрель 2014, Москва. «Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие». Международная научно-практическая интернет-конференция. Июнь 2014, Ижевск. «Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности». Международная научно-практическая конференция. Август 2014, Казань. «Системы управления жизненным циклом изделий авиационной техники: актуальные проблемы, исследования, опыт внедрения и перспективы развития. CALS-технологии в авиастроении». IV международная научно-практическая конференция. Октябрь 2014, Ульяновск. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015) 5-я Международная конференция. Февраль 2015, Минск, Беларусь.

Публикации. По теме диссертации опубликовано *14 работ* (статей), в т. ч. *9 работ* опубликованы в рецензируемых изданиях, определенных ВАК РФ, и имеются 2 свидетельства о регистрации ПО для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав основных результатов и выводов и списка литературы из 182 наименований; включает 108 рисунков, 8 таблиц.

Личный вклад соискателя. Научные результаты, приведенные в диссертационной работе и сформулированные в положениях, выносимых на защиту, получены автором лично. В работах, опубликованных в соавторстве с научным руководителем, последнему принадлежат формулировка концепции решаемой проблемы и постановка цели исследования. Специализация онтологии и ее применения к задачам проектирования шаблонной оснастки, рассматриваемые в совместных работах, предложены и разработаны лично автором. Для работ с соавторами по публикациям все особенности проектирования и моделирования сформулированы, специфицированы и реализованы лично диссертантом.

Содержание работы по главам:

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследований, обозначена научная новизна и практическая значимость полученных результатов исследований и экспериментов.

В первой главе дается краткий обзор существующего положения по проектированию и созданию деталей авиационной техники в условиях многономенклатурных производств, анализируются недостатки наиболее распространенных систем проектирования. На основании опыта разработок формулируются основные принципы и их техническая основа совершенствования процесса создания технических средств; рассмотрен ряд работ в области проектирования онтологических систем таких авторов, как Хорошевский В.Ф., [22] Загорулько Ю.А., [50-51] Гаврилова Т.А., [21] Соловьев В.Д., [113] Лукашевич Н.В., [2, 38, 76, 113] Добров Б.В., [88] Ландэ Д.В., [70] Смирнов С.В., [20, 108-112] Боргест Н.М., [4-10] Gruber T.R., [151] Berners-Lee T., Uschold M., [178] и многих других.

Во второй главе дано формализованное описание процессов построения интегрированной модели прецедентов и раскрыта ее составляющая. Независимо от того, что прецеденты разнообразны как по структуре, так и по содержанию, у шаблонов прецедентов существует подобная логика доступа, которая (в общем случае) приводит к логической модели прецедента. Также здесь представлена и описана концептуальная схема модели онтологии.

В третьей главе рассматриваются методические аспекты обеспечения работы с онтологией и словарями, показана реализация классификатора оснастки в WIQA, представлена структуризация словарей онтологии, разработаны алгоритмы проектирования шаблонной оснастки, рассмотрены архитектура и компонентный состав системы.

В четвертой главе представлены практическая реализация элементов комплекса средств онтологической поддержки процесса проектирования в вопросно-ответной моделирующей среде WIQA; рассмотрена работа интегрированных программных модулей GRIP проектирования шаблонов в рамках UG NX, а также представлены проведенные эксперименты и выявлены положительные эффекты от разработанного комплекса средств.

Глава 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В условиях ускорения научно-технического прогресса усложнился процесс создания сложных авиационных изделий гражданского и двойного назначения на всех этапах производства жизненного цикла, начиная с запуска конструкторской документации (КД) в производство, проектирования и изготовления необходимой технологической оснастки (ТО) и разработки технологических процессов (ТП) и заканчивая сдачей готового изделия в эксплуатацию. Многономенклатурное производство претерпевает в последнее время существенные изменения, и нередко можно наблюдать явление, когда даже первый опытный образец сложного технического изделия непосредственно передается заказчику для эксплуатации, немногим отличаясь от серийного образца как по уровню эксплуатационных характеристик, так и по уровню технической и конструкционной составляющих. Высокие требования, предъявляемые к технико-экономическим и эксплуатационным параметрам авиационных изделий, исключительный динамизм и значительная неопределенность информационных характеристик производственного процесса создают особые трудности на путях подготовки производства и изготовления воздушных судов (ВС).

1.1 Теоретические аспекты проектно-технологических решений подготовки многономенклатурных производств

Плазово-шаблонный метод вот уже более пятидесяти лет остается основным методом подготовки производства авиационной техники. Сложность формы конструктивных элементов планера самолета не позволяет задавать геометрические свойства сопрягаемых деталей и увязывать их (согласовывать форму и размеры) с помощью традиционных машиностроительных чертежей [105]. Интеграция тяжелых CAD/CAM-систем в жизненный цикл

производства изделия, позволяющая проектировщикам моделировать не только детали, но и сборочные единицы, создала предпосылки для перехода на бесплазовое производство. Однако значительную часть шаблонов все равно приходится делать (бесплазовое - не значит бесшаблонное), поскольку изготовление и контроль элементов конструкции на первых порах осуществляются по традиционной технологии [105]. Отказ от шаблонов возможен только после переоснащения всех этапов производства (включая сборку) новым поколением программно-управляемого оборудования, что с экономической точки зрения невыгодно. К примеру среднемагистральный пассажирский самолет типа *TU-204СМ* для изготовления требует порядка 70-80 тыс. ед. шаблонной оснастки различной номенклатуры, грузовой лайнер типа *Ил-76МД-90А* – до 90-110 тыс. ед., грузовой лайнер типа *Ан-124 «Руслан»* – до 140-160 тыс. ед.

Кроме того, для увязки деталей, входящих в каждое плоское сечение конструкции самолёта, необходима система жестких носителей, фиксирующих контуры внутренних деталей, входящих в состав данного сечения. Так, например, большие по величине детали приходится увязывать посредством листовых металлических контрольно-контурных шаблонов (ШКК) [118].

В проектировании металлических листовых шаблонов общего случая приходится творчески решать задачи их конструктивного конфигурирования, учитывающие создание технологических условий для применения шаблонов в изготовлении, контроле и сборке авиационных деталей. По этим причинам геометрия любого конфигурируемого шаблона сложнее геометрии детали, для работы с которой он создан.

1.1.1 Жизненный цикл изготовления шаблонной оснастки

Детали, получаемые шаблонным методом, находят широкое применение при изготовлении элементов конструкции ВС. Так при изготовлении различных элементов жёсткости (стрингеров, лонжеронов и т. д.) используется метод изготовления деталей по шаблонам (рис. 1.1).

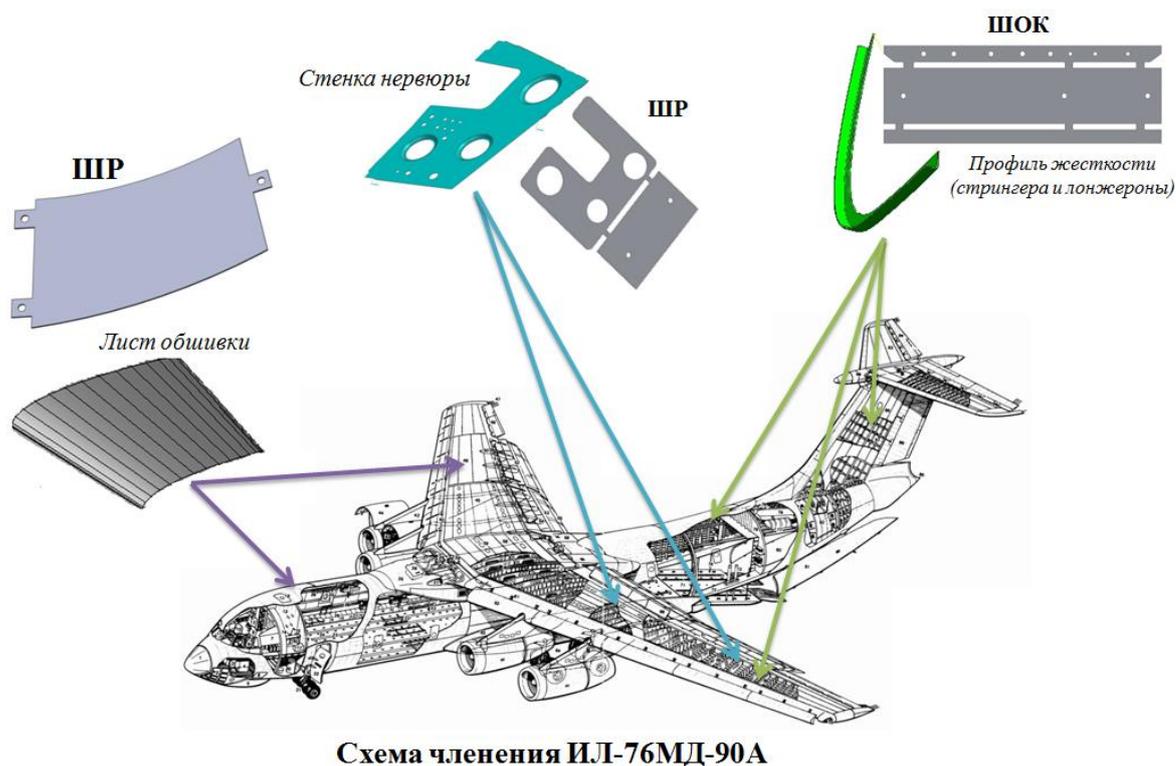


Рис. 1.1. Определение взаимосвязи шаблонов и деталей в конструкции ВС

При проектировании шаблонной оснастки для изготовления деталей инженер-конструктор руководствуется различными нормативными документами: ГОСТ, техническими условиями (ТУ), техническими инструкциями (ТИ), где жёстко заданы параметры разрабатываемых инженерных решений, а весь процесс разработки формализован. При этом он фактически действует по определённому алгоритму. Например, стандарт предприятия [118], регламентирующий проектирование шаблонной оснастки, содержит ряд требований, зависящих от нескольких параметров изготавливаемых деталей. В конструкции самолета всегда можно найти типовые детали, геометрию которых можно задать единым параметрическим чертежом (например, стрингеры). При каждом изменении параметров детали необходимо перестраивать чертежи и/или 3D-модели элементов ТО, что в условиях ЖЦ оснастки (рис. 1.2) трудоемко. Однако действия, поддающиеся формализации, экономически выгоднее возложить на ЭВМ, освободив конструктора для решения более сложных задач.

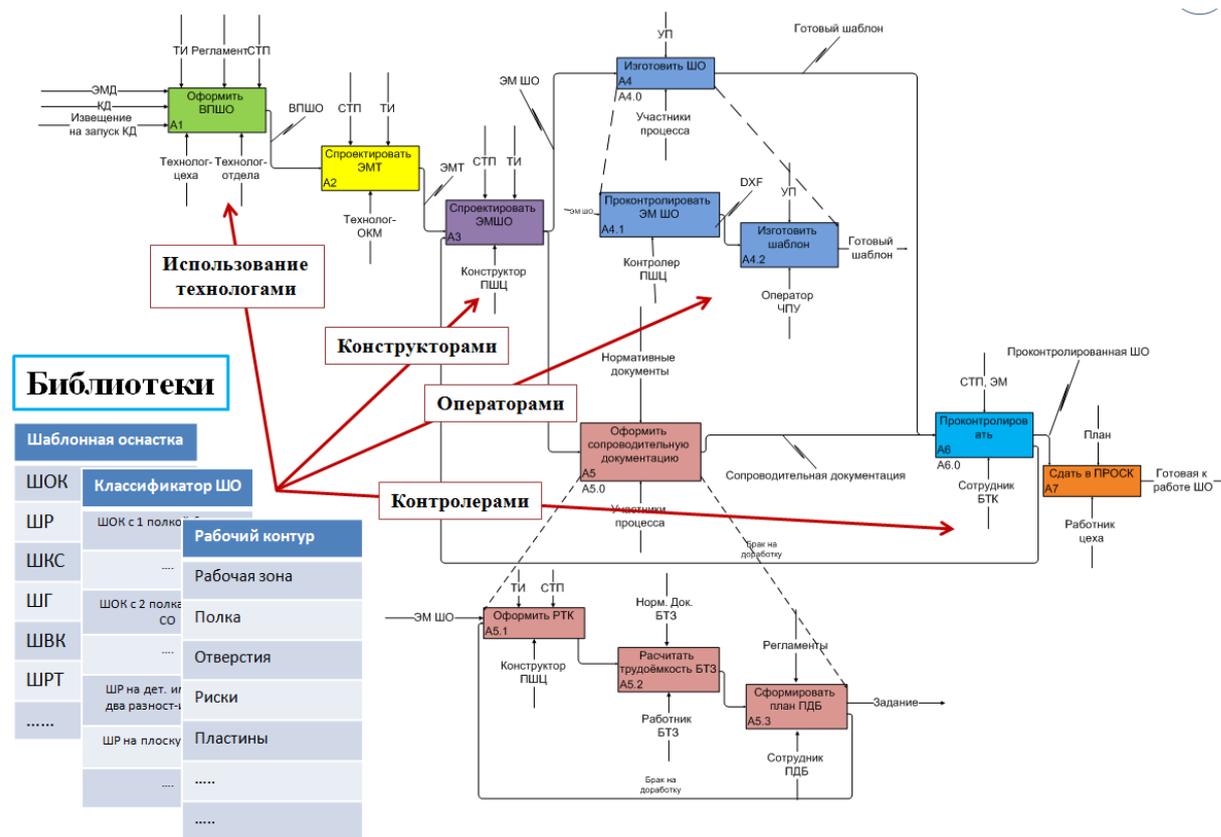


Рис. 1.2. Жизненный цикл плоского металлического шаблона.

1.2 Комплексный анализ существующих средств представления онтологий

Независимо от различных подходов автором выделяется 3 основных принципа классификации онтологий [7]:

- по степени формальности;
- по наполнению, содержанию;
- по цели создания.

Процесс проектирования технологической оснастки предоставляет спецификацию входных и выходных данных, которые могут быть использованы как спецификация программы. Сходным образом онтологии могут быть использованы, чтобы предоставить конкретную спецификацию имен терминов и значений терминов. Онтологии могут быть представлены как спектр (рис. 1.3) в зависимости от деталей реализации [7, 108].

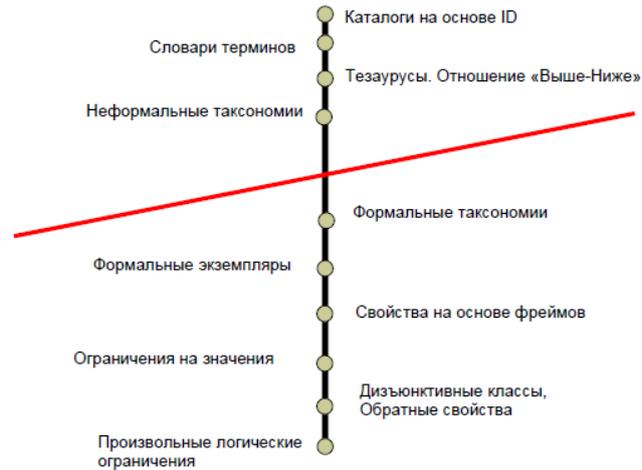


Рис. 1.3. Спектр онтологий

Исходя из вышеизложенного можно выделить два основных типа онтологий:

- Онтологии предметных областей.

Назначение схоже с назначением онтологий верхнего уровня, но область интереса ограничена предметной областью (авиация, медицина, культура) [7].

Примеры: АвиаОнтология, CIDOC CRM, UMLS.

- Прикладные онтологии.

Назначение этих онтологий в том, чтобы описать концептуальную модель конкретной задачи или приложения. Они содержат наиболее специфичную информацию (рис. 1.4).

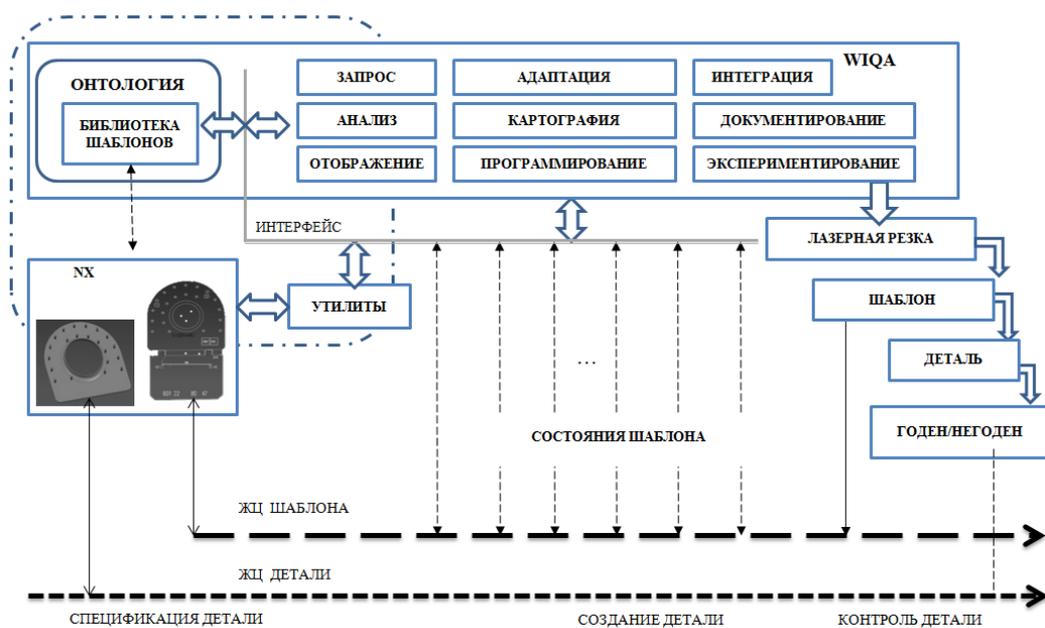


Рис. 1.4. Проекция онтологии на жизненный цикл шаблонной оснастки

Онтологии как форма представления знаний используются в программировании; наиболее широкое применение они нашли в построении семантической паутины, системах искусственного интеллекта, экспертных системах и прочих областях, где знаниями оперируют в близких онтологиям форматах.

Количество общедоступных редакторов онтологий превысило 100. Но количество пока не перешло в качество. Одними из широко используемых редакторов онтологий (рис. 1.5) можно считать такие программные продукты, как: Ontolingua, Protege, Magenta, Ontosaurus, OntoEdit, WebODE и др. [7, 9].

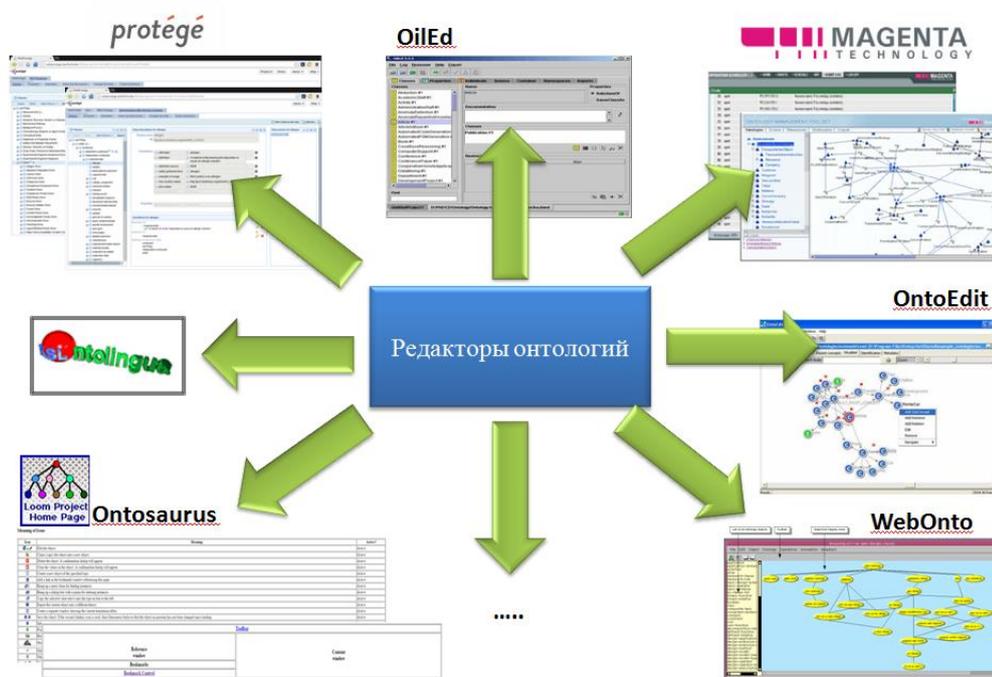


Рис. 1.5. Имеющиеся редакторы онтологий

Однако, анализируя имеющиеся редакторы, можно прийти к выводу, что большинство из них обладают схожими недостатками, среди которых можно выделить такие как: сложность процесса разработки и отладки в условиях обеспечения кроссплатформенности; меньшую скорость работы приложения по сравнению с аналогами, написанными для одной платформы; существование особых требований для работы приложения, например, наличия виртуальной Java-машины, соединения с Интернетом либо необходимой интегрированной среды разработки [24].

Кроме того, поскольку работа с онтологиями является довольно узкоспециализированной деятельностью, существующие редакторы обладают зачастую плохо проработанным руководством пользователя и контекстной помощью, и почти никакие из них не имеют русифицированных руководств и интерфейсов. Эти проблемы создают достаточно высокий порог вхождения для пользователя, обуславливая значительные требования к его подготовке для работы с приложением и препятствуя тому, чтобы онтологии использовались им в качестве вспомогательных средств при работе над иным проектом [24].

Автором предлагается включить в инструментально-технологическое сопровождение процессов проектирования авиационных шаблонов средства онтологического сопровождения, которые обеспечат:

- контролируемое накопление опыта разработок шаблонов в форме моделей прецедентов, подготовленных к повторному использованию;
- систематизацию моделей шаблонов, в основу которой положено интерактивное классифицирование и связывание с использованием механизмов систематизации в онтологиях;
- контролируемое использование лексики, включая понятия, в документах, разрабатываемых в процессе работ.

Важной особенностью предлагаемых средств является то, что они опираются на результаты экспериментов, которые проводятся с семантическими моделями шаблонов и моделями программ числового программного управления, которые используются в их производстве.

Для проведения экспериментов, создания модели онтологии и средств онтологического сопровождения предлагается использовать вопросно-ответную моделирующую среду WIQA, средства которой были адаптированы к инструментальной поддержке жизненного цикла шаблонов [114, 115].

В соответствии с установками предлагаемого подхода, изложенного выше, «онтология» предназначена для систематизации моделей шаблонов, которые разработаны и используются в производстве авиационных деталей.

В спецификациях «онтологии» и её материализации принципиальное место занимает вопросно-ответная память (QA-память) [116] инструментария WIQA, обобщённо представленная на рисунке 1.6.

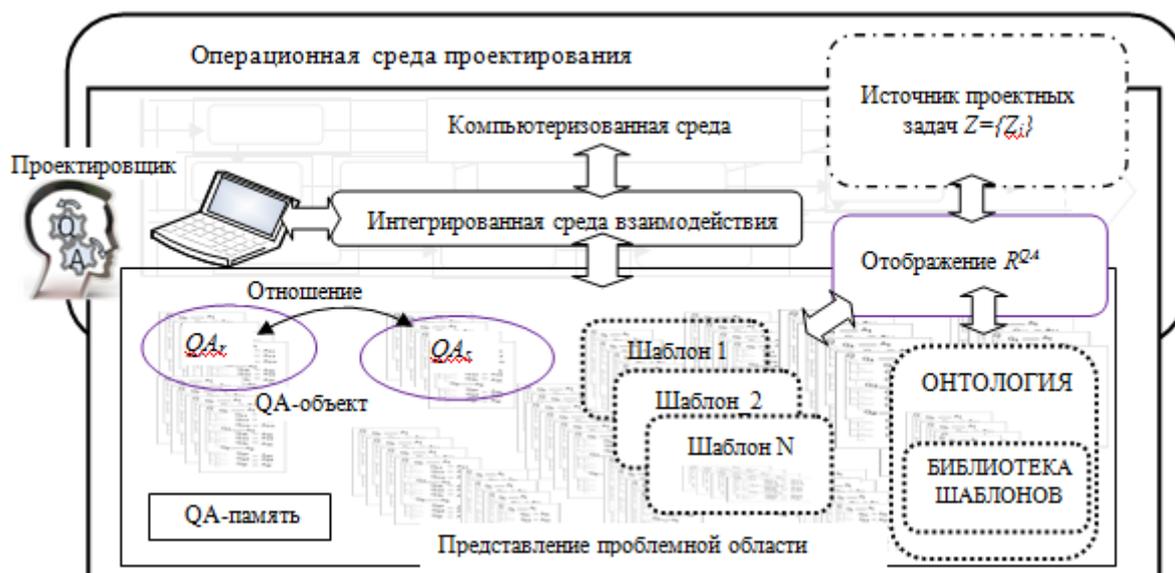


Рис. 1.6. Представление структуры вопросно-ответной памяти

QA-память – это подсистема инструментария WIQA, предназначенная для семантического моделирования составляющих процесса проектирования в решении задач. [116] Конкретная вопросно-ответная модель (QA-модель) объекта загружается в ячейки QA-памяти, каждая из которых используется для хранения спецификации или совокупности спецификаций объекта моделирования. Детали представления спецификаций в вопросно-ответной форме раскрыты в [77]. Типовая ячейка памяти приведена на рисунке 1.7.

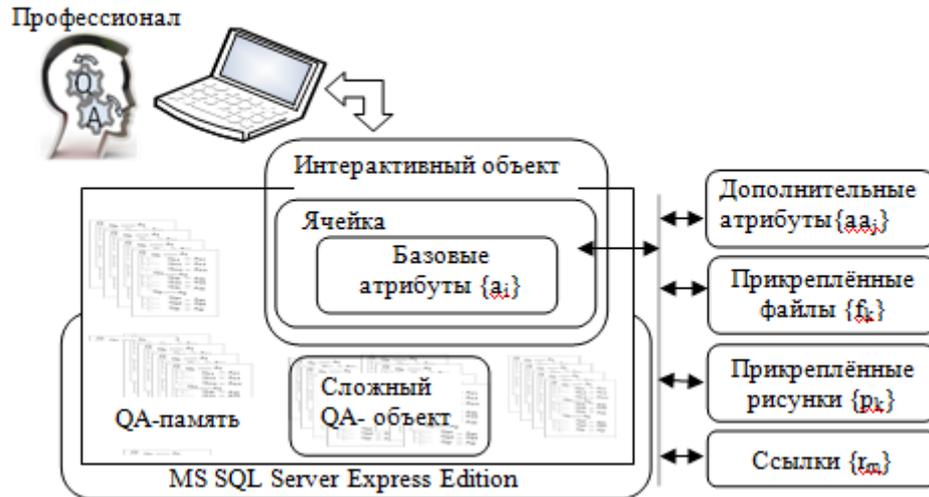


Рис. 1.7. Типовая ячейка памяти в WIQA

В число базовых атрибутов ячейки QA-памяти включены: уникальное имя модели (тип и индекс, приписываемый автоматически), например Q1.1.2, способное выполнять роль адреса ячейки; идентификатор создателя модели, то есть имя I; знаковая модель Q или A в форме символьной строки; момент времени создания или модификации; имя проекта и другие атрибуты. Версия ячейки QA-памяти, адаптированная к регистрации составляющих онтологии, приведена на рисунке 1.8 [77].

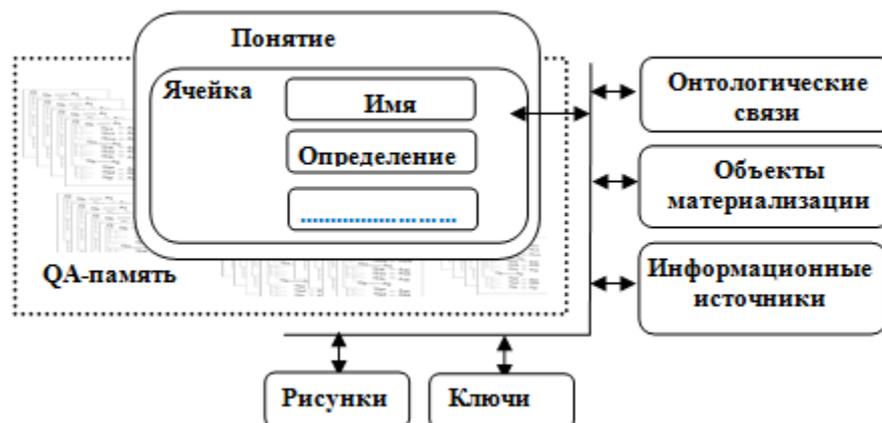


Рис. 1.8. Ячейка QA-памяти, адаптированная к регистрации составляющих онтологии

1.3 Современные принципы и предпосылки разработки классификатора шаблонной оснастки

В настоящее время одним из узких мест в плане подготовки проектирования и изготовления шаблонной оснастки является нормативно-техническая и организационная документация (НТОД): стандарты (государственные, отраслевые [90-94], предприятия [117-118]), инструкции [122-124], положения, директивы и т. п. – основными недостатками которой можно считать:

- моральное устаревание (большинство документов имеют редакцию времен СССР);
- отсутствие адаптации под современные средства информационных технологий;
- неоднозначность, порою противоречивость, процесса проектирования оснастки с точки зрения стандартов и технологических инструкций;
- отсутствие классификации шаблонов по подтипам (рис. 1.9), имеется только общий, поверхностный классификатор видов шаблонов;
- отсутствие классификации элементов шаблонной оснастки.

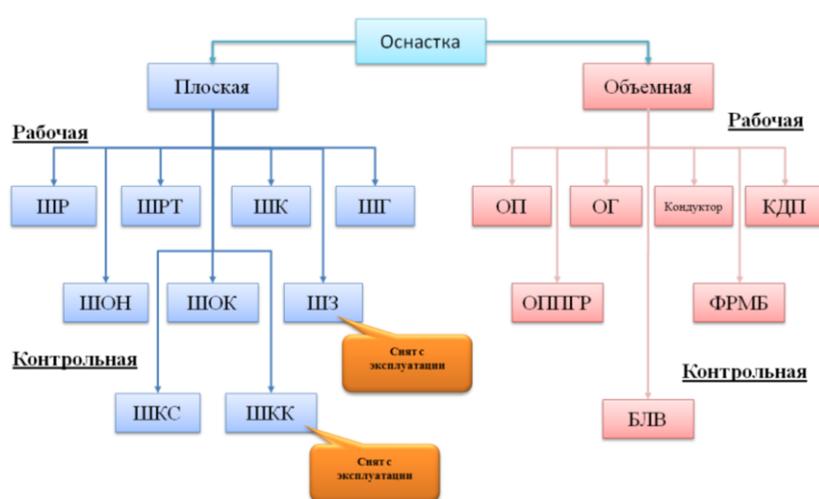


Рис . 1.9. Классификация оснастки согласно СТП 687.07.0873-2004

По результатам анализа НТОД ЗАО «Авиастар-СП» [117–118, 121–124] выявлены следующие элементы шаблонной оснастки, структурированные по принципу принадлежности:

1 Риска.

- 1.1 Установочная линия;
- 1.2 Риска рабочего контура;
- 1.3 Риска начала гиба (конца гиба);
-

2 Отверстия:

- 2.1 Базовые (БО);
- 2.2 Направляющие (НО);
- 2.3 Сборочные (СО);
-

3 Рабочий контур (комплексный элемент):

- 3.1 Рабочая зона (площадь);
- 3.2 Пластины;
- 3.3 Отверстия(по принадлежности к типу);
- 3.4 Риски (по принадлежности к типу);
- 3.5 Технологические ушки;

На большей части шаблонов имеется специфический элемент - добавок, который можно представить как комплексный элемент. Ниже раскрыта его конструктивная составляющая для всех типов шаблонов.

4 Добавок (комплексный элемент):

- 4.1 Площадь для информации/усиления;
- 4.2 Окна под струбцины;

4.3 Смотровые окна;

4.4 Перемычки;

....

5 Технологическая информация:

5.1 Специальная (наносится только на рабочий контур).

5.2 Общая (Наноситься на добавок).

На рисунке 1.10 представлен эскиз шаблона обрезки и кондуктора (ШОК), применяемый для изготовления профильных деталей и составляющий до 40% всей номенклатуры изготавливаемых шаблонов, на котором графически показаны составляющие его простые и комплексные элементы.

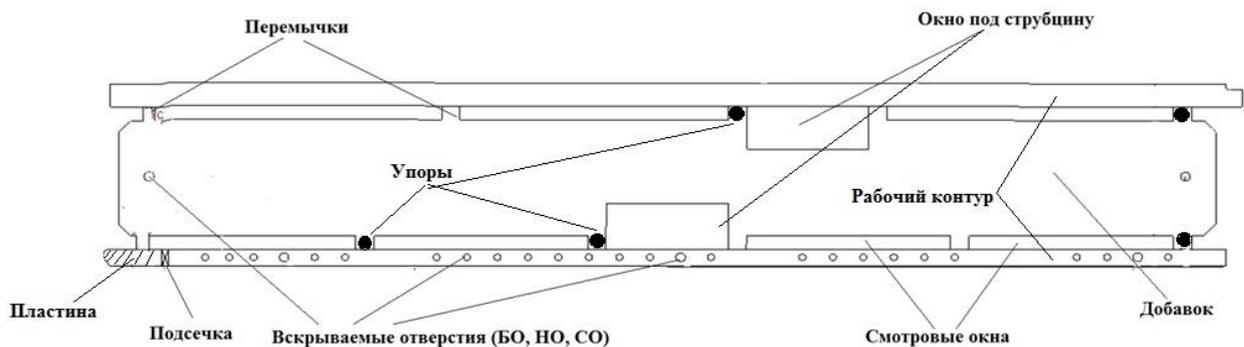


Рис. 1.10. Эскиз ШОК

Основанием для разработки Классификатора явилось отсутствие в [90–94, 117–118, 121–124] более глубокой классификации шаблонов, наличие не используемой в настоящее время номенклатуры типов шаблонной оснастки и отсутствие в последних требований к проектированию ТО согласно ISO 9001, облегчающих в дальнейшем автоматизацию проектно-конструкторских работ с использованием передовых информационных технологий.

Все множество изделий в Классификаторе принадлежит к одному суперклассу – Оснастка. Этот класс считается высшим в иерархии и имеет нулевой уровень классификации. Исходя из того, что суперкласс уникален по своей природе, его обозначение в классификационной составляющей опускается/

Все множество оснастки разделено в Классификаторе на следующие группы классов: Рабочая и Контрольная [87].

Наиболее общие признаки, использованные на верхних уровнях классификации, конкретизируются на последующих уровнях.

В первых двух классах «Рабочая оснастка» и «Контрольная оснастка» на первом уровне классификации применен признак «функциональный», который является наиболее объективным, стабильным, раскрывающим существенные характеристики детали независимо от ее геометрической формы и принадлежности к другим изделиям.

Далее множество изделий классов по функциональному признаку подразделяется на подклассы, классифицирующиеся по геометрической форме:

1 Рабочая оснастка:

1.1 Плоская.

1.2 Условно-плоская.

1.3 Объемная.

2 Контрольная оснастка:

2.1 Плоская.

2.2 Объемная.

Признак «геометрическая форма» конкретизируется на последующих уровнях классификации по следующим признакам: параметрический, конструктивный и наименование оснастки.

Каждый подкласс состоит из нескольких групп, каждая группа – из подгрупп, подгруппа включает себя несколько видов, вид – множество подвидов, подвид определен несколькими типами, каждый тип состоит из группы комплексных элементов.

Ниже представлена часть древа классификатора имеющее следующий вид:

1 Рабочая.

1.1 Плоская.

1.1.1 Шаблоны.

1.1.1.1 Цельный.

1.1.1.1.1 ШОК.

1.1.1.1.1.1 Деталь из уголкового профиля.

1.1.1.1.1.1.01 Шаблон с 1 полкой без отверстий.

1.1.1.1.1.1.01 0000. Без добавка.

1.1.1.1.1.1.01 1000. С добавком.

.....

Графическое формализованное представление части Классификатора приведено на рисунке 1.11.

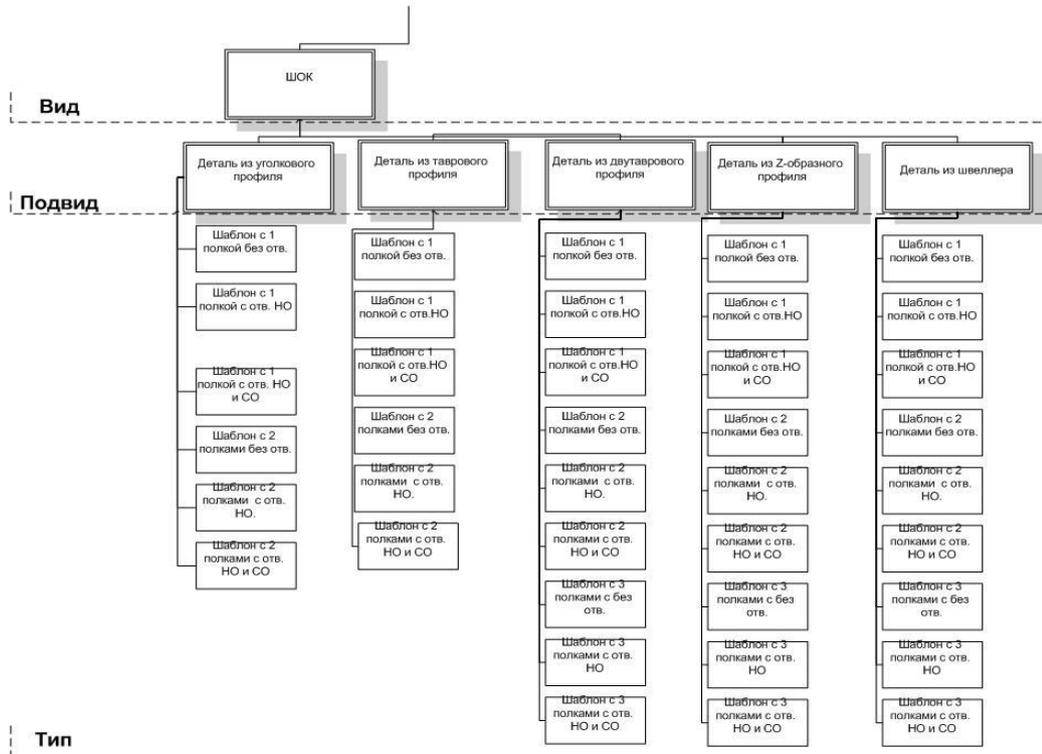


Рис. 1.11. Детализация нижних уровней классификатора

В ходе выполнения научных исследований, при поиске приёмов повышения универсальности и расширяемости создаваемых систем автоматизированного проектирования ТО, автором выделяется основной принцип проектирования САПР:

- Применение CAD-систем, использующих прикладные специализированные модули проектирования с алгоритмами построения моделей ТО на основе имеющейся геометрической модели детали.

Обычно такими специализированными модулями становятся собственные разработки предприятия (или разработки сторонних организаций, выполненных по техническому заданию предприятия - заказчика), именуемые прикладными САПР [44-48, 127]. В целом схема этапов автоматизированной подготовки производства деталей самолета с использованием изложенного подхода представлена на рисунке 1.12.

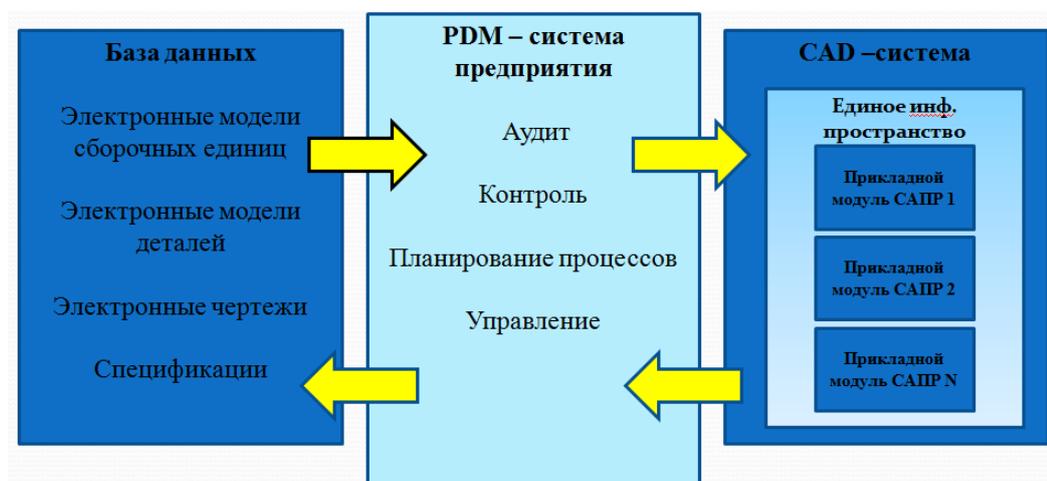


Рис. 1.12. Схема работы прикладных модулей САПР

На базовом предприятии, в одной из стандартных CAD-систем, подготавливаются электронные технологические модели деталей, служащие исходной информацией для проектирования моделей шаблонной оснастки. Прикладная САПР, являющаяся частью интегрированной информационной системы, должна обеспечить процесс проектирования определенного типа оснастки с учетом всех требований, изложенных в нормативах и стандартах

предприятия, обеспечить нанесение технологической информации на геометрическую модель оснастки, а также автоматизировать процесс проектирования необходимой технологической документации на ТО P_1^{TO} . Геометрические модели оснастки и документация сохраняются в базе данных (БД).

1.4 Краткая характеристика существующего положения по технологической подготовке в условиях многономенклатурных производств

Шаблонный метод — метод зависимого образования форм и размеров сопрягаемых элементов конструкции летательных аппаратов и ТО, необходимой для изготовления и сборки этих элементов [118]. Метод основан на перенесении форм и размеров деталей и оснастки с единого эталона форм и размеров, которым является электронная модель детали изделия с проекциями и сечениями.

Форму и размеры деталей летательных аппаратов P_1^D и оснастки P_1^{TO} воспроизводят и контролируют с помощью комплекта увязанных между собой жёстких металлических шаблонов, скопированных по отдельным сечениям с электронной модели детали $P_1^{ЭМ}$. Для связанного перенесения размеров и формы деталей с электронной модели в производство служат шаблоны $P_1^Ш$.

Технологическая увязка шаблонов предусматривает обеспечение геометрической взаимозаменяемости или заменяемости, как между отдельными деталями, так и между отдельными узлами, агрегатами [118].

$$P_{TV}^{Ш} = G^s(\{P_1^D, P_1^{TO}, P_1^{ЭМ}\}, t), \quad (1.1)$$

где G^B — геометрическая взаимозаменяемость,

t — время.

Эта увязка достигается за счет одновременного изготовления комплекта шаблонов, выполненных по одним и тем же конструктивным сечениям, которые подразделяются на следующие виды [119]:

- P_D^{TO} – детальный комплект шаблонов;
- P_Y^{TO} – узловой комплект шаблонов;
- P_{II}^{TO} – комплект шаблонов приспособлений.

Детальный комплект шаблонов представляет собой группу шаблонов, связанных между собой технологическим процессом изготовления детали.

Примером такого комплекта могут служить шаблоны **ШК** (шаблон контура), **ШВК** (шаблон внутреннего контура), **ШР** (шаблон развертки), **ШРТ** (шаблон размерного травления) [118].

Технологическая увязка комплекта шаблонов выражается в следующем P_{TY}^{III} :

- электронная модель детали обеспечивает взаимную увязку шаблонов ШВК, ШР и является источником их изготовления $P_{ШР}^{ЭМ}$;
- по шаблону ШР изготавливается шаблон ШРТ $P_{ШРТ}$;
- по шаблону ШВК $P_{ШВК}$ изготавливается формблок, оправка, штамп.

$$P_{TY}^{III} = P_{ШР}^{ЭМ} \prec P_{ШРТ} \prec P_{ШВК} \prec P_I^{TO}. \quad (1.2)$$

Узловой комплект шаблонов представляет собой группу шаблонов, входящих в данный узел, и объединяет несколько детальных комплектов шаблонов. Примером такого комплекта может служить комплект шаблонов для изготовления нервюры P_H^{III} , в который входят:

$$P_H^{III} = \{P_{H(c)}^{III}, \dots, P_{H(n)}^{III}\} \quad (1.3)$$

- детальный комплект шаблонов на изготовление стенки нервюры $P_{H(c)}^{III}$;
- детальный комплект шаблонов на изготовление профилей $P_{H(n)}^{III}$.

Несмотря на повышение применения методов электронной увязки и цифрового производства, использующего средства ЭВМ и обработку станков с ЧПУ, изготовление деталей по шаблонам в ряде случаев оказывается более экономически выгодным, чем использование станков с ЧПУ.

Повышение точности изготовления деталей по шаблонам достигается за счет цифровой увязки и изготовления шаблонов вырезкой на лазерном станке с ЧПУ. Как показывает практика, изготовление деталей из профилей выполняется по шаблонам типа ШОК, составляющим 80% всей номенклатуры ПШО.

1.4.1 Классификация, назначение, применение и порядок изготовления шаблонов

Шаблоны изготавливаются из холоднокатаной стали толщиной 2,0 мм. Заготовка шаблона должна иметь ровную поверхность, обеспечивающую плотное прилегание к плоскости плиты [118].

В зависимости от конфигурации, заготовка шаблона может быть выполнена по различному контуру на высечном станке, гильотинных ножницах, рычажных ножницах, комбинированных пресс-ножницах, на станках с ЧПУ с применением лазера.

Шаблоны большой длины, но малой ширины (ШР, ШВК, ШК, ШГ, ШОК плоск.), как прямолинейные, так и криволинейные, следует вырезать с добавочным материалом (припуском) для жесткости (рис. 1.13). Шаблоны менее 100 мм надо вырезать с добавочным материалом для размещения информации (рис. 1.14) [118].

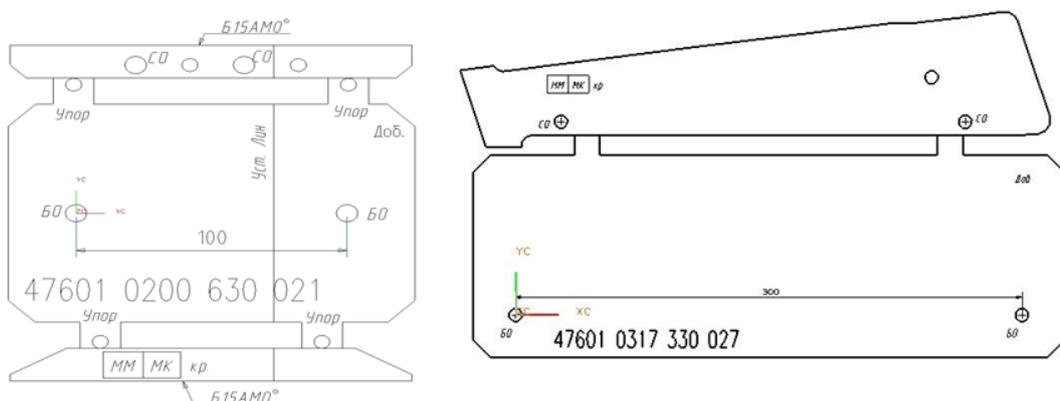


Рис.1.13. Примеры шаблонов с добавочным материалом для жесткости

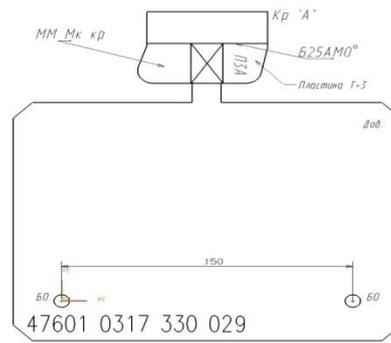


Рис. 1.14. Пример шаблона на деталь длиной меньше 100 мм

Добавочный материал шаблона изготавливается из одного с ним листа, как единое целое.

Для деталей из прессованного профиля окна под крепление струбцин и смотровые окна шаблона нужно выполнять с размерами: шириной от 40 мм до 50 мм, длиной от 80 мм до 100 мм [118].

Практическая реализация данных принципов требует пересмотра многих общепринятых положений и методов организации процесса создания данного класса ТО, в том числе совершенствования и разработки методов и методик, повышающих эффективность автоматизированных систем проектирования в технологической подготовке производства, и определения ее места и роли при создании шаблонной оснастки.

1.5 Применения основных схем увязки форм и размеров деталей и оснастки

1.5.1 Сборочные отверстия (СО)

Сборка с базированием по СО – это процесс, при котором взаимное расположение собираемых деталей определяется положением на них СО, в которые на период сборки вставляют фиксаторы [91, 118].

СО вскрываются только в пакете, состоящем не более чем из двух деталей (рис. 1.15). Основанием для вскрытия СО в шаблонах служит указание в ведомости плазово-шаблонной оснастки (ВПШО). СО обязательно вскрываются во всех деталях, указанных в ВПШО, в одних и тех же местах.

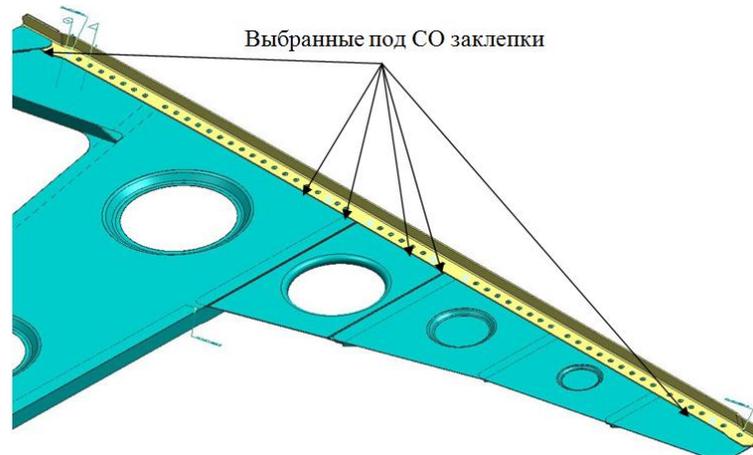


Рис. 1.15. Вскрытие СО в профиле и стенке нервюры

В настоящее время схема увязки деталей по СО с использованием САД-систем приобретает совершенно иной вид. Инженер на стадии проработки ЭМСЕ может сразу определить в каком месте будут располагаться СО в ответных деталях.

Более того, часть шаблонов на сегодняшний день снято с изготовления ввиду их нецелесообразности. Одним из таких шаблонов может служить ШК, предназначенный для изготовления плоской оснастки (ШР, ШОК, ШВК) и объемной оснастки (форм-блоков, матриц гибочных штампов и прочего), т. к. в САПР весь необходимый комплект шаблонов можно спроектировать и увязать непосредственно на ЭМТ, сгенерировав, к примеру, технологическую подборку оснастки. Ниже, на рисунке 1.16, в качестве примера рассмотрена схема увязки по СО профильной детали (типа «уголковый стрингер» одинарной кривизны) и листовой (стенка нервюры крыла).

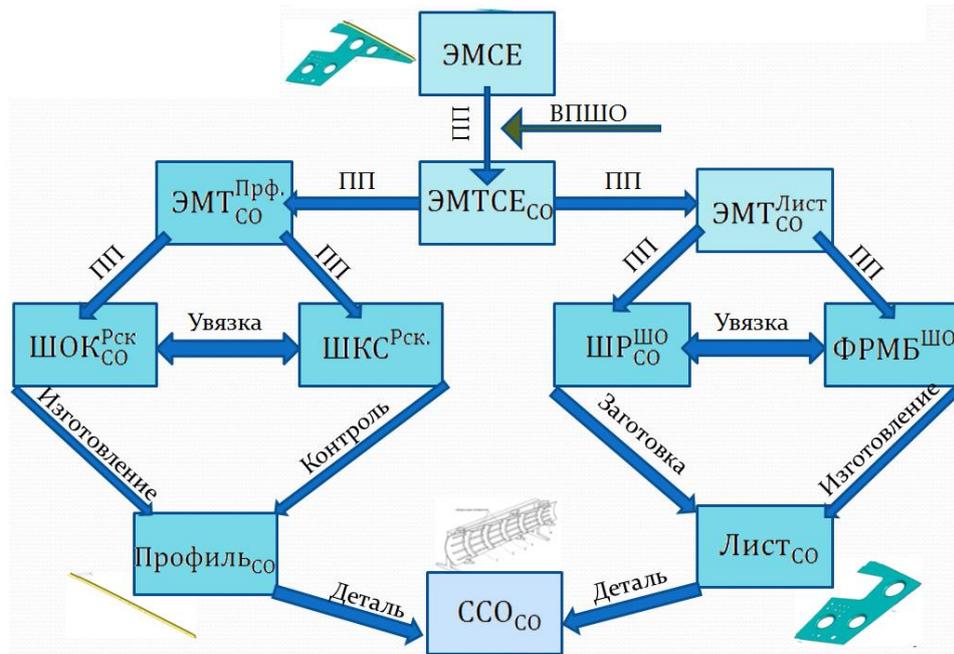


Рис. 1.16. Схема увязки по СО профильных и листовых деталей

В данной схеме особое внимание следует уделить ШОК и ШР, т. к. именно в этих шаблонах будут заложены СО. Ошибка при проектировании оснастки на этой стадии может привести к тому, что на этапе сборки детали просто невозможно будет состыковать, что в конечном итоге приведет к браковке деталей и возможной утилизации. Именно поэтому стадия проектирования шаблонной оснастки является наиболее важной в процессе подготовки ТО.

1.5.2 Шпилечные отверстия

Шпилечные отверстия предназначаются для установки заготовок деталей на шпильках форм-блоков в определенное положение, которое позволяет после формообразования получить деталь (рис. 1.17) [91, 118].

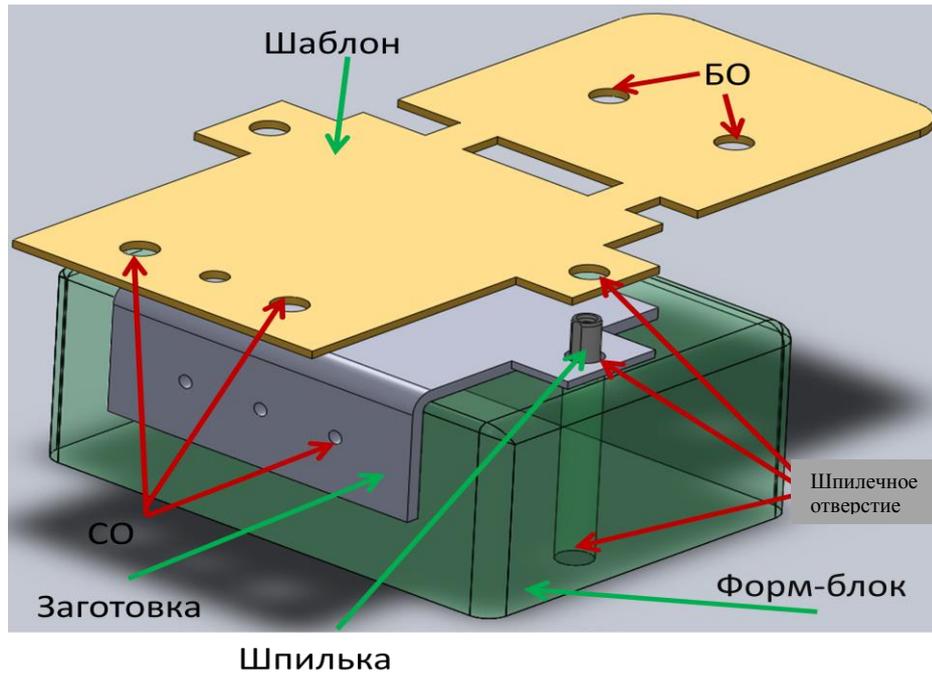


Рис.1.17 Пример расположения шпильчных отверстий

При разметке шпильчных отверстий руководствоваться правилами указанными в [92, 118].

Шпильчные отверстия в детальном комплекте шаблонов должны быть согласованы между собой.

1.5.3 Базовые отверстия

Базовые отверстия (БО) служат для фиксации заготовок шаблонов в процессе разметки и контроля на стенде для обработки объемной оснастки или плаз-кондукторе при контроле объемной оснастки или разметке теоретических осей и контуров [91].

Расстояние между БО должно быть кратно 50 мм (рис. 1.18).

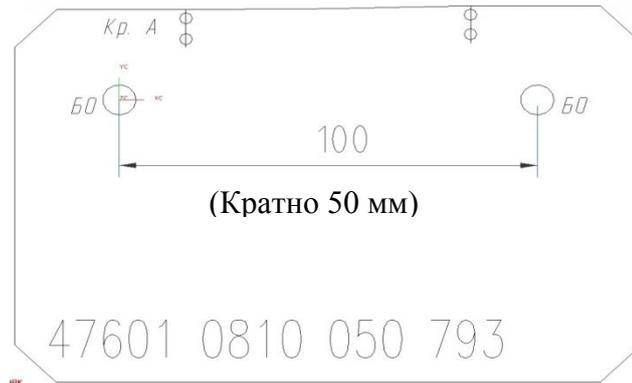


Рис. 1.18. Схема расположения БО на ШКСн

1.6 Обзор современных САПР, использующихся в авиационной отрасли, и их краткие характеристики

Предварительная оценка проектного решения и этап конструирования включают комплекс расчетов для выявления характеристик (прочностных, гидродинамических и т. п.) изделия и его элементов. Источником информации на этом этапе, а также при подготовке производства, когда проектируется и изготавливается необходимая ТО, и, наконец, в процессе контроля изготовленных узлов и деталей является математическая модель объекта. Таким образом, все расчеты, выполняемые в процессе создания объекта, базируются на геометрической информации об изделии, которая как бы объединяет все этапы указанного процесса. Это обстоятельство находит свое отражение в автоматизированных системах проектирования и ТПП. Основной компонентой этих систем является подсистема геометрического моделирования.

В настоящее время в авиационной отрасли наиболее широкое распространение получили системы «САТИА», «UG NX» и «Компас».

«САТИА» – система автоматизированного проектирования (САПР) французской фирмы Dassault Systèmes [54].

С помощью средств 3D-моделирования инженеры могут на ранних стадиях проектирования анализировать ключевые факторы, определяющие качество и рабочие характеристики продукции. Виртуальные прототипы в сочетании с

цифровым анализом и имитационным моделированием позволяют разработчикам новой продукции виртуально создавать и анализировать механическую продукцию и ее окружение.

Следующая система – **UG NX** – система автоматизированного проектирования от мирового лидера в разработке программного обеспечения Siemens PLM Software.

UG NX обладает мощными и функциональными инструментами, интегрируя все аспекты процессов «от проектирования до производства» в единое высокотехнологичное решение для создания полного цифрового макета изделия. Построенный на открытой технологии, **UG NX** предлагает неограниченные возможности для достижения максимальной производительности на всех этапах создания изделия [55].

UG NX объединяет проектирование, технологическую подготовку, симуляцию и другие процессы, что ускоряет принятие управленческих и производственных решений [55].

Решения **UG NX** для автоматизации подготовки производства включают в себя инструменты для настройки и расширения функциональности **NX UGS** под конкретные потребности заказчика:

- Программирование, управляемое знаниями — создание управляемых знаниями приложений (Knowledge Fusion);
- Протоколирование — запись и воспроизведение интерактивных сеансов работы;
- API-интерфейсы;
- Настройка — средства настройки пользовательского интерфейса.

«Компас» — семейство САПР с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС.

Система **«Компас-3D»** предназначена для создания трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели

типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства [56].

Однако следует отметить, что во всех вышеуказанных САПР отсутствует адаптируемость под технологическую составляющую современных машиностроительных предприятий России. Исходя из этого, проектирование большей части ТО осуществляется в так называемом «ручном» режиме, что довольно трудоемко и влечет за собою огромное количество проектных и конструкционных ошибок, которые оказывают существенное влияние на сроки, качество и стоимость конечного изделия в целом.

1.7 Постановка задачи исследований для совершенствования процессов технологической подготовки в многономенклатурном производстве

На основании вышеизложенного становится ясной основная задача исследований, а именно – подготовка и разработка информационных средств поддержки и совершенствования процессов проектирования шаблонной оснастки в области ТПП авиационного предприятия.

Бурное развитие информационных технологий существенно изменили сам процесс проектирования и, как следствие, требования к узкопрофильным специалистам, создающим сложные системы и объекты. Одновременное освоение знаний предметной области создаваемого объекта (самолет, двигатель, космический аппарат и т. п.) и информационных технологий чаще всего приводят к компромиссу в ту или другую сторону. Владеющие в совершенстве одним, чаще всего слабо разбираются в другом. Что касается проектирования, то, несмотря на значительную часть проектных процедур и операций, которые с легкостью решаются современными компьютерами, наиболее ответственные участки не формализованы и соответственно не компьютеризированы. Подход к решению этих сложных участков видится в дальнейшей интеллектуализации САПР.

Онтология, традиционно философская дисциплина, нашла свое продолжение и развитие в форме онтологического анализа. Онтология

проектирования определяет суть сложного процесса моделирования будущего. Онтология как наука о сущем в своем прикладном значении исследует закономерности того, что уже существует. Проектирование же изначально процесс создания того, чего еще нет. Но в большинстве случаев проектирование базируется на изученных и исследованных закономерностях [76].

Учет специфики проектных решений приводит к необходимости формирования онтологии шаблонной оснастки особой структуры, включающей в себя систему понятий предметной области, семантические отношения между ними и функции интерпретации. Поскольку любая проектируемая оснастка напрямую зависит от КД и изменяет свое состояние в соответствии с жизненным циклом основного изделия, онтология шаблонной оснастки должна обладать функциями адаптации к различным этапам жизненного цикла с учетом возможности ее использования всеми участниками, вовлеченными в процесс проектирования и изготовления деталей ВС. Таким образом, проектная онтология авиационного производства ТО должна обладать свойствами интегрируемости, адаптивности и структурности. Ведущие исследователи в области онтологических систем, такие как Хорошевский В.Ф., Загорулько Ю.А., Гаврилова Т.А., Соловьев В.Д., Лукашевич Н.В., Добров Б.В., Ландэ Д.В., Смирнов С.В., Gruber T.R., Berners-Lee T., Uschold M., и другие отмечают актуальность исследований, основанных на онтологическом подходе. В трудах данных исследователей отмечается важность использования онтологического инжиниринга в процессе проектирования. В настоящее время применение онтологий в производстве авиационных изделий с учетом специфики предметной области в контексте жизненного цикла крайне мало и еще не получило должного развития. Следовательно, актуальным является разработка моделей, методик и алгоритмов совершенствования процессов проектирования шаблонной оснастки на основе предметно-ориентированной проектной онтологии.

Таким образом, в данной работе ставятся следующие задачи исследований для получения конечных положительных результатов:

1.7.1 Обобщенная постановка задачи

Анализ существующих программных средств и научно-исследовательских работ в области проектирования и изготовления шаблонов, а также оценка возможностей средств онтологической поддержки и их применения к решению задачи повышения качества проектирования шаблонов в условиях производства предприятий авиационной отрасли подвели автора к следующей обобщенной постановке задач диссертационного исследования:

Z* 1. Разработка комплекса средств онтологической поддержки проектирования шаблонов, обеспечивающего повышение качества и снижение трудоемкости их разработки с использованием САД-системы твердотельного моделирования за счет применения онтологии, классификации шаблонов и моделирования их алгоритмики, включенных в жизненный цикл проектирования шаблонов.

2. В цикл проектирования шаблонов следует включить возможность их исполнения и исследования на уровне псевдокодowego представления на этапах формирования запроса на оснастку (ВПШО) с последующей интерпретацией проектирования шаблона в GRIP.

3. Средства повышения уровня автоматизации проектирования шаблонов должны быть реализованы в виде интегрированных модулей САПР UG NX, в дополнение к которым разработаны комплекс средств онтологической поддержки и классификатор шаблонной оснастки как приложение, созданное в вопросно-ответной моделирующей среде WIQA.

Обобщенная формулировка задачи диссертационного исследования в соответствии с требованиями QA-подхода в виде трех предложений со следующей исходной нагрузкой:

- первое предложение раскрывает самое существенное с позиции использования решения задачи Z^* , что обеспечивает аналитический выход на концептуальную модель в виде Use-Case-диаграммы (языка UML) [77];

- второе предложение раскрывает самое существенное, связанное с методом решения задачи в том случае, когда этот метод неизвестен, что обеспечивает аналитический выход на подходящие концептуальные модели «поведения» (например, диаграммы сотрудничества или активности языка UML);

- третье предложение указывает на существенное в реализации решения в составе разрабатываемой автоматизированной системы проектирования шаблонов, что обеспечивает аналитический выход на концептуальные модели реализации, например, на диаграмму компонентов или диаграмму размещения.

1.7.2 Вопросно-ответный анализ проектирования шаблонной оснастки

Формулировка задачи проектирования шаблона должна начинаться с представления такого вида, с которого возможно применение QA-подхода. В начале применения данного подхода требуется извлечь из формулировки вложенные в нее вопросы [77, 114].

Вопросно-ответный анализ формулировки начнем со следующего предложения:

Разработка комплекса средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонов, обеспечивающего повышение качества и снижение сроков их разработки с использованием CAD-системы твердотельного моделирования за счет применения онтологии, классификации шаблонов и моделирования их алгоритмики, включенных в жизненный цикл проектирования шаблонов.

С этим предложением следует связать следующие вопросы:

Q1. Каким образом должны быть согласованы разрабатываемый комплекс средств с CAD-системой твердотельного моделирования?

Q2. Какой тип шаблона должен быть спроектирован под заданную деталь?

Q3. Какие изменения рационально включить в цикл проектирования шаблонной оснастки?

Q4. Какие дополнительные условия предъявляются к проектируемому шаблону?

Q5. За счет каких механизмов будет происходить снижение трудоёмкости проектирования шаблонной оснастки?

При ответе на поставленные вопросы следует в первую очередь учитывать тот факт, в рамках какой САПР будет реализован разрабатываемый комплекс. При построении ответов будем исходить из того, что реализация комплекса средств будет происходить в рамках «UG NX», являющейся высокоуровневой САПР и широко используемой в современной российской авиапромышленности. Сама САПР представляет собой блочно-модульную систему, являющуюся достаточно мощным средством автоматизации процессов проектирования на предприятии с включенным в неё языком программирования GRIP, позволяющим вести разработку дополнительных приложений, решающих определенные задачи в плане проектирования шаблонов, в рамках разрабатываемого комплекса.

На основании этого сформулируем следующий ответ на вопрос Q1:

A1. Согласование разрабатываемого комплекса средств онтологической поддержки и САД-системы происходит за счет открытых библиотек и языка GRIP, которые лежат в основе процесса разработки комплекса и предоставляются непосредственно в комплексе с САПР, иными словами, разрабатываемый комплекс средств будет интегрированной подсистемой САПР.

Основным критерием при проектировании шаблонной оснастки является выбор необходимого типа шаблона по отношению к заданной детали. К сожалению, регламенты и стандарты предприятия предоставляют только общие сведения о шаблонах, а именно о их видах. Технологи, составляющие запросы на оснастку, отражают в ВПШО только одно наименование, к примеру ШОК, ШК или ШР, при этом качество, эксплуатация и эргономика спроектированного шаблона напрямую зависят от изначальных условий поставки на этапе проработки ТПП.

На основании вышеизложенного сформулируем следующий ответ:

A2. Для повышения качества проектируемых шаблонов разработана более глубокая классификация, служащая основой для разработки системы онтологии в среде псевдокодowego моделирования, позволяющая на первых этапах при анализе детали на условия поставки оснастки задать тот необходимый тип шаблона, который наиболее приемлем для изготовления заданной детали, а в случае отсутствия необходимого шаблона в системе - спроектировать новый с учетом всех необходимых параметров.

Как уже неоднократно отмечалось, при проектировании шаблонной оснастки проектировщиком зачастую выполняется большое количество рутинных и однотипных операций, связанных с проектированием геометрии электронной модели, таких как проецирование рабочего контура, вскрытие отверстий, выполнение смотровых окон, перемычек, рисок и т. п. Следовательно, упрощение процесса проектирования шаблона, а также снижение его трудоемкости можно осуществить за счет комплекса средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонов, реализованных на GRIP под заданный тип шаблона, имеющий готовое представление в псевдокодовой модели, реализованной в WIQA, и интегрированный непосредственно в САПР, что оказывает значительный положительный эффект на процесс проектирования в целом.

Отталкиваясь от этого, сформулируем ответ на вопрос Q3:

A3. Для повышения эффективности процесса проектирования шаблонов рационально включить в жизненный цикл шаблонной оснастки онтологический классификатор, псевдокодowego моделирование шаблонной оснастки и средства автоматизации шаблонной оснастки, интегрированные в САПР «UG NX».

По окончании процесса проектирования геометрии шаблона довольно часто встает вопрос о дополнительных условиях поставки. Такими условиями можно считать к примеру, расстановку упоров на ШОК, подачу цельной или разрезной пластины в случае, если подсекаемая часть довольно большая, необходимости установки упоров на ШР, вскрытие инструментальных отверстий и другое. Подобные условия, как правило, носят чисто практический характер и не находят

своего отражения в нормативной документации и опираются на технологический процесс изготовления деталей. Реализация подобных условий, как правило, всецело ложится на проектировщика оснастки, а их верное и грамотное исполнение напрямую зависит от его опыта и навыков.

Исходя из вышеизложенного сформулируем ответ на вопрос Q4:

A4. Для верной реализации дополнительных условий по поставке шаблонной оснастки необходимо: на стадии подготовки проектирования электронной модели шаблона в САПР средствами псевдокодowego моделирования среды WIQA отразить посредством отрисовки эскиза в запросе на оснастку все требуемые условия поставки (для уменьшения количества вопросов в будущем).

Как уже говорилось выше, проектировщик обязан выполнять большое количество рутинных и однотипных операций, связанных с оформлением геометрии шаблона, при этом большинство этих действий могут быть автоматизированы средствами САПР, в которой происходит реализация шаблона.

В соответствии с выше сказанным сформулируем ответ на Q5:

A5. Снижение трудоемкости и повышение качества проектирования шаблонной оснастки происходит за счет разработанного комплекса средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонов и средств псевдокодowego моделирования, а также автоматизации части работ, связанных с оформлением геометрии шаблона в САПР, путем их реализации на GRIP.

Подводя итог QA-анализа по изложенным выше вопросам, следует отметить, что количество приемов и действий при проектировании шаблонной оснастки весьма обширно, поэтому, говоря о псевдокодowym языке, процедуры которого призваны упростить реализацию программ в САПР, следует говорить о расширяемом, т. е. открытом языке, поскольку именно это позволяет более гибко подходить к вопросу конкретной реализации.

Вопросно-ответный анализ проектирования Шаблона на Z-образный профиль с отв. НО и СО

В качестве примера рассмотрим ниже вопросно-ответный анализ с учетом разработанной классификации проектирования ШОК, описанного выше для детали, модель которой представлена на рисунке 1.19.

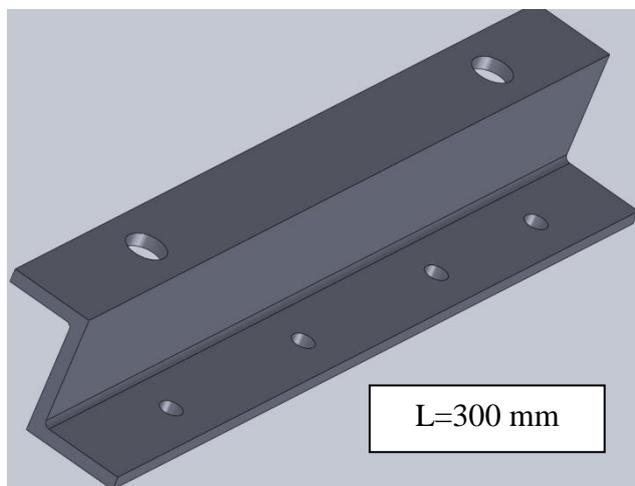


Рис. 1.19. Модель детали на Z-образный профиль

Определим список вопросов и ответов:

Q1. Какой необходим шаблон?

A1. Шаблон обрезки и кондуктор.

Q2. Шаблон цельный?

A2. Да //Исходя из габаритов детали.

Q3. На деталь из какого профиля?

A3. Z-образный профиль.

Q4. Сколько рабочих полок?

A4. Три рабочие полки.

Q5. Добавок необходим?

A5. Да.

Q6. Имеются ли отверстия СО?

A6. Да.

Q7. Имеются отверстия НО?

A7. Да.

Q8. Есть подсечки?

A8. Нет.

Q9. Необходимы малочные лучи?

A9. Нет.

Q10. Нужны окна под струбцины?

A10. Да.

Q11. Нужны смотровые окна?

A11. Да.

Q12. Нужны перемычки?

A12. Да.

Q13. Нужны упоры?

A13. Да.

Q14. Нужна информация о СО?

A14. Да.

Q15. Нужна общая информация?

A15. Да.

1.7.3 Диаграмма прецедентов комплекса средств

На основе уже сформулированных ответов можно построить диаграмму прецедентов (рис. 1.20).

Диаграмма прецедентов отражает тот факт, что в комплексе разработки средств автоматизации проектирования шаблонов предполагается наличие этапа исследования шаблона перед его проектированием в CAD-системе и оформлением запроса на оснастку для определения наиболее рационального вида оснастки под конкретно заданную деталь.

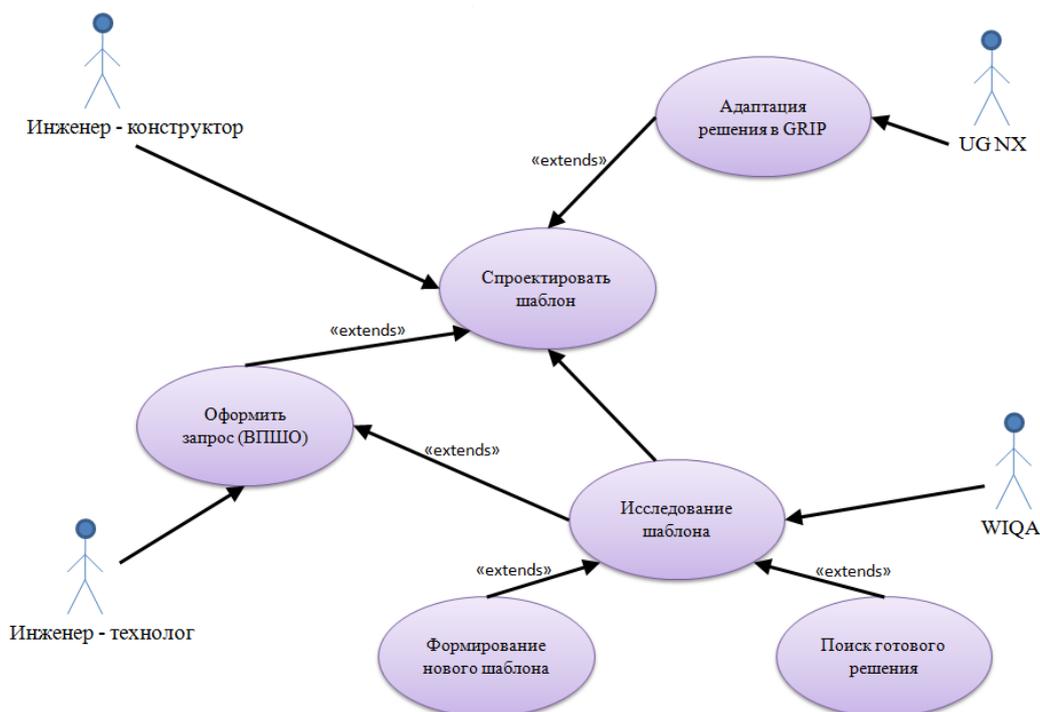


Рис. 1.20. Диаграмма прецедентов

Продолжим вопросно-ответный анализ обобщенной постановки задачи и перейдем ко второму предложению:

В цикл проектирования шаблонов следует включить их первичное представление и исследование на уровне псевдокодowego представления в комплексе средств онтологической поддержки на этапе формирования запроса на оснастку (ВПШО) с последующей интерпретацией проектирования шаблона в GRIP.

Q6. Почему в цикле проектирования шаблонной оснастки необходим этап первичного представления и исследования на уровне псевдокода?

Q7. Что необходимо сделать для обеспечения возможности псевдокодowego представления и исследования?

В цикл проектирования шаблонной оснастки следует включить ее представление и исследование на уровне псевдокода.

Q8. Какие особенности имеет шаблонный метод подготовки производства?

Q9. Какие особенности имеют плоские металлические шаблоны?

Q10. Какие отличия имеются в цикле проектирования шаблонов между собой?

Поскольку, как уже ранее говорилось, проектирование шаблонов непосредственно связано с электронной моделью детали и ее методом изготовления, очень важно иметь на этапе подготовки проектирования шаблонной оснастки и формирования запроса (ВПШО) механизм, позволяющий технологу наиболее полно представить необходимый производству вид шаблонной оснастки с включенными в него дополнительными условиями.

Формулируем ответы на вопросы Q6 и Q7:

A6. Включение этапа представления и исследования на уровне псевдокода необходимо с целью получения инструмента экспериментирования, позволяющего наиболее адекватно оценить качество и эргономику проектируемого шаблона по отношению к заданной детали, а также определить его классификационную составляющую в онтологии проекта.

A7. В рамках разработки средств псевдокодowego моделирования необходимо провести формализацию процессов проектирования шаблонов в контексте подходящих формализмов.

Несмотря на повышение применения методов электронной увязки и цифрового производства, использующего средства ЭВМ и обработку станков с ЧПУ, изготовление деталей по шаблонам в ряде случаев оказывается более экономически выгодным, чем использование станков с ЧПУ.

Повышение точности изготовления деталей по шаблонам достигается за счет цифровой увязки и изготовления шаблонов вырезкой на лазерном станке с ЧПУ. Как показывает практика, изготовление деталей из профилей выполняется по шаблонам ШОК, составляющим 80% всей номенклатуры ШО.

На основе сказанного формулируем следующие ответы:

A8. Шаблонный метод производства подразумевает изготовление деталей при помощи плоских металлических шаблонов, которые являются инструментом задания необходимой геометрии детали (или заготовки),

вскрытия необходимых отверстий, увязки деталей между собой в сборочные единицы, а также выполняют функцию контроля без дополнительных мерительных инструментов или средств.

A9. Основными особенностями плоских металлических шаблонов является их назначение в процессе изготовления деталей из определенного материала и их конструктивная составляющая. Учитывая, что каждый шаблон уникален по своей природе (исходя из многообразия детали), неотъемлемым фактом остается то, что его конструкционная составляющая изначально задается определенным видом оснастки (к примеру, ШОК на профиле имеет рабочие полки, ШРТ – базовые отверстия травления и другое). На основании этого и возникает необходимость в онтологическом описании и классификации шаблонов во избежание серьезных ошибок при проектировании.

A10. Исходя из многообразия типов шаблонов, отличаются и методы их проектирования в ЖЦ ШО. Некоторые шаблоны отражают геометрию детали по принципу проецирования с указанием необходимой технологической информации (к примеру, ШОК, ШВК, ШРТ); имеются шаблоны, требующие развертки поверхностей (ШР, ШОКразв.); шаблоны, проектирующиеся от изначального сечения детали (ШКС, ШГ), и др. В зависимости от метода, используемого при проектировании, в конечном итоге формируется электронная модель, служащая для изготовления плоского металлического шаблона.

Вопросно-ответный анализ третьего предложения обобщенной постановки задачи:

Комплекс средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонов должен быть реализован в вопросно-ответной моделирующей среде WIQA, в дополнение к которой разрабатываются интегрированные модули UG NX проектирования шаблонов.

Для данного предложения актуальны следующие вопросы:

Q10. Что и как должно быть реализовано в рамках САПР UG NX?

Q11. Почему онтологический комплекс решено разрабатывать в вопросно-ответной моделирующей среде WIQA?

Ранее говорилось о том, что разработчики комплекса UG NX включили в его состав открытый язык программирования GRIP, который позволяет разрабатывать приложения, интегрируемые с комплексом UG NX. Однако при разработке новых приложений необходимо учесть возможности преемственности, модернизации и повторного использования уже накопленных программных решений, а также интеграция их между собой и CAD-системой в целом.

Подобное накопление активов способствует снижению затрат на будущий реинжиниринг комплекса средств, рассматриваемого в диссертационном исследовании.

A10. Для модернизации комплекса «UG NX» должны быть реализованы элементы GRIP-языка, позволяющие автоматизировать процесс проектирования шаблонной оснастки, в виде интегрированной подсистемы модулей.

Комплекс средств должен быть реализован в созданное в вопросно-ответной моделирующей среде WIQA, в дополнение к которому разрабатываются интегрированные модули САПР UG NX проектирования шаблонов.

A11. Комплекс средств онтологической поддержки решено разрабатывать в вопросно-ответной моделирующей среде WIQA, поскольку в этой среде предусмотрены механизмы интерпретации псевдокода, интерактивный режим работы и, кроме того, реализована возможность визуализированной отработки псевдокодowego представления шаблона, в дополнение к которому разрабатываются интегрированные модули проектирования шаблонов САПР UG NX на GRIP, т. к. он является встроенным языком CAD-системы.

Сказанное по вопросам Q1-Q11 будет детализировано раскрыто в последующих частях диссертации.

1.7.4 Мотивационно-целевые установки задачи исследований

При завершении первой части работы необходимо определиться с ожидаемыми от нее выгодами. Для определения мотивационно-целевых установок проведем упрощенный вопросно-ответный анализ формулировок А2, А3, А4 и А5, объединив их в общий текст:

Для повышения качества проектируемых шаблонов необходима более глубокая классификация, служащая основой для разработки системы онтологии в среде псевдокодowego моделирования WIQA.

В части повышения эффективности процесса проектирования шаблонов рационально включить в жизненный цикл ШО комплекс средств онтологической поддержки, псевдокодowego моделирование шаблонной оснастки и средства автоматизации шаблонной оснастки, интегрированные в САПР «UG NX».

Для верной реализации дополнительных условий по поставке шаблонной оснастки необходимо: на стадии подготовки проектирования электронной модели шаблона в САПР средствами комплекса средств онтологической поддержки и псевдокодowego моделирования отразить посредством отрисовки эскиза в запросе на оснастку все требуемые условия поставки (для уменьшения количества вопросов в будущем).

Снижение трудоемкости и повышение качества проектирования шаблонной оснастки происходит за счет разработанной онтологической классификации шаблонов и средств псевдокодowego моделирования, а также автоматизации части работ, связанных с оформлением геометрии шаблона в САПР, путем их реализации на GRIP.

Анализ этого текста позволяет сформулировать следующий основной мотив диссертационного исследования, который должен отражать потенциальную суть претензий автора на научную новизну и управлять процессом решения задачи исследования Z*:

М0. Включение этапа моделирования на уровне онтологий и псевдокодowego представления в цикл проектирования шаблонов позволяет снизить трудоемкость, повысить качество исполнения ШО и улучшить эффективность процесса проектирования в целом.

В мотиве М0 выделим следующее:

1. Для реализации анализа конструктивной составляющей шаблонной оснастки необходимо создать соответствующие механизмы, основанные на псевдокодowego представлении.

2. Повышение качества исполнения шаблонов совместно с уменьшением времени проектирования должно осуществляться путем моделирования в рамках разрабатываемого онтологического комплекса средств проектирования шаблонов.

3. Снижение трудоемкости проектирования шаблонов должно осуществляться также за счет автоматизации построения типовых конструктивных элементов шаблонов и формализованного описания этих элементов в представлениях псевдокодowego языка, с последующей их реализацией в рамках САПР.

Приведенная интерпретация мотива М0 позволяет выделить следующие подчиненные мотивы:

М0.1. Онтологическое и псевдокодowego представление проектируемого шаблона дает возможность для реализации более эффективных механизмов анализа исполнения шаблонов.

М0.2. Введение в процесс проектирования шаблонов такого этапа, как онтологическое и псевдокодowego моделирование, позволит добиться рационального исполнения шаблона по отношению к конкретной детали в заданных производственно-технологических условиях.

М0.3. Использование структурированного онтологического описания конструктивных элементов шаблонов в функциях псевдокодowego языка с последующей их реализацией для проектирования шаблона с помощью GRIP в САД-системе в рамках разрабатываемого комплекса позволит снизить трудоемкость разработки шаблонов.

Приведенный перечень мотивов отражает позитивные аспекты, на которые нацелена диссертационная работа, а также позволяет определиться со структурой целей и спецификаций (рис.1.21), которые в обязательном порядке должны быть сформулированы в диссертации.

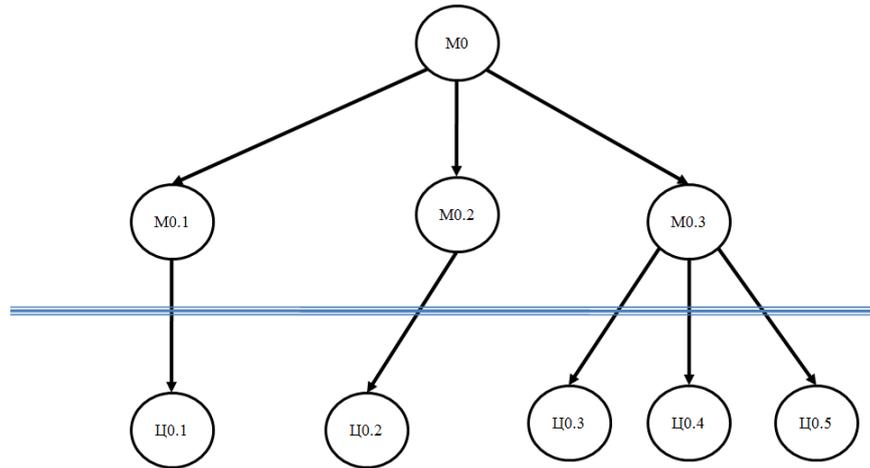


Рис.1.21. Структурные взаимосвязи целей и мотиваций

В число целей включим:

Ц0.1. Обеспечить достаточную степень эффективности механизмов анализа исполнения шаблона и поставки дополнительных условий.

Ц0.2. Обеспечить возможность псевдокодowego моделирования в рамках цикла проектирования шаблонов.

Ц0.3. Обеспечить возможность использования структурированного онтологического описания конструктивных элементов шаблонов в функциях псевдокода, позволяющего повысить эффективность процесса проектирования.

Ц0.4. Обеспечить реализацию автоматизации процесса проектирования шаблона с помощью GRIP в CAD-системе.

Ц0.5. Уменьшить число конструкторских ошибок при проектировании шаблонной оснастки.

В рамках сформированных целей выделим следующие спецификации:

С0.1. Реализовать при помощи использования вопросно-ответной среды WIQA онтологическое, модельное и графическое представления шаблонов с учетом вариаций исполнения и поставки дополнительных условий.

С0.2. Разработать комплекс методик проектирования шаблонов на основе применения онтологий и языка псевдокодowego моделирования.

С0.3. Разработать в вопросно-ответной моделирующей среде WIQA приложение, обеспечивающее онтологическое представление шаблонов.

С0.4. Разработать в рамках комплекса проектирования шаблонной оснастки приложение на GRIP, реализующее автоматизацию процесса проектирования шаблонов в САD-системе.

На основе вышеизложенного построим полную мотивационно-целевую диаграмму (рис. 1.22).

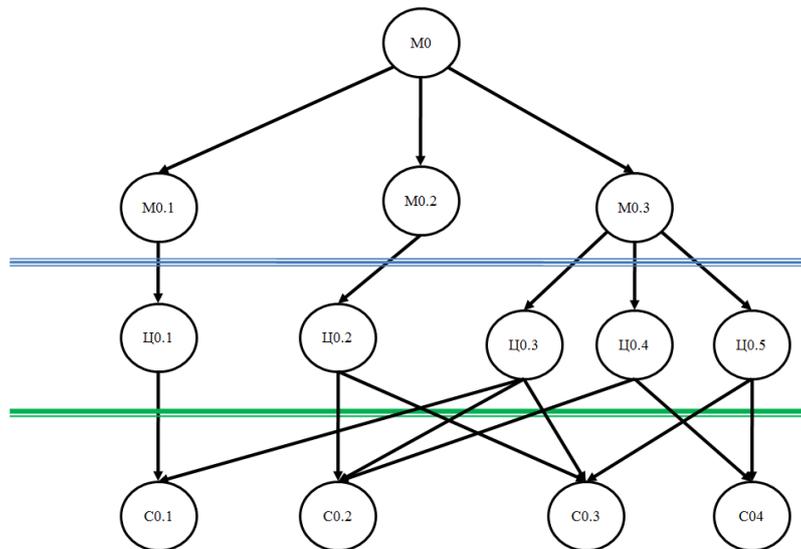


Рис. 1.22. Структурные взаимосвязи целей, мотиваций и спецификаций.

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного сделаем выводы:

1. Для повышения качества изготавливаемых изделий и сокращения экономических издержек на современных авиационных предприятиях необходимо обеспечить качественное и быстрое проектирование ТО в рамках ТПП, поскольку данный процесс является исключительно длительным и трудоемким.

2. Проанализировав существующее положение дел по созданию сложных технических средств в условиях авиационных производств, можно определить принципы и техническую основу совершенствования производственной системы в рамках проектирования шаблонной оснастки, а именно: применение к процессам подготовки производства средств онтологической поддержки, позволяющих осуществлять накопление и реализацию проектных решений и конструкторского опыта.

3. В вопросах проектирования шаблонной оснастки для деталей воздушных судов гражданского и двойного назначения основное внимание следует сосредоточить на средствах, позволяющих повысить качество процессов проектирования, в таких характеристиках, как трудоемкость, металлоемкость оснастки, рациональность исполнения под заданную деталь, а также возможность повторного использования проектных решений.

4. Для повышения качества процессов разработки шаблонов необходимо произвести модернизацию существующей на предприятии системы за счет интегрирования в процесс проектирования и изготовления оснастки комплекса средств онтологической поддержки, реализованного в моделирующей среде WIQA, позволяющего представлять шаблоны в форме прецедентов, а в CAD-систему UG NX включить модули проектирования GRIP.

5. Вопросно-ответный анализ позволяет сделать вывод о целесообразности включения в цикл проектирования и изготовления шаблонов методов и средств

онтологий, которые накрывают весь цикл проектирования от подготовительных этапов до передачи программы на изготовление шаблона и его контроль.

6. Мотивационно-целевой анализ показывает, что включение комплекса средств онтологической поддержки в цикл процесса проектирования и изготовления шаблонной оснастки позволяет снизить трудоемкость разработки, повысить качество и эргономику проектируемой оснастки, представлять, повторно использовать и сохранять абсолютно новые решения за счет формирования таких спецификаций, как:

- применение методов классификации и систематизации по отношению к имеющимся типам шаблонов;

- комплекс методик моделирования шаблонов на основе применения онтологий, прецедентных моделей и языка псевдокодowego моделирования;

- приложение GRIP, реализующее проектирование шаблонов в рамках САПР «UG NX».

Глава 2 ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ

Взаимосвязь конструкции изделия с технологией производства обуславливает одну из наиболее сложных функций ТПП – проектирование ТО, которая связывает две относительно самостоятельные структурные составляющие единого процесса подготовки производства – конструкторскую и технологическую, определяющие конструкцию изделия и технологический процесс его изготовления. Одной из актуальных проблем многономенклатурного производства в настоящее время является совершенствование **методик проектирования шаблонной оснастки** и их практическая реализация.

2.1 Подход к формализации процессов построения интегрированной модели прецедентов

Проектирование шаблонной оснастки находит своё отражение в определенной системе понятий, которые полезны в решении различных задач, включая задачу построения интерактивного классификатора шаблонов. В рассматриваемом случае для материализации системы понятий было решено использовать инструментально-моделирующую среду WIQA (Work In Questions and Answers), одна из компонентов которой «Онтология» предназначена для построения прикладных онтологий [108–112].

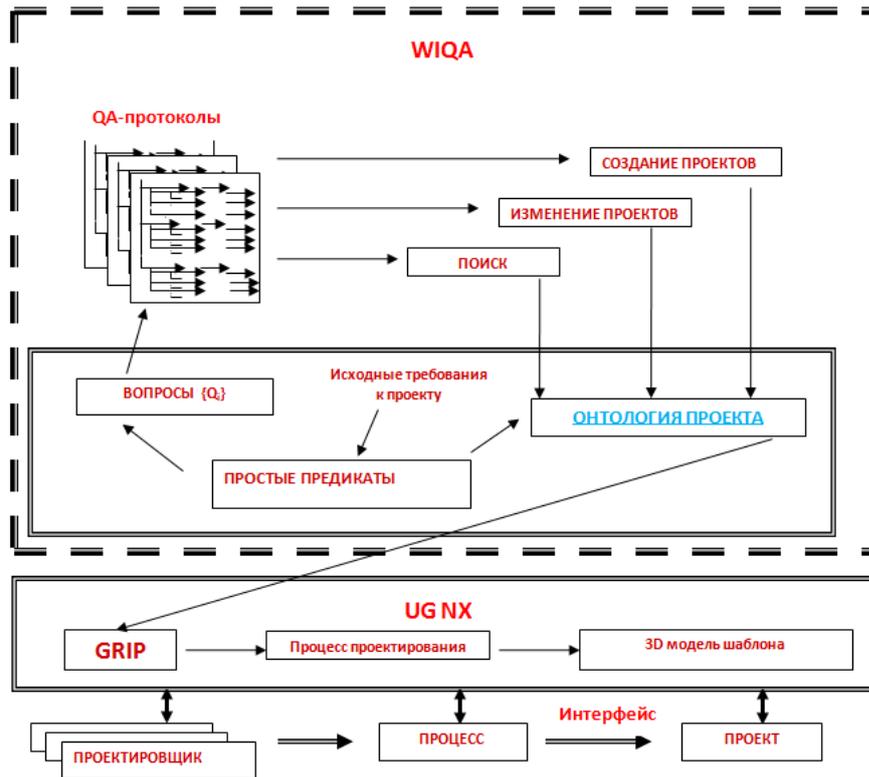


Рис.2.1. Общая схема работы комплекса средств онтологической поддержки

Центральное место в онтологии проектирования шаблонов, как и в любой другой онтологии, порождаемой в среде WIQA, занимает «Словарь», в структуре которого выделены разделы для представления основных видов шаблонов. Статьи разделов содержат не только определения шаблонов, но также ссылки на модели шаблонов и ключи для поиска по оперативным запросам.

Для представления каждого шаблона выбрана модель $M(Z_j)$ задачи Z_j его повторного использования проектировщиком, оказавшимся в определенной задачной ситуации. Первая реакция любого человека в задачной ситуации «Обратиться к опыту и попытаться найти в нем подходящий прецедент» [77].

С каждым прецедентом связывают определенное типовое поведение в определенных условиях по образцу поведения, оказавшемуся (многократно) полезным в прошлом.

Независимо от того, что прецеденты разнообразны как по структуре, так и по содержанию, у шаблонов прецедентов существует подобная логика доступа,

которая (в общем случае) приводит к логической модели прецедента P^L , представленной на рисунке 2.2.

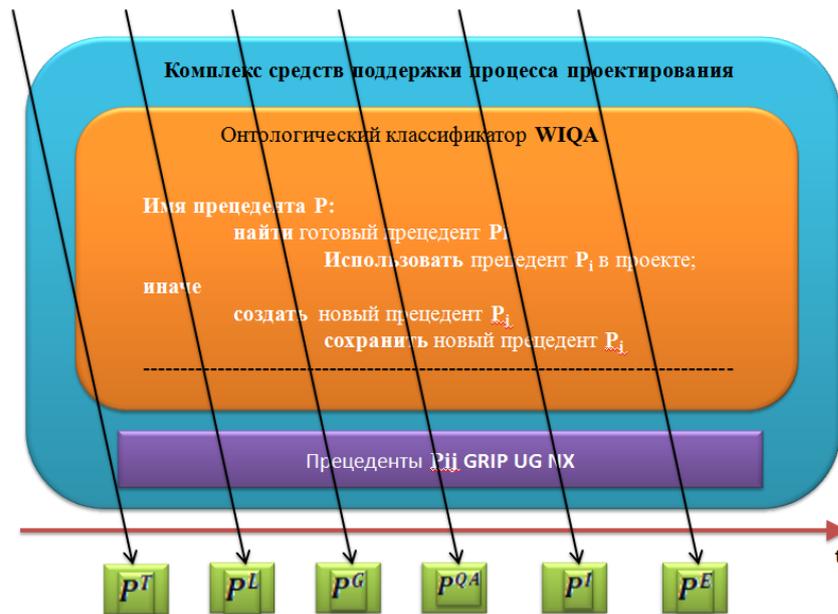


Рис.2.2. Интегральная модель прецедента

На этом же рисунке представлена модель прецедента (шаблона), используемая для его интегрального представления в среде WIQA. Модель привязана к жизненному циклу построения прецедента (шаблона) и его освоения, по ходу чего создаются следующие специализированные модели:

- **текстовая модель P^T** , представляющая постановку задачи $Z(P_i)$, в результате решения которой создан образец прецедента (шаблона) как определенный результат интеллектуального освоения реального прецедента.

В качестве примера можно представить модель P^T в виде запроса на проектирование шаблона, являющегося основными исходными данными, как: *«спроектировать **шаблон обрезки и кондуктора** на Z-образный профиль с **тремя** рабочими полками и отверстиями **НО** и **СО**, без **подсечек**, с учетом **добавочного материала**»;*

- **логическая модель P^L** , конкретизирующая типовые модели в виде формулы логики предикатов, записанной на языке постановки задач P^T .

Рассмотрим модель P^T , описанную выше в виде логической модели, основанной на логике предикатов. Основные элементы построения представлены в таблице 2.1.

Шаблон=Rabcon&Dob&Per&Dopel&Risk
 %раскрытие рабочего контура **Rabcon** %
 Rabcon=P11&P12&P13&SO&NO
 %объявление полок рабочего контура **P11, P12, P13**%
 P11=pr(a,d,P1,P2)
 P12=pr(a,d,P1,P2)
 P13=pr(a,d,P1,P2)
 %Объявление отверстий **SO, NO**%
 SO=crl(R,P1,P2)
 NO=crl(R,P1,P2)
 %раскрытие добавочного материала **Dob**%
 Dob=S&BO
 S=pr(a,b,P1,P2)
 BO=crl(R,P1,P2)
 %объявление перемычек **Per**%
 Per=Per1&Per2&Per3&...&Per6
 Per1=seg1&seg2
 Per2= seg1&seg2
 ...
 Per6= seg1&seg2
 %Раскрытие дополнительных элементов **Dopel**%
 Dopel=Upor1&Upor2&...&Upor6
 Upor1=crl(R,P1,P2)
 ...
 Upor6=crl(R,P1,P2)
 %Построение рисков **Risk**%
 Risk=Line1&Line2&...Line6
 Line1=(P1,P2)

Таблица 2.1

Библиотека элементов шаблона ШОК

№ п\п	Наименование	Обозначение	Представление	Примечание
1	Rabcon	Рабочий контур	<i>Комплексный элемент</i>	
2	P1	Полка профиля	pr(a,d,P1,P2)	Прямоугольник
3	SO	Сборочное отверстие	crl(R,P1,P2)	отверстие Ф8
4	NO	Направляющее отверстие	crl(R,P1,P2)	отверстие Ф6
5	Dob	Добавок	<i>Комплексный элемент</i>	Прямоугольник
6	S	Усиливающий элемент	pr(a,d,P1,P2)	Прямоугольник
7	BO	Отверстие БО	crl(R,P1,P2)	отверстие Ф8
8	Per	Перемычка	Seg(P1,P2)	10-15 мм
9	Dopel	Дополнительные элементы	<i>Многономенклатурные элементы</i>	

№ п\п	Наименование	Обозначение	Представление	Примечание
10	Upor	Упор	$cr1(R,P1,P2)$	Φ10
11	Risk	Риска	$Line=(P1,P2)$	
12	a	длина	const	ММ
13	b	ширина	const	ММ
14	R	радиус	const	ММ
15	P1	точка	(x,y)	
16	P2	точка	(x,y)	

- **графическая модель прецедента (шаблона) P^G** , представляющая его материализацию в различных вариациях (рис. 2.3).

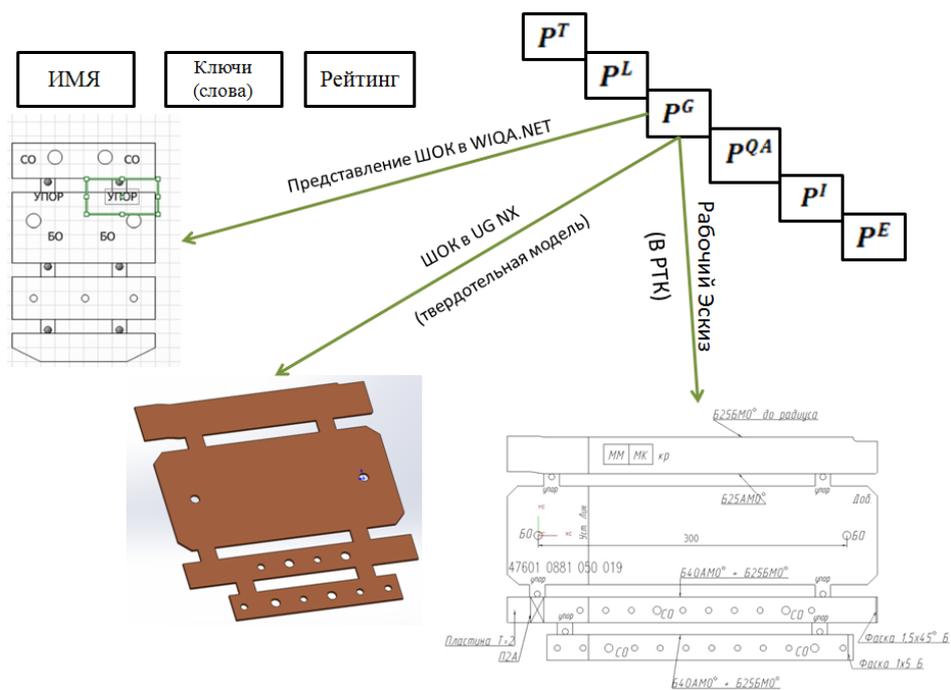


Рис. 2.3. Варианты материализации шаблона ШОК

- **вопросно-ответная модель прецедента P^{QA}** , соответствующая задаче $Z(P_i)$.

В качестве примера рассмотрим ниже вопросно-ответную модель с учетом разработанной классификации проектирования ШОК, описанного выше для задачи $Z(P_i)$.

Определим список вопросов и ответов:

Q1. Какой необходим шаблон?

A1. Шаблон обрезки и кондуктор.

Q2. Шаблон цельный?

A2. Да //Исходя из габаритов детали.

Q3. На деталь из какого профиля?

A3. Z-образный профиль.

Q4. Сколько рабочих полок?

A4. Три рабочие полки.

Q5. Добавок необходим?

A5. Да.

Q6. Имеются ли отверстия СО?

A6. Да

.....

Q13. Нужны упоры?

A13. Да

Q14. Нужна информация о СО?

A14. Да

Q15. Нужна общая информация?

A15. Да

- модель P^I , представляющая вложенное в шаблон (прецедент) поведение в форме исходного кода его программы.

Ниже рассмотрим часть исходного кода исполнения задачи $Z(P_i)$, написанного в вопросно-ответной среде WIQA.

// Создание первой полки рабочего контура.

```
DD_CreateLine("Polyline", "ShapeName=PL1", "X=100", "Y="50", "X=100",
"Y="100")
```

```
DD_CreateLine("Polyline", "ShapeName=PL1", "X=100", "Y="100", X=200",
"Y="100")
```

```
DD_CreateLine("Polyline", "ShapeName=PL1", "X=200", "Y="100", "X=200",
"Y="50")
```

```
DD_CreateLine("Polyline", "ShapeName=PL1", "X=200", "Y="50", "X=100",
"Y="50")
```

// Вскрытие отверстий на первой полке рабочего контура.

```
DD_Create ("Ellipse", "ShapeName=SO1", "X=125", "Y="75", "Diametr=8")
```

```
DD_Create ("Ellipse", "ShapeName=SO2", "X=175", "Y="75", "Diametr=8")
```

- модель P^E , выводящая на исполняемый код программы, реализующей образец шаблона (прецедента).

Далее рассмотрим часть исполняемого кода проектирования шаблона на языке GRIP, исполняемого в UG NX.

```
$$$ ПЕРВАЯ ПОЛКА $$$
&WLAYER=1
MASK/71
BOB=1
S1:
IDENT/'Укажите грань для проекции', GRA(BOB), RESP
JUMP/S1:, S2:, S3:., RESP
S3:
BRO=SOLEDG/GRA(BOB), CNT, ARA
LIR(1..100)=PROJ/BRO, ON, PLO, $
VECT, 0, 0, -1
DELETE/BRO(1..ARA)
BOB=BOB+1
JUMP/S1:
S2:
/-----/
$$$ СО НО $$$
MASK/70
NSO=1
NNO=1
OTV:CHOOSE/'Отверстия', $
'Указать СО', $
'Указать НО', $
'Продолжить', DEFLT, 3, RESP
JUMP/OTV:., UNBALL:.,, SO:., NO:., UNBALL:., RESP
MASK/71
/-----/
```

- интегральная модель прецедента P^S в виде его схемы, интегрирующей все специализированные модели прецедента в единое целое.

С интегральной моделью прецедента, которая представлена на рисунке 2.4, связывается материальная форма образца прецедента, размещенная в онтологии прецедентов, разработанной в комплексе WIQA.

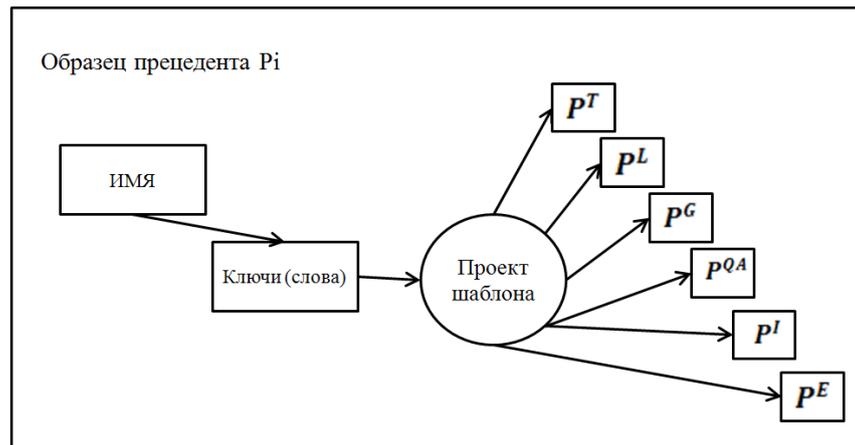


Рис. 2.4. Интегральная схема образца прецедента

Отметим, что специализированная модель P^I может быть представлена исходным кодом того языка программирования, который используется при создании программного обеспечения для UG NX. Однако для расширения возможностей повторного использования моделей типа P^I целесообразно использование псевдокодowego языка L^{WQA} [77].

Аналогично рассмотрим проектирование контрольной оснастки.

- **текстовая модель P^T** , представляющая постановку задачи $Z(P_i)$, в результате решения которой создан образец прецедента (шаблона) как определенный результат интеллектуального освоения реального прецедента.

В качестве примера можно представить модель P^T в виде запроса на проектирование шаблона, являющегося основными исходными данными, как: *«спроектировать шаблон контура сечения на универсальный контрольный стенд на уголкоый профиль с учетом отраженной детали, с постоянным шагом по оси ШП, с положительной базой»;*

- **логическая модель P^L** , конкретизирующая типовые модели в виде формулы логики предикатов, записанной на языке постановки задач P^T .

Рассмотрим модель P^T , описанную выше в виде логики предикатов.

Шаблон=Rabcon&Dob&Risk

%раскрытие рабочего контура **Rabcon** %

Rabcon=Sec1&Sec2

%объявление сечений уголкового контура **Sec1, Sec2**%

Sec1=angl(a,d,P1)

Sec2= angl (a,d,P1)

%раскрытие добавочного материала **Dob**%

Dob=S&BO

S=fig(Line1,Line2,Line3,Line4,Fsc1,Fsc2)

Line1=(P1,P2)

Line2=(P1,P2)

Line3=(P1,P2)

Line4=(P1,P2)

Fsc1=(h,z)

Fsc2=(h,z)

BO=crl(R,P1,P2)

%Построение рисков **Risk**%

Risk=Line1&Line2&...Line4

Line1=(P1,P2)

Таблица 2.2

Библиотека элементов шаблона ШКС

№ п\п	Наименование	Обозначение	Представление	Примечание
1	Rabcon	Рабочий контур	<i>Комплексный элемент</i>	
2	Sec	Сечение полки профиля	Sec=angl(a,d,P1)	
3	angl	Угол сечения профиля	angl(a,d,P1)	Угол
4	Dob	Добавок	<i>Комплексный элемент</i>	Сложная фигура
5	fig	Усиливающий элемент	fig(Line1,Line2,Line3,Line4,Fsc1,Fsc2)	Сложная фигура
6	Fsc	Фаска	Fsc=(h,z)	мм
7	BO	Отверстие БО	crl(R,P1,P2)	отверстие Ф8
8	Risk	Риска	Line=(P1,P2)	
9	a	Луч (длина 1 полки)	(P1,P2)	мм
10	b	Луч (длина 2 полки)	(P1,P2)	мм
11	h	высота	const	мм
12	z	глубина	const	мм
13	P1	точка	(x,y)	
14	P2	точка	(x,y)	

- **графическая модель прецедента (шаблона) P^G** , представляющая его материализацию в различных вариациях (рис. 2.5).

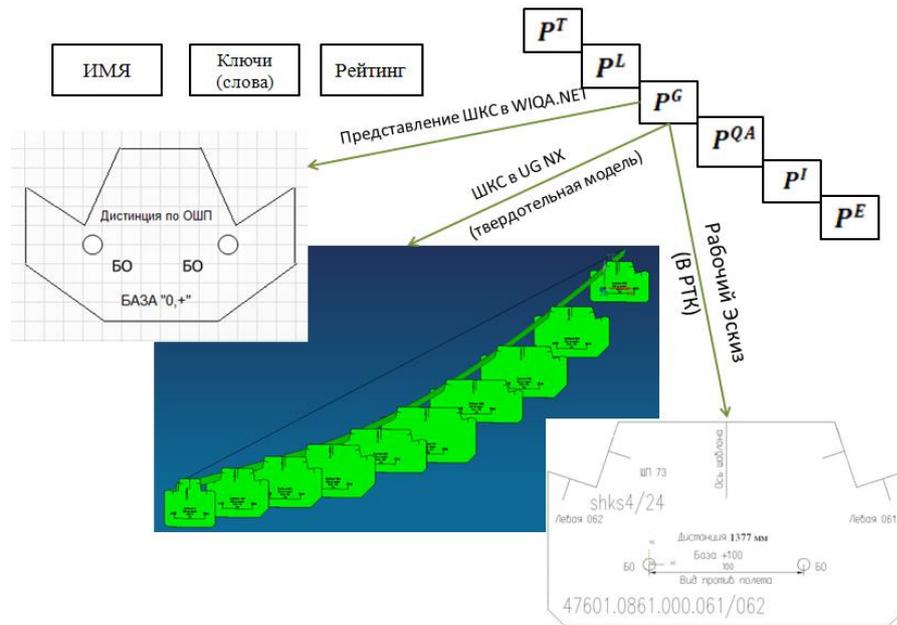


Рис. 2.5. Вариации материализации шаблона ШКС на УКС

- **вопросно-ответная модель прецедента P^{QA}** , соответствующая задаче $Z(P_i)$.

В качестве примера рассмотрим ниже вопросно-ответную модель с учетом разработанной классификации проектирования ШКС на УКС, описанного выше для задачи $Z(P_i)$.

Определим список вопросов и ответов:

Q1. Какой необходим шаблон?

A1. ШКС на УКС.

Q2. Шаблон цельный?

A2. Да //Исходя из габаритов детали.

Q3. На деталь из какого профиля?

A3. Уголковый профиль.

Q4. Симметричная деталь имеется?

A4. Да.

Q5. Какова разметка шага?

A5. Постоянная, по оси ШП.

.....

Q8. Нужна общая информация?

A8. Да

- модель P^I , представляющая вложенное в шаблон (прецедент) поведение в форме исходного кода его программы.

Ниже рассмотрим часть исходного кода исполнения задачи $Z(P_i)$, написанного в вопросно-ответной среде WIQA.

```
// Создание сечений на показанную и отраженную деталь.
DD_CreateLine("Polyline", "ShapeName=PL1", "X=100", "Y="50", "X=50",
"Y="100")
DD_CreateLine("Polyline", "ShapeName=PL2", "X=50", "Y="100", X=125",
"Y="150")
DD_CreateLine("Polyline", "ShapeName=PL3", "X=225", "Y="150", "X=250",
"Y="50")
DD_CreateLine("Polyline", "ShapeName=PL1", "X=250", "Y="50", "X=300",
"Y="100")
// Вскрытие отверстий БО.
DD_Create ("Ellipse", "ShapeName=SO1", "X=125", "Y="25", "Diametr=8")
DD_Create ("Ellipse", "ShapeName=SO2", "X=225", "Y="25", "Diametr=8")
```

- модель P^E , выводящая на исполняемый код программы, реализующей образец шаблона (прецедента).

Далее рассмотрим часть исполняемого кода проектирования шаблона на языке GRIP, исполняемого в UG NX.

\$\$ СОЗДАНИЕ ПЕРВОГО СЕЧЕНИЯ \$\$

```
SECT/TDET, WITH, PLN(1), CNT, NKRS
MATRSK=MATRIX/ZXROT, 180
CSYS1=TRANSF/MATRSK, CSYS1
&WCS=CSYS1
```

\$\$ ВЫБОР ТИПА ШКС \$\$

```
TIPSHKS:CHOOSE/'Выберите тип ШКС', $
'ПОК/ОТР', $
'ПОКАЗАННАЯ ДЕТАЛЬ', DEFLT, 1, RESP
JUMP/TIPSHKS:, TIPSHKS:,,, ПОКОТР:, ПОКДЕТ:, RESP
```

\$

\$\$ ПОК И ОТП ДЕТАЛЬ \$\$

POKOTR:

\$ ПЕРВОЕ СЕЧЕНИЕ \$

\$\$ ВЫБОР ЛИНИЙ РАБОЧЕГО КОНТУРА \$\$

MASK/3, 8

&WLAYER=1

SP1L1:IDENT/'Выберите первую линию первого сечения',SPL(1), RESP

JUMP/SP1L1:, ERRV:, SP1L3:., RESP

SP1L3:IDENT/'Выберите вторую линию первого сечения',SPL(3), RESP

JUMP/SP1L3:, ERRV:, PRVIB:., RESP

Как уже было сказано ранее, интегральная модель прецедента состоит из 6 специализированных моделей, однако отметим, что она является гибкой и может быть представлена, в зависимости от нужд производства и жизненного цикла, не всеми спец. моделями, а только некоторыми из них.

Ниже рассмотрим пример прецедента изготовления детали из Z-образного профиля:

- **текстовая модель P^T** .

Здесь текстовая модель будет представлять собой обобщенную задачу или указание об изготовлении: *«изготовить деталь из Z-образного профиля с отверстиями **НО** и **СО** посредством шаблона **ШОК**»*.

- **логическая модель P^L** .

Рассмотрим модель P^T , описанную выше в виде логики предикатов. Здесь задача $Z (P_i)$ будет иметь следующий вид:

Izgotovlenie=Zagotovka&Osnastka&Fiksazyay&Instrument&Kontrol

% раскрытие заготовки **Zagotovka** %

Zagotovka=Zag(list,instrument)

Instrument=Inst1(giliotina)

% раскрытие **Osnastka** %

Osnastka=sh(shok)

% раскрытие **Fiksazyay** %

Fiksazyay=fic(zag,sh,istrument)

Instrument=Inst2(strubzyna)

% Обрезка **полок контура**%

Obrezka=ob1(fic,instrument)

Instrument=Inst3(nojovka)

Obrezka=ob2(fic,instrument)

Instrument=Inst4(freza)

Obrezka=ob3(fic,instrument)

Instrument=Inst3(nojovka)

% раскрытие **Kontrol**%

Kontrol=Kon(detel,instrument)

Instrument=Inst5(leneika)

- **графическая модель P^G**.

Для представления графической составляющей прецедента изготовления детали выделены три основные материализации. На рисунке 2.6 представлена 3D-модель детали с приложенным к нему шаблоном. В процессе изготовления детали эта модель будет полезна рабочему в плане уточнения разного рода производственных вопросов.

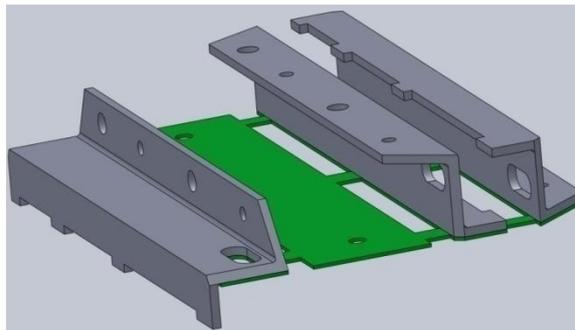


Рис. 2.6. Визуализация приложения шаблона к детали

Второй материализацией является контрольный эскиз детали, представленный на рисунке 2.7. Как правило, большая часть номенклатуры изготавливаемых деталей по шаблонам не имеет чертежей, поэтому данный тип материализации будет полезен непосредственно контролерам БТК.

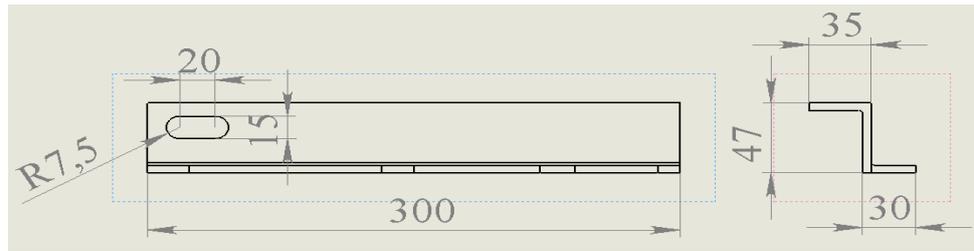


Рис. 2.7. Эскиз детали

Третьей материализацией можно считать технологический процесс изготовления детали, который посредством использования инструментария DocWIQA хорошо вписывается в вопросно-ответную модель прецедента, которая будет рассмотрена ниже.

- **вопросно-ответная модель прецедента P^{QA}** , соответствующая задаче **$Z(P_i)$** .

В качестве примера рассмотрим ниже вопросно-ответную модель изготовления детали для задачи **$Z(P_i)$** .

Определим список вопросов и ответов:

Q1. Какую деталь необходимо изготовить?

A1. Стрингер Z-образного сечения.

Q2. Какая оснастка необходима?

A2. ШОК

Q3. Какой необходим инструмент для фиксации?

A3. Струбцина

Q4. Какой необходим инструмент для обрезки контура?

A4. Ножовка по металлу.

Q5. Необходимо вскрывать отверстия?

A5. Да.

.....

Q5.3. Какой необходим инструмент для вскрытия отверстий?

A5.3. Дрель.

Q6. Имеется зона фрезеровки на детали?

A6. Да

Q6.1. Какой необходим инструмент для фрезерования?

A.6.1. Кольцевая фреза.

.....

Q9. Необходимо покрытие?

A9. Да.

Q9.1. Какое необходимо покрытие?

A9.1. Хим. окс.

Q8. Какой необходим контроль?

A8. Метрический

Q8.1. Какой необходим контрольный инструмент?

A8.1. Микрометр.

- модель P^E , выводящая на исполняемый код программы, реализующей образец прецедента.

Z.1. Изготовить деталь из Z-профиля.

Q.1. Обрезать заготовку в размер.

Q.1.1 Подать инструмент - "гильотинные ножницы".

A.1.1. &F&

Q2. Зафиксировать заготовку и шаблон.

Q.2.1. Подать инструмент - "струбцина".

A.2.1. &G&

Q3. Обрезать первую полку по шаблону.

Q.3.1. Подать инструмент - "ножовка".

A.3.1. &H&

Q4. Вскрыть отверстия.

Q 4.1. Вскрыть отверстия СО.

Q.4.1.1. Подать инструмент - "дрель".

A.4.1.1. &O&

Q 4.2. Вскрыть отверстия НО.

Q.4.2.1. Подать инструмент - "дрель".

A.4.2.1. &O&

Q5. Обрезать вторую полку.

Q.5.1. Подать инструмент - "кольцевая фреза".

A.5.1. &H&

.....

Q11. Осуществить гальванику детали.

Q12. Осуществить окончательный контроль.

Аналогично контроль изготовленной детали.

- **текстовая модель P^T** .

В качестве примера можно представить модель P^T в виде технического указания: *«проконтролировать деталь уголкового сечения посредством установки ее на универсальный контрольный стенд»*.

- **логическая модель P^L** , конкретизирующая типовые модели в виде формулы логики предикатов, записанной на языке постановки задач P^T .

Рассмотрим модель P^T , описанную выше в виде логики предикатов. Здесь задача $Z (P_i)$ будет иметь следующий вид:

Kontrol=Osnastka&UKS&detal

% раскрытие **Osnastka** %

Osnastka=sh(shks1,shks2...shks7)

% раскрытие **UKS**. здесь: D-дистанция, B-база %

UKS=karetka1(D,B)&karetka2(D,B),....karetkaN(D,B)

% раскрытие detal %

detal=detal1&detal2

% контроль первой детали **Kontrol1** %

Kontrol1= detal1&(shks1& karetka1(D,B)..., shks7&karetka7(D,B))

- **графическая модель прецедента (шаблона) P^G** .

Для представления графической составляющей прецедента контроля детали выделены три основные материализации. На рисунке 2.8 представлена 3D-модель детали, расположенная в составе комплекта ШКС. В процессе контроля детали

эта модель будет полезна производственным рабочим для уточнения дистанций и баз.

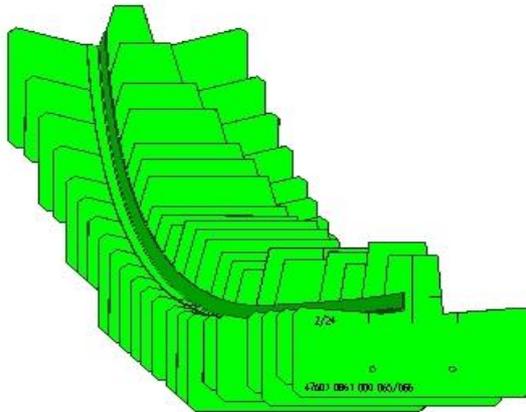


Рис. 2.8. Визуализация детали и комплекта шаблонов

Второй материализацией является контрольный эскиз детали, представленный на рисунке 2.9. Как правило, большая часть номенклатуры изготавливаемых деталей по шаблонам не имеет чертежей, поэтому данный тип материализации будет полезен непосредственно контролерам БТК.

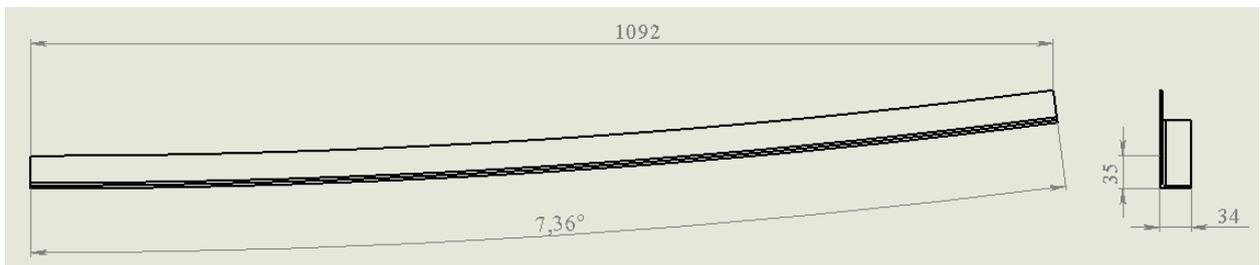


Рис. 2.9. Эскиз детали

Третьей материализацией можно считать технологическое пооперационное указание контроля детали, которое посредством использования инструментария DocWIQA хорошо вписывается в вопросно-ответную модель прецедента, которая будет рассмотрена ниже.

- **вопросно-ответная модель прецедента P^{QA}** , соответствующая задаче $Z(P_i)$.

В качестве примера рассмотрим ниже вопросно-ответную модель для представленной выше задачи $Z(P_i)$.

Определим список вопросов и ответов:

Q1. Какую деталь необходимо проконтролировать?

A1. Стрингер уголкового сечения.

Q2. Какая оснастка необходима?

A2. ШКС.

Q3. Какой необходим инструмент для контроля?

A3. Универсальный контрольный стенд

Q4. Какова база расположения?

A4. Отрицательная.

Q5. Какова дистанция расположения?

A5. По осям шпангоутов.

Q6. Имеется отраженная деталь?

A6. Да

Q8. Какой необходим контроль?

A8. Визуальный.

Q8.1. Какой необходим контрольный инструмент?

A8.1. Отсутствует.

- модель P^E , выводящая на исполняемый код программы, реализующей образец прецедента.

Z.1. Осуществить контрольгиба детали.

Q1. Выставить 1 каретку станда.

Q1.1. Установить дистанцию 150 мм.

A.1.1. &D&

Q1.2. Выставить базу 0 мм.

A.1.2. &B&

Q2. Зафиксировать ШКС1.

Q3. Выставить 2 каретку станда.

Q3.1. Установить дистанцию 450 мм.

A.3.1. &D&

Q3.2. Выставить базу 0 мм.

A.3.2. &B&

Q4. Установить и зафиксировать ШКС2.

.....

Q9. Выставить 5 каретку станда.

Q9.1. Установить дистанцию 1350 мм.

A.9.1. &D&

Q9.2. Выставить базу - 100 мм.

A.9.2. &B&

Q10. Установить и зафиксировать ШКС5.

.....

Q16. Установить деталь.

Q17. Осуществить контроль гиба детали.

Q17.1. Контроль удовлетворительный?

A17.1. True.

Q17.2. Сделать отметку БТК.

Q17.3. Контроль неудовлетворительный?

A 17.3 False. Вернуть на доработку.

В заключение стоит отметить, что подобное представление процессов крайне полезно в условиях производства, т. к. такой подход позволяет более конкретно оценить потоки и выделить узкие и проблемные места в условиях ЖЦ изделия.

2.2 Концептуальное описание модели онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки

Конструктивными особенностями деталей летательных аппаратов являются их большие габариты, малая жесткость, сложность геометрических форм. Начиная с этапа предварительного проектирования, проблема оптимизации основных параметров изделия, особенно в самолетостроении, неразрывно связана

с решением задач проектирования поверхностей сложных форм [3, 9]. При этом к поверхностям предъявляются различные требования. Основными требованиями к внешним поверхностям летательного аппарата являются [63]:

- обеспечение требуемого порядка гладкости поверхности и заданных локальных дифференциально-геометрических характеристик (аэродинамические и технологические требования);

- обеспечение необходимых объемов, ограниченных поверхностью изделия, и размеров (площадей) поперечных сечений (компоновочные и конструктивные требования).

Для реализации комплекса средств и обеспечения поддержки процесса проектирования моделей шаблонной оснастки автором разрабатывается концептуальная модель онтологии, которая обобщенно представлена на рисунке 2.10.

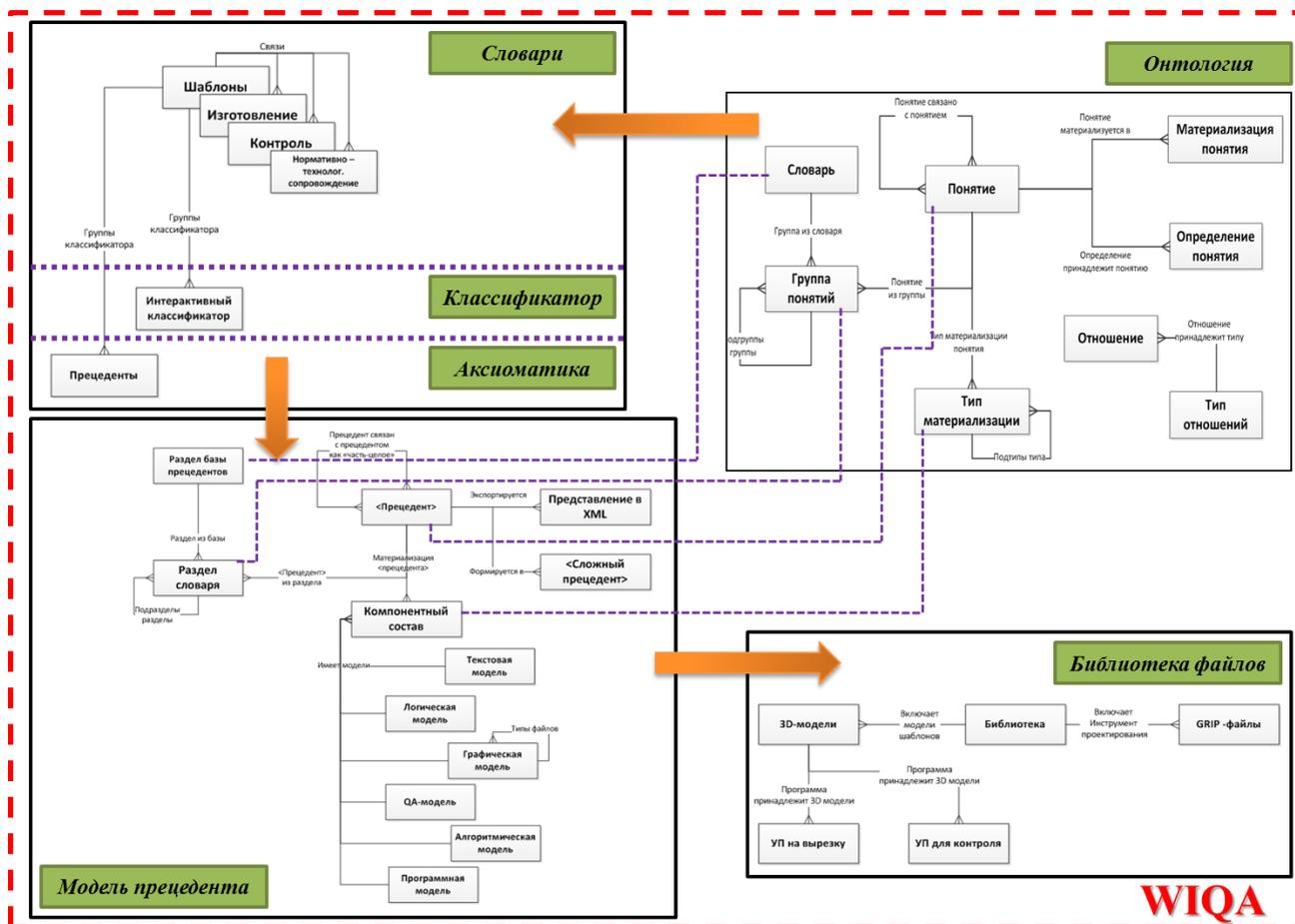


Рис. 2.10. Концептуальная схема модели онтологии

В онтологической модели выделены 4 контролируемых словаря:

- шаблоны – словарь, включающий в себя изготавливаемые в производстве шаблоны. На основе данных шаблонов формируется углубленный *классификатор шаблонной оснастки*. В данном словаре имеется возможность не только использовать известные образцы шаблонов, но и создать принципиально новые, не стандартизированные, проектные решения;

- изготовление – в данный словарь включены термины, относящиеся к изготовлению как самих шаблонов, так и деталей, в которых шаблонная оснастка выступает в качестве инструмента изготовления или контроля. Здесь секция «Детали» структурирована по маркам материала «Профиль» и «Лист»;

- контроль – словарь, отвечающий за контроль изготавливаемой оснастки.

- нормативно-техническая документация – секция, в которой собраны ТИ и другие производственные регламенты, отвечающие за то, как изготавливать и как использовать шаблонную оснастку.

Раздел «Аксиоматика» включает в себя модели прецедентов шаблонов и их проекции. Прецедентное представление шаблонов и их модели были описаны выше в п. 2.1.

«Библиотека файлов». В комплексе средств онтологической поддержки предусмотрена библиотека файлов, по своей сути материализация прецедентов в необходимой для конечного пользователя форме. Здесь хранятся 3D-модели шаблонов, а также программы, необходимые для их проектирования, изготовления и контроля.

Для реализации прецедентов и их использования в модели онтологии используются контекстные связи между понятиями по определенным признакам, таким как: часть-целое, наследование, ассоциация и пр. В общем виде связи представлены на рисунке 2.11.

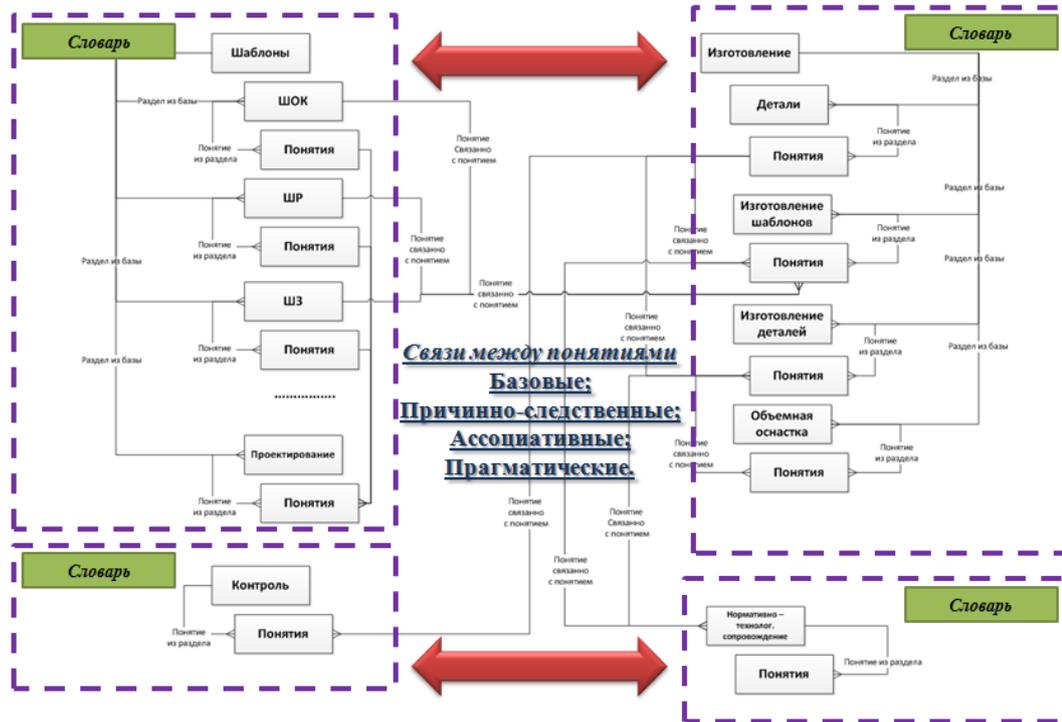


Рис. 2.11. Представление связей в модели онтологии

Немаловажным является и поиск в системе онтологии. Как уже было отмечено ранее, в среднем для производства одного самолета требуется до 100 тыс. ед. шаблонной оснастки, и, следовательно, необходимо обеспечить наиболее релевантный поиск среди имеющихся образцов в базе данных. Следовательно, при обращении к поисковой системе пользователь должен иметь возможность получить в ответ ресурсы, релевантные смыслу запроса, и их поиск должен быть семантически ориентированным [2,11,136]. Для этого поиск соответствующей запросу информации организован на основе онтологии, содержащей описание семантики шаблонов.

Исходя из поливариативности исполнения шаблонов их семантика очень разнообразна. Следовательно, осуществлять поиск необходимой информации тем проще, чем уже и специфичнее классифицирован сам шаблон. Вследствие этого на практике необходимо произвести углубленную и детализированную классификацию шаблонной оснастки.

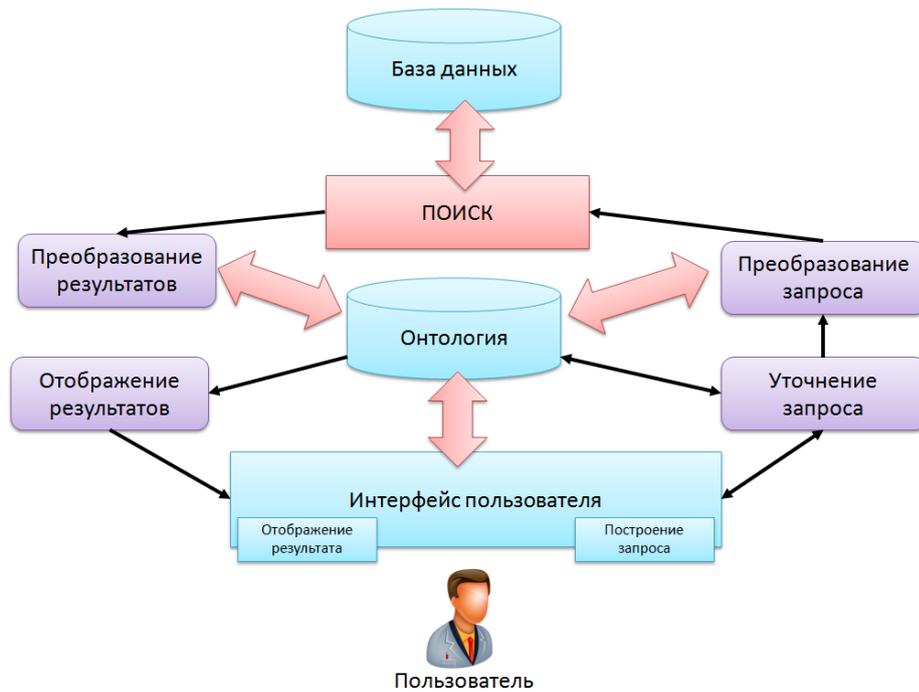


Рис. 2.12. Схема поиска на основе онтологии

Как уже было сказано выше, для осуществления релевантного поиска требуется формальное декларативное представление четко организованных конструкций, которые включают в себя словарь терминов тематической области, описание определений этих терминов, существующие взаимосвязи между ними, их теоретически возможные и невозможные взаимосвязи. Описанная таким образом онтология может выступать в качестве посредника между пользователем и базой данных (рис. 2.12).

Проблема состоит в том, чтобы сделать поиск динамичным и удобным для пользователя. Для любого типа запроса, возникающего у проектировщика в практической деятельности, должны быть найдены адекватные знания в информационном пространстве онтологии. При этом язык для формулирования поискового требования не должен был слишком сложным. В частности, общение проектировщика с онтологией можно сделать более простым, приблизив язык запроса к естественному языку [78, 136].

На этапе построения запроса к поисковой системе осуществляется вывод на онтологии. При этом выполняется преобразование пользовательского запроса в соединенный логическими связками набор терминов и понятий, которые будут использоваться поисковой системой.

В онтологии для предметной области «Представление знаний» механизм вывода на онтологии может осуществляться на основе таких представленных в ней отношений между понятиями, как *Синоним*, *Основа*, *Ассоциация*, *Род-вид*, *Часть-целое*, *Это*, *Средство_для*.

2.3 Формализованное представление разработанной модели онтологии

Модель онтологии, представленная на рисунке 2.10, отражает предметную область автоматизированного проектирования моделей прецедентов шаблонной оснастки, которая использует множество внутренних связей объектов онтологии. Модель предметной области позволяет адекватно представить процесс проектирования оснастки, и, в частном случае, может являться базой знаний среды проектирования.

Модель разрабатываемой онтологии имеет вид:

$$O = \{L, C, A, LibF\}, \quad (2.1)$$

где L – множество словарей проектной онтологии: $\{l_1 \dots, l_n | l_n \in L\}$;

C – интерактивная классификация. Здесь также следует отметить, что классификатор в модели онтологии представлен в двух исполнениях: в виде секции словаря l_{int} и в виде интерактивной классификации C , т.е. в итоге имеем нижеследующее:

$$C \Leftrightarrow l_{int} \in L, \quad (2.2)$$

A – раздел аксиоматики, в котором представлены интегральные модели прецедентов P^s , описанные выше;

$LibF$ – библиотека файлов.

Множество словарей проектно онтологии можно представлять как:

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}, \quad (2.3)$$

где L – множество словарей;

l_i – конкретный словарь онтологии.

В свою очередь каждый словарь подразумевает наличие нескольких разделов, в которых собраны и сгруппированы понятия по определенным признакам.

$$l_i = \{ch_1, ch_2, \dots, ch_i\}, \quad (2.4)$$

где ch – разделы конкретного словаря.

Отсюда следует, что множество разделов словаря $ch = \{ch_j \mid j = 1, 2, \dots, n\}$, определяется множеством понятий $w = \{w_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$, входящих в эти разделы, причем каждое понятие w_i может быть отнесено только к одному из рассматриваемых словарей $\forall w_i = (w_i \in ch_j)$, где n - количество определений, входящих в конкретный раздел словаря онтологии.

Аксиоматика A представляет собой совокупность интегральных образцов прецедентов и может быть представлена в виде следующего множества, такого как:

$$A = \{P_1^S, P_2^S, \dots, P_i^S\}, \quad (2.5)$$

где P^S - интегральная модель образца прецедента. Как было отмечено ранее, интегральная модель прецедента состоит из нескольких специализированных моделей, однако и сама P^S может образовывать так называемый «сложный прецедент», состоящий из нескольких интегральных моделей. В итоге имеем:

$$P^S = \{P_j^S \mid j = 1, 2, \dots, n\}, \quad (2.6)$$

где n – количество прецедентов образующих сложный прецедент, и соответственно $P_j^S \in A$.

Согласно пункту 2.1 раскрытие интегральной модели представляется как совокупность 6 специализированных моделей:

$$P^S = \{P^T, P^L, P^{QA}, P^G, P^E, P^I\}, \quad (2.7)$$

где P^T – текстовая модель;

P^L – логическая модель;

P^{QA} – вопросно-ответная модель прецедента, состоящая из цепочки единиц QA ;

$$QA = \{qa_1, qa_2, \dots, qa_n\}, \quad (2.8)$$

где QA – множество вопросов-ответов модели прецедента;

qa_n – конкретный вопрос-ответ.

P^G – графическая модель прецедента;

P^I – модель определяющая исходный код;

P^E – модель определяющая исполняемый код.

Причем $P^I \xrightarrow{lnk} P^E$, где lnk - ассоциативные связи между специализированными моделями.

Библиотека файлов $LibF$ представляет собой базу данных, в которую включены 3D-модели шаблонной оснастки (M^d) и GRIP-файлы программ (Gp), при помощи которых они проектируются. В общем случае это можно представить как:

$$LibF = \{Md, Gp\}, \quad (2.9)$$

Однако учитывая специфику изготовления оснастки, помимо 3D-моделей необходимо хранить в библиотеке так называемые DXF и STEP программы, служащие для вырезки шаблона на лазерном станке с ЧПУ и контроля шаблона на КИМ соответственно. Поэтому здесь 3D-модель шаблона представляет собой совокупность программ, необходимых для сдачи заказываемой оснастки в производство:

$$Md_i = \{DXF_i, STP_i / Md_i \in Md\}, \quad (2.10)$$

где DXF_i - программа для вырезки шаблона на станке с ЧПУ;

STP_i - программа для контроля изготовленной оснастки на КИМ.

2.4 Представление шаблонов в формальной системе определения синтаксиса РБНФ

Далее перейдем к формальному описанию синтаксиса псевдокодowego языка моделирования L^{WIQA} , включающего в себя библиотеки графических составляющих L^{BP} и проектные процедуры P для проектирования шаблонной оснастки. В общем представление синтаксических категорий шаблона в РБНФ-нотации показано на рисунке 2.13.

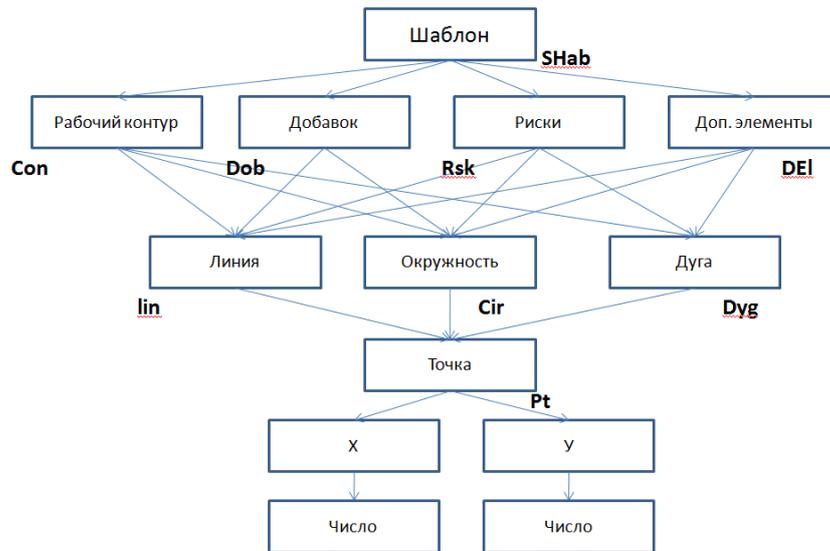


Рис. 2.13. Общее представление синтаксических категорий шаблона в РБНФ-нотации

Из данной схемы видно, что в языке псевдокодowego моделирования WIQA шаблон Shab представляется в виде набора конструкционных элементов таких как: рабочий контур (Con), добавок (Dob), необходимые риски (Rsk) и дополнительные элементы (DEL).

$$\mathbf{SHab} = \mathbf{Con} | \{ \mathbf{Con} \}, \mathbf{Dob}, \mathbf{Rsk} | \{ \mathbf{Rsk} \}, \mathbf{DEL} | \{ \mathbf{DEL} \}.$$

Сам рабочий контур (Con) также является сложносоставным элементом и описывается как набор линий (Lin), повторяющих контур детали, окружностей (Cir), являющихся отверстиями в детали, и дуг (Dyg), если на шаблоне присутствуют скругления рабочего контура.

$$\mathbf{Con} = \mathbf{Cir} | \{ \mathbf{Cir} \}, \mathbf{Lin} | \{ \mathbf{Lin} \}, \mathbf{Dyg} | \{ \mathbf{Dyg} \}.$$

Аналогично для добавка:

$$\mathbf{Dob}=\mathbf{Cir}\{\mathbf{Cir}\},\mathbf{Lin}\{\mathbf{Lin}\}.$$

Представление рисок (Rsk) сводится к следующему описанию:

$$\mathbf{Rsk}=\mathbf{Cir},\mathbf{Lin},\mathbf{Dyg}.$$

Дополнительные элементы (DEL), такие как упоры и пластины, представляются согласно тем же правилам, как и рабочий и нерабочий контуры шаблона:

$$\mathbf{DEL}=\mathbf{Cir}\{\mathbf{Cir}\},\mathbf{Lin}\{\mathbf{Lin}\},\mathbf{Dyg}\{\mathbf{Dyg}\}.$$

Далее рассмотрим представление примитивов, из которых состоят описанные выше элементы.

$$\mathbf{Lin}=\{\mathbf{Pt}\}$$

$$\mathbf{Cir}=\mathbf{Pt},\mathbf{R}.$$

$$\mathbf{Dyg}=\mathbf{Pt},\mathbf{Pt},\mathbf{Pt}\{\mathbf{Pt}\}.$$

где Pt – точка.

Сама же точка определяется как набор координат: $\mathbf{Pt}=\mathbf{X},\mathbf{Y}$.

И так в заключении обобщенное формальное представление языка псевдокодированного моделирования шаблонов в рамках вопросно-ответной среды $WIQA$ выглядит следующим образом:

$$\mathbf{LWIQA}=\mathbf{LBP},\mathbf{P}.$$

$$\mathbf{P}=\{\mathbf{P}\},\mathbf{SHAB}$$

$$\mathbf{SHab}=\mathbf{Con}\{\mathbf{Con}\},\mathbf{Dob},\mathbf{Rsk}\{\mathbf{Rsk}\},\mathbf{DEL}\{\mathbf{DEL}\}.$$

$$\mathbf{Con}=\mathbf{Cir}\{\mathbf{Cir}\},\mathbf{Lin}\{\mathbf{Lin}\},\mathbf{Dyg}\{\mathbf{Dyg}\}.$$

$$\mathbf{Dob}=\mathbf{Cir}\{\mathbf{Cir}\},\mathbf{Lin}\{\mathbf{Lin}\}.$$

$$\mathbf{Rsk}=\mathbf{Cir},\mathbf{Lin},\mathbf{Dyg}.$$

$$\mathbf{DEL}=\mathbf{Cir}\{\mathbf{Cir}\},\mathbf{Lin}\{\mathbf{Lin}\},\mathbf{Dyg}\{\mathbf{Dyg}\}.$$

$$\mathbf{Lin}=\{\mathbf{Pt}\}$$

$$\mathbf{Cir}=\mathbf{Pt},\mathbf{R}.$$

$$\mathbf{Dyg}=\mathbf{Pt},\mathbf{Pt},\mathbf{Pt}\{\mathbf{Pt}\}.$$

2.5 Рассмотрение потоков работ по технологической подготовке производства авиационного предприятия

Конструктивные и технологические составляющие общей работы по подготовке производства должно взаимно дополнять друг друга, формировать единый поток работ, приводящий к общему согласованному конструкторско-технологическому решению. Основываясь на [12, 60, 72–74], поток работ детально представлен в **Приложении 7**.

2.6 Формальное описание технологического классификатора шаблонной оснастки

Классификация представляет собой метод упорядочения любых объектов, поэтому ее применение универсально. В настоящее время вопросы классификации разрабатываются в биологии, химии, физике, науковедении, геологии, информатике, технике, стандартизации, коммерции, машиностроении, особенно в такой сложной его отрасли, как авиастроение. Только определений понятия «классификация (классифицирование)» известно более 900 [135].

Часто используется такое определение: классификация – разделение множества объектов на классификационные группировки (таксоны) по их сходству или различию определенных признаков и в соответствии с принятыми методами [134].

Иерархический метод классификации заключается в том, что исходное множество объектов последовательно разделяется на подмножества (классификационные группировки, таксоны), а те в свою очередь на свои подмножества и т. д., схематически это можно представить следующим образом (рис. 2.14) [135].

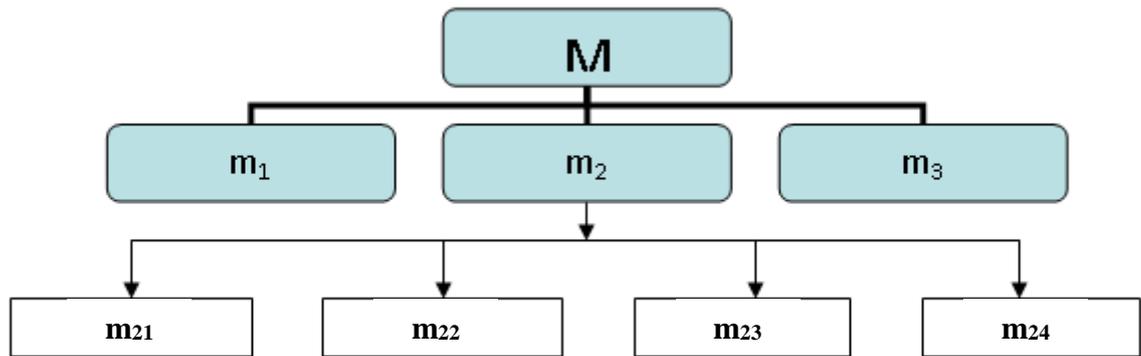


Рис. 2.14. Схема классификации по иерархическому методу

Множество объектов разделяются на классы, группы, виды и т. п. по основным признакам, характеризующим эти объекты по принципу «от общего к частному». Т. е. каждая группировка в соответствии с выбранным признаком (основанием деления) делится на несколько других группировок, каждая из которых по другому признаку делится еще на несколько подчиненных группировок, и т. д. Таким образом, между классификационными группировками устанавливается отношение подчинения (иерархии). [135]

Особенностью данного метода является жесткая связь между отдельными классификационными группировками, выявляемая через общность и различие существенных признаков. В основе деления исходного множества на подмножества лежит уровень (ступень, этап) классификации, который образует совокупность таксонов. Каждый уровень и каждый таксон обусловлены своим существенным признаком.

Фасетный метод классификации заключается в том, что исходное множество объектов разделяется на независимые подмножества (классификационные группировки, таксоны), обладающие определенными заданными признаками, необходимыми для решения конкретных специализированных задач. Например, обувь по видам материалов изготовления разделяется на кожаную, резиновую, валяную, по половозрастным признакам – мужскую, женскую и детскую. [135] Классификация по фасетному методу проводится в следующей последовательности:

- определение исходного множества объектов;

- выявление основных (существенных) признаков, всесторонне характеризующих объект классификации;
- группирование однородных признаков в фасеты и присвоение им кодов;
- определение фасетных формул для образования подмножеств.

Особенность фасетного метода состоит в том, что подмножества формируются по принципу «от частого к общему», т. е. на основе различных наборов конкретных характеристик объекта.

Основным преимуществом фасетной классификации является гибкость, которая позволяет систематизировать объекты по необходимому набору признаков и осуществлять поиск информации по любому набору признаков. Однако формирование этого набора в ручном варианте может вызывать определенные затруднения из-за сложности специализированной поисковой информации [135].

2.6.1 Разработка и назначение классификатора шаблонной и объемной оснастки

1. Общая часть

Классификатор шаблонной и объемной оснастки для изготовления силового набора планера представляет собой систематизированный свод наименований классификационных группировок объектов классификации – изделий плоской и объемной технологической оснастки.

В Классификаторе оснастки под изделием понимается различного рода оснастка.

В Классификатор включены классификационные характеристики изделий – плоской и объемной оснастки, комплектов технологической оснастки, групп-комплектов, на которые разработана и разрабатывается конструкторско-технологическая документация по ЕСТД, а также общетехнические документы (нормы, правила, требования, методы и т. д.) на оснастку, входящую в Классификатор [87].

Классификационная характеристика является неотъемлемой частью обозначения технологической оснастки и ее конструкторского документа [93]. Код классификационной характеристики изделия присваивается по Классификатору технологической оснастки и представляет собой двенадцатизначное число, последовательно обозначающее класс, подкласс, группу, подгруппу, вид, подвид, тип (первый знак указывается «0», если номер типа оснастки принадлежит к первому десятку (см. рис 2.15.)), наличие дополнительного комплексного элемента. Первый знак комплексного элемента обозначает наличие добавка и относится только к шаблонной оснастке. Последующие три характеризуют наличие на объемной оснастке усиливающих элементов, таких как рифты, выштамповки и отбортовки соответственно. В случае отсутствия какого-либо элемента в классифицируемой оснастке вместо его идентификационного номера проставляется «0». Также в случае отсутствия одной или нескольких ступеней классификации в классификационном номере проставляется «0». Структура обозначения кода классификационной характеристики имеет вид [87]:

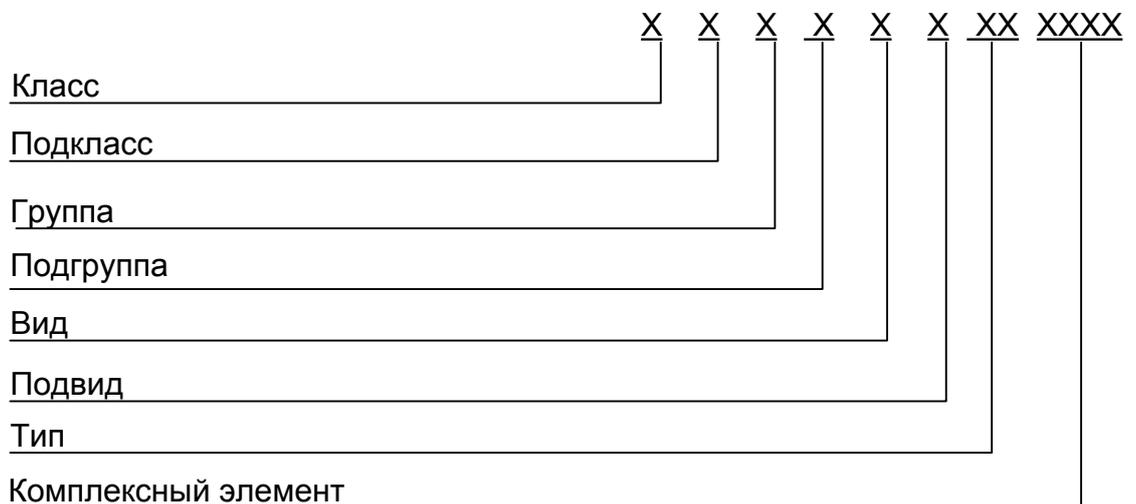


Рис. 2.15. Классификационная составляющая

Основанием для разработки Классификатора явилось отсутствие в [90–94, 117–118, 121–124] более глубокой классификации шаблонов, наличие не используемой в настоящее время номенклатуры типов шаблонной оснастки и

отсутствие в последних требований к проектированию ТО согласно ISO 9001, облегчающих в дальнейшем автоматизацию проектно-конструкторских работ с использованием передовых информационных технологий.

Цели разработки классификатора и решение задач ТПП

Классификатор разработан в качестве информационной основы для разработки комплекса программ автоматизированного проектирования шаблонной и объемной технологической оснастки в авиационной промышленности. Его использование обуславливает [87]:

- создание единого информационного языка для автоматизированных систем проектирования и тематического поиска изделий и конструкторско-технологических документов, предотвращая разработки аналогичных;

- определение объектов, процессов и направлений унификации и стандартизации; использование различными предприятиями и организациями электронной конструкторско-технологической документации, разработанной другими предприятиями, без ее переоформления, при проектировании, производстве, эксплуатации и ремонте;

- внедрение средств вычислительной техники в сфере проектирования и управления проектированием ТО;

- повышения уровня автоматизации проектно-конструкторских работ;

- применение кодов оснастки по Классификатору ТО как опережающей информации при решении задач ТПП.

Применение Классификатора в условиях ТПП создает предпосылки для решения следующих задач:

- анализ номенклатуры плоской шаблонной и объемной оснастки по их конструкторско-технологическим признакам;

- группирование оснастки по конструкторско-технологическому подобию для разработки прикладного программного обеспечения, нацеленного на автоматизацию проектных работ в части проектирования электронной документации на оснастку;

- унификация и стандартизация оснастки и процессов ее проектирования;

- автоматизация проектирования электронных моделей оснастки и технологических процессов ее изготовления.

Основные положения классификации оснастки

Классификатор построен по смешанному методу, основанному на дедуктивном логическом делении классифицируемого множества. Этим методом достигается конкретизация признаков классификации оснастки на каждой последующей ступени классификации [87].

Разработка Классификатора основана на следующих логических правилах:

- деление множества оснастки на классификационные группировки произведено на каждой ступени классификации по одному и тому же признаку или их сочетанием;

- на каждой ступени классификации исчерпывается объем делимого множества;

- деление множества произведено последовательно, однако имеются пропуски очередной(-ых) ступеней классификации в тех случаях, когда оснастка не имеет признака классификации, удовлетворяющего данной ступени.

Для того чтобы при классификации исчерпывался объем делимого множества, в классификаторе предусмотрена классификационная группировка под наименованием «Элементы». Эти группировки, как правило, использованы на последних стадиях классификации.

К группировкам «Элементы» относятся составные, структурированные по конструкторско-технологическим признакам элементы оснастки. В связи с тем, что их наличие или отсутствие обусловлено конкретным типом детали, открывать для них новые группировки нецелесообразно из-за возможного огромного количества вариаций.

На первом уровне классификации при формировании классов «Рабочая оснастка» и «Контрольная оснастка» использован функциональный признак. Этот признак дает представление об оснастке и отличает ее от других изделий классов. Наименования, присвоенные классам по этому признаку, непосредственно отражают номенклатуру включенных в них типов оснастки.

При классификации оснастки в Классификаторе (в классах, группах, подгруппах и т. д.) использованы в основном следующие признаки:

- функциональный (основная эксплуатационная функция, выполняемая оснасткой);
- конструктивный (конструктивные особенности оснастки);
- параметрический (общие габариты);
- геометрическая форма (внешнее очертание, характер взаимного расположения поверхностей и контуров и др.);
- наименования оснастки.

Наиболее общие признаки, использованные на верхних уровнях классификации, конкретизируются на последующих уровнях.

Использование Классификатора

Пользование Классификатором состоит в отыскании в нем кодов классификационных характеристик оснастки. Пользованию Классификатором должно предшествовать его изучение. Особое внимание должно быть обращено на подробное ознакомление с классами, подклассами и группами, подгруппами, т. е. с номенклатурой оснастки, размещенной в соответствующих классах классификатора. [87]

При классификации оснастки в основном используются функциональный и конструктивный признаки, признак «Наименование» и др. Определение кода классификационной характеристики оснастки производится путем сопоставления признаков, использованных при классификации, с электронной конструкторской документацией на оснастку.

Пример 1.

Найти код классификационной характеристики шаблона обрезки и кондуктора на профиль Z-го сечения длиной L=350 мм, с тремя полками и наличия в нем направляющих отверстий, без добавочного материала.

Шаблоны обрезки и кондуктора являются рабочими шаблонами поэтому их классификационная характеристика размещена в классе "Рабочая оснастка".

Класс 1.0.0.0.0.0.00.0000.

Подкласс 1.1.0.0.0.0.00.0000 "Плоская".

Группа 1.1.1. 0.0.0.00.0000 "Шаблоны".

Подгруппа 1.1.1.1.0.0.00.0000 "Цельный" (исходя из условия, что деталь < 2500 мм).

Вид 1.1.1.1.1.0.00.0000 "ШОК".

Подвид 1.1.1.1.1.4.00.0000 "Деталь из Z-образного профиля".

Тип 1.1.1.1.1.4.08.0000 "Тип Z с 3мя полками с отв. НО".

Добавочный комплексный элемент отсутствует.

Следовательно, искомый код классификационной характеристики — 1.1.1.1.1.4.08.0000.

На рисунке 2.16 графически показано место искомого шаблона в Классификаторе.

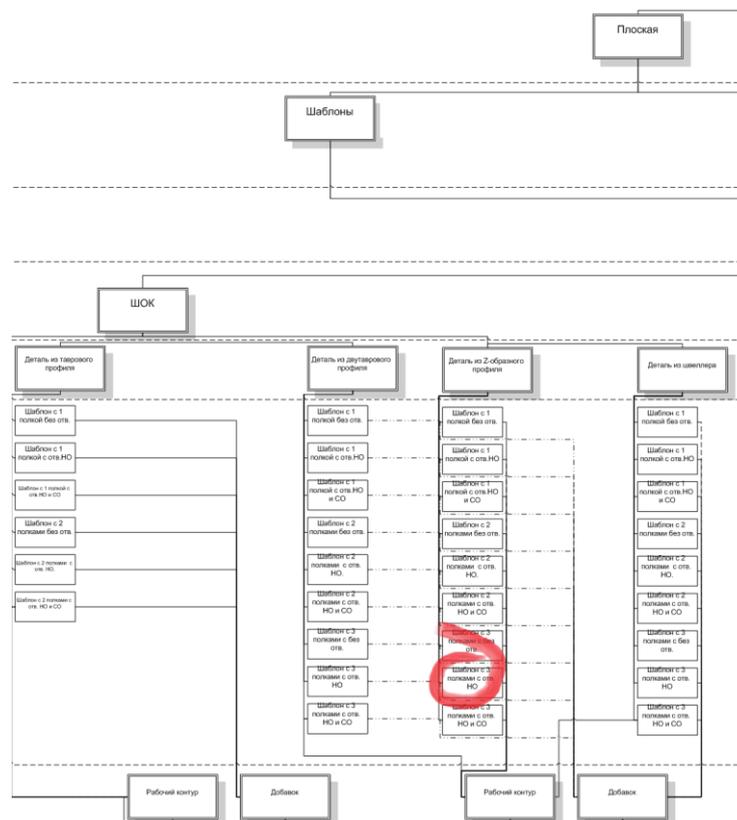


Рис. 2.16. Место шаблона ШОК на Z-ую деталь с отверстиями НО в Классификаторе

При классификации шаблонов определяющим является признак «функциональный», как наиболее стабильный и объективный при описании шаблонов.

Пример 2.

Найти код классификационной характеристики шаблона контроля сечения на универсальный контрольный стенд для показанной и отраженной деталей.

ШКС на УКС являются контрольными шаблонами, поэтому их классификационная характеристика размещена в классе "Контрольная оснастка".

Класс 2.0.0.0.0.0.00.0000

Подкласс 2.1.0.0.0.0.00.0000 "Плоская".

Группа 2.1.1. 0.0.0.00.0000 "Шаблоны".

Подгруппа 2.1.1.1.0.0.00.0000 "Цельный" (иного не оговорено).

Вид 2.1.1.1.2.0.00.0000 "ШКС на УКС".

Подвид 2.1.1.1.2.0.00.0000 "Отсутствует".

Тип 2.1.1.1.2.0.02.0000 "Тип ШКС для пок/отр. детали".

Добавочный комплексный элемент отсутствует.

Следовательно, искомый код классификационной характеристики – 2.1.1.1.2.0.02.0000.

На рисунке 2.17 графически показано место искомого шаблона в Классификаторе ГО.

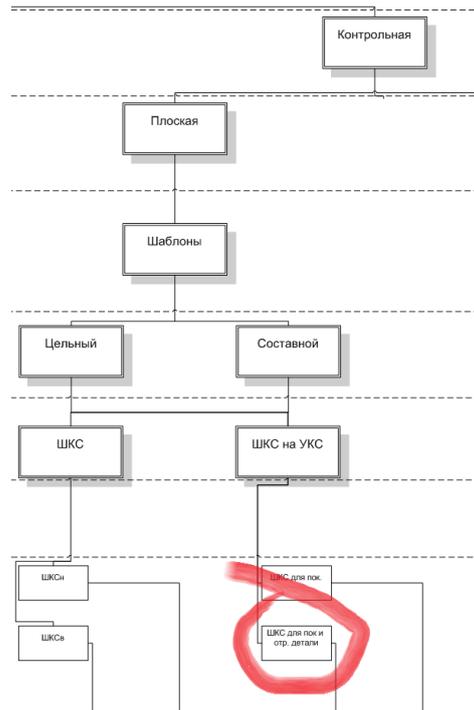


Рис. 2.17. Место шаблона ШКС на УКС для показанной и отраженной деталей в Классификаторе

Пример 3.

Найти код классификационной характеристики формблока с двумя криволинейными бортами, направленными в одну сторону, с наличием на плоской поверхности открытой отбортовки по ОСТ и специальной выштамповки.

Формблоки являются рабочей условно-плоской оснасткой, кроме специальной 8-й группы, поэтому их классификационная характеристика размещена в классе "Рабочая оснастка".

Класс 1.0.0.0.0.0.00.0000.

Подкласс 1.2.0.0.0.0.00.0000 "Условно-плоская".

Группа 1.2.1. 0.0.0.00.0000 "Форм-блоки".

Подгруппа 1.2.1.0.0.0.00.0000 "Отсутствует" .

Вид 1.2.1.0.2.0.00.0000 "N переходов".

Подвид 1.2.1.0.2.0.00.0000 "Отсутствует".

Тип 1.2.1.0.2.0.06.0000 "ФРМБ для деталей с одним или двумя криволинейными бортами, направленными в одну или разные стороны".

Комплексный элемент следующий:

1.2.1.0.2.0.06.0000 – добавок на условно-плоской оснастке отсутствует.

1.2.1.0.2.0.06.0100 – специальная выштамповка

1.2.1.0.2.0.06.0120 – наличие отбортовки, открытой по ОСТ.

1.2.1.0.2.0.06.0120 – закрытая отбортовка отсутствует.

Следовательно, искомый код классификационной характеристики – 1.2.1.0.2.0.06.0120.

На рисунке 2.18 графически показано место искомого шаблона в Классификаторе.

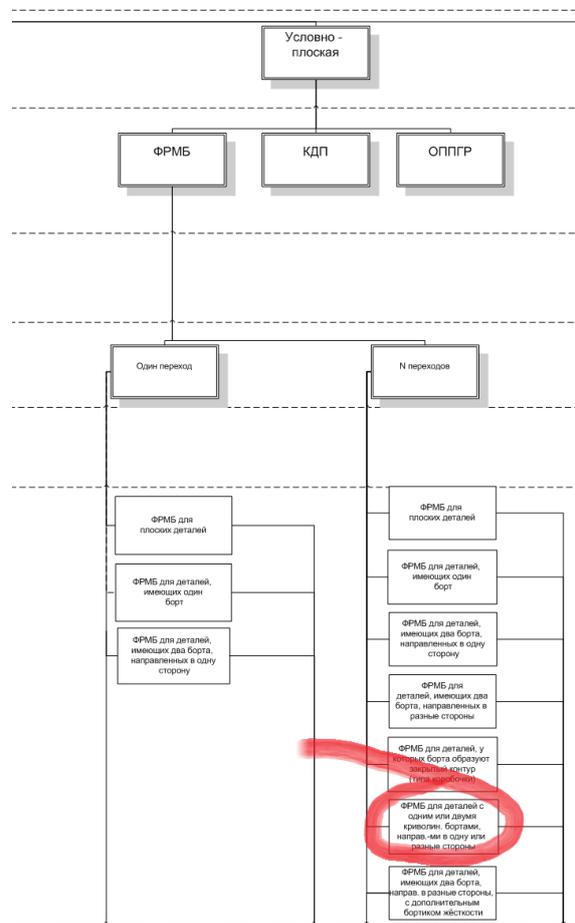


Рис. 2.18. Место ФРМБ для деталей с одним или двумя криволинейными бортами, направленными в одну или разные стороны в Классификаторе

2.7. Структуризация моделей прецедентов

Подводя итог по обозначенным выше пунктам (п.2.1. – п.2.5.), можно выделить общую схему прецедентов (рис. 2.20), подготовленную к интеграции в информационную систему предприятия.

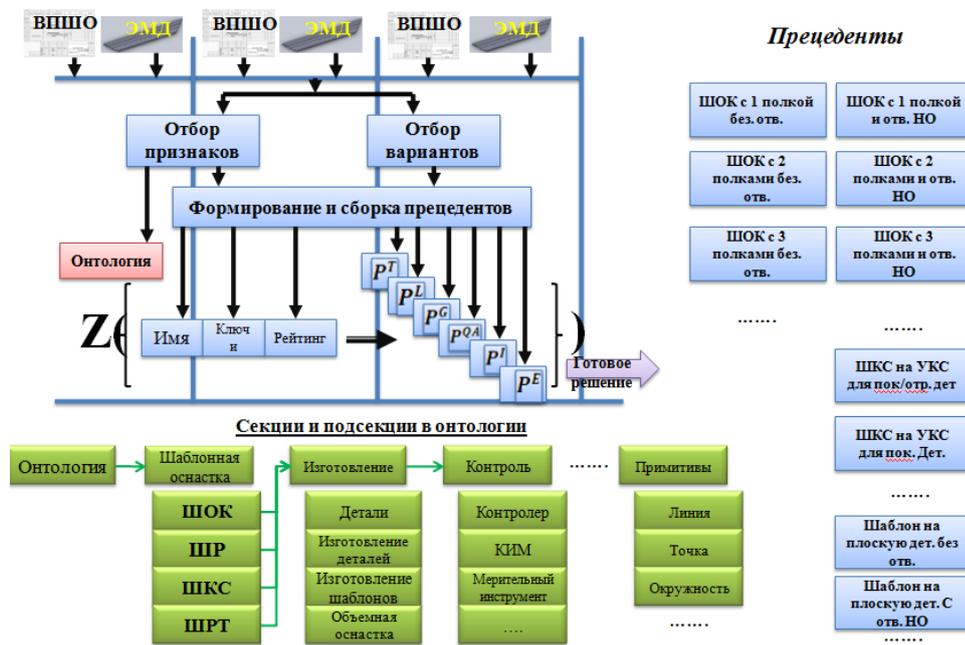


Рис. 2.20. Общая интеграционная схема прецедентов

В представленной схеме четко отражено формирование прецедентов на основе входящих условий поставки: ВПШО и ЭМД. Именно на этой стадии рационально закладывать более конкретизированные требования к будущему шаблону, т. к. это поможет наиболее рационально определить его отношение к изготавливаемой детали, а также повысить степень эргономичности при различного рода работах с ним.

Далее в качестве примера рассмотрим общую структурную схему, представляющую прецеденты ШОК (рис. 2.21), ШКС на УКС (рис. 2.22) и изготовления детали (рис. 2.23).

Таким решениям также следует уделять особое внимание и вести учет, т. к. вполне вероятно, что из многих разрозненных единиц в конечном итоге можно составить новую классификационную единицу, но самое главное, подобный учет позволяет сохранить бесценный опыт проектировщиков.

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного сделаем выводы:

1. Рассмотрена формализация процесса проектирования интегральной модели прецедентов. Модельное представление шаблонов полезно для их повторного использования в задачах, когда модели приходится адаптировать к изменившимся условиям производства, например, при создании новых образцов авиационной техники.

2. Для повышения эффективности процесса проектирования шаблонной оснастки предложена концептуальная модель разработанной онтологии в условиях технологической подготовки авиационного производства с выделенными в ней связями, а также рассмотрен принцип релевантного поиска на основе онтологии.

3. Представлен разработанный Классификатор шаблонной оснастки с выделенными в нем группировками. Классификатор разработан в качестве информационной основы для создания комплекса программ проектирования шаблонной и объемной технологической оснастки в авиационной промышленности.

4. Анализ представленных структур прецедентов шаблонов позволяет сделать вывод, что данный подход обуславливает наиболее рационально определить отношение оснастки к изготавливаемой детали, повысить степень эргономичности при различного рода работах с ним, а также создавать уникальные по своему наполнению проектные решения.

Глава 3 МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ

В данной главе будут рассмотрены вопросы, связанные с методической стороной исследования, а именно будет рассмотрено подробно поэтапное описание процессов создания ТО на основе разработанной структуры онтологической поддержки процессов проектирования. Информация, содержащаяся в конструкторской документации, является первичной, на ее основе разрабатывается технологическая, организационно-техническая, производственная и расчетно-аналитическая документация, определяется материально-техническое обеспечение.

3.1 Структурно-функциональная детализация процесса проектирования шаблонной оснастки

Для более четкого понимания процессов формирования оснастки рассмотрим укрупненно функции подразделений в условиях ЖЦ ШО.

На рисунке 3.1 представлена диаграмма, отображающая взаимодействие подразделений авиационного предприятия и их функции в общем процессе проектирования и изготовления шаблонной оснастки.

Из представленной схемы отчетливо видно, что в процессе создания шаблона участвует большое количество людей, и при разработке комплекса средств онтологической поддержки необходимо учесть интересы всех участников подразделений. Основной акцент необходимо сделать на общение участников с онтологией и сделать его как можно более простым, максимально приблизив язык запросов онтологии к естественному языку.

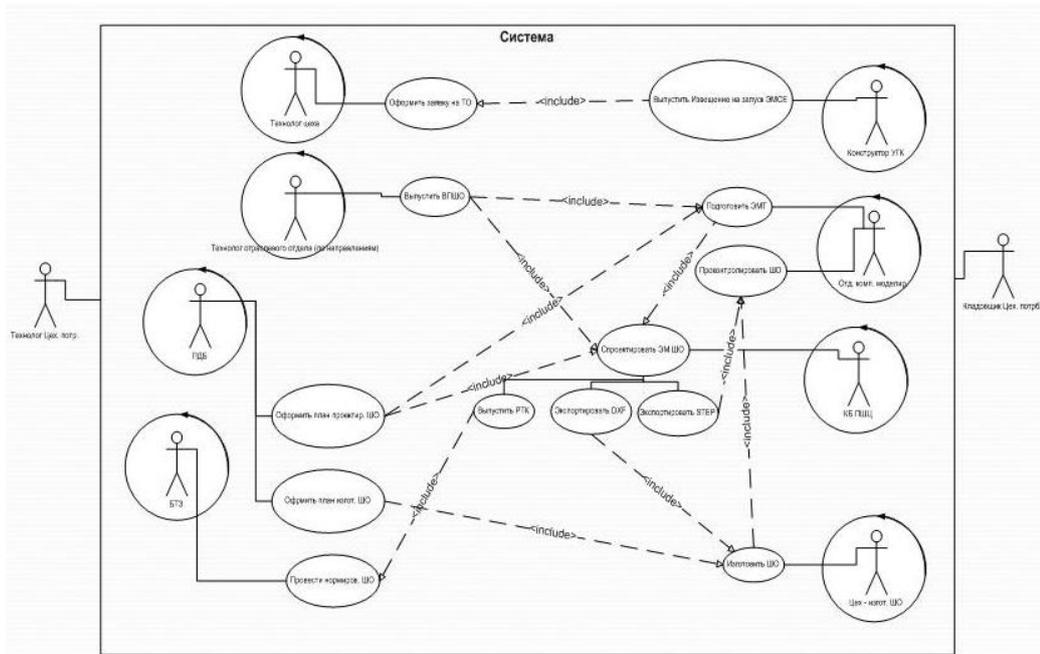


Рис. 3.1. Функции подразделений в условиях ЖЦ ШО

Ниже в таблице 3.1 описана и раскрыта деятельность подразделений предприятия. Деятельность подразделений рассмотрена авторами в рамках диаграммы, представленной на рисунке 3.1.

Таблица 3.1

Описание деятельности подразделений

Подразделение	Деятельность подразделения	Производственный процесс	Продукт деятельности	Подразделение - потребитель
УГК	Сопровождение КД	Проработка конструкций, согласование извещений и пр.	Извещение на запуск КД (ЭМСЕ)	Отделы УГТ
ТБ цеха	Сопровождение производства	Оформление заявок, технолог. поддержка производства	Заявка на ТО	Отделы УГТ
Отраслевые отделы УГТ	Сопровождение производства	Разработка ТП, проработка извещений и пр.	ВПШО	Отд. комп. моделирования, КБ ПШЦ
Отд. комп. моделирования и технолог. измерений	Технолог. поддержка производства	Создание ЭМТ, проведение технол. измерений конструкций и деталей	ЭМТ, контроль ШО на КИМ	КБ ПШЦ
КБ ПШЦ	Обеспечение	Моделирование ЭМ	ЭМ ШО	Подразделения

Подразделение	Деятельность подразделения	Производственный процесс	Продукт деятельности	Подразделение - потребитель
	производства ПШО	ШО		производства (цеха)
Цех изготовления ШО	Изготовление ШО	Изготовление ШО на лазерном станке с ЧПУ	ШО в металле	Отд. комп. моделирования, КБ ПШЦ
ПДБ	Планирование производства	Оформление планов производства	План на проектирование/изготовление	Отд. комп. моделирования, КБ ПШЦ
БТЗ	Нормирование производства	Осуществление нормирования ШО	Нормы	УТИЗ

Представление процесса работ на диаграмме последовательности.

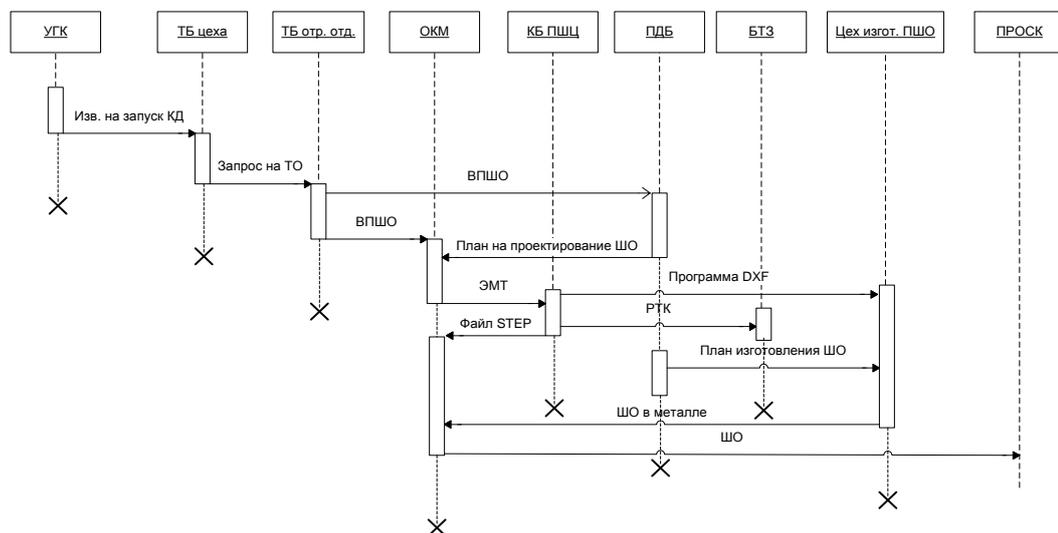


Рис. 3.2. Последовательность действий в ЖЦ ШО

Представленная на рисунке 3.2 диаграмма позволяет с разных точек зрения рассмотреть взаимодействие подразделений в создаваемой системе. Диаграмма описывает потоки управления между подразделениями, т. е. динамику процессов в системе.

В верхней части диаграммы показаны все службы, необходимые системе для выполнения процесса проектирования и изготовления ШО. В диаграмме последовательности указаны конкретные подразделения предприятия, используемые при реализации прецедента ЖЦ ШО. Каждый объект относится к некоторому классу.

От каждого подразделения в диаграмме последовательности проведена вертикальная линия, изображающая время существования объекта на протяжении взаимодействия (время участия объекта во взаимодействии).

Взаимодействие объектов в системе происходит посредством приема и передачи сообщений между объектами, участвующими в данном варианте использования.

3.2 Компонентный состав методического обеспечения онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки

Говоря о компонентном составе комплекса онтологической поддержки (рис. 3.3), следует отметить два основных элемента – это система автоматизированного проектирования *UG NX*, в рамках которой собственно и осуществляются операции по проектированию 3D-моделей шаблонной оснастки, и вопросно-ответная моделирующая среда *WIQA*, позволяющая проводить анализ моделей шаблонов и формировать прецеденты, структура которых подробно была рассмотрена во второй главе.

Как видно из функциональной схемы ЖЦ этапы жизненного цикла распределены по подразделениям. Поэтому рационально выделить нижеследующие компоненты системы, схема которой обобщенно представлена на рисунке 3.3. и ее архитектуру (рис. 3.4):

1. Формирование в ВПШО условий поставки деталей цехом-потребителем;
2. Формирование ВПШО технологами цехов-потребителей оснастки.
3. Сохранение ВПШО в базе данных
4. Создание ЭМТ технологами отраслевых отделов и её сохранение в базе данных.
5. Проектирование ЭМ ШО конструкторами и её сохранение в базе данных.
6. Нормирование ЭМ ШО сотрудниками БТЗ.
7. Формирование заявки на вырезку шаблона в металле сотрудниками ПДБ.
8. Контроль шаблона в металле оператором КИМ.

формируется ЭМТ, сохраняемая также в БД. Конструктор, руководствуясь ЭМТ и ВПШО, создает прецедент шаблона, после чего моделирует ЭМ ШО, а также файлы Step и Dxf для контроля. При необходимости РТК распечатывается на принтере. ПДБ присваивает ЭМ ШО регистрационный номер и дает заявку на вырезку ШО в металле. БТЗ нормирует ЭМ ШО.

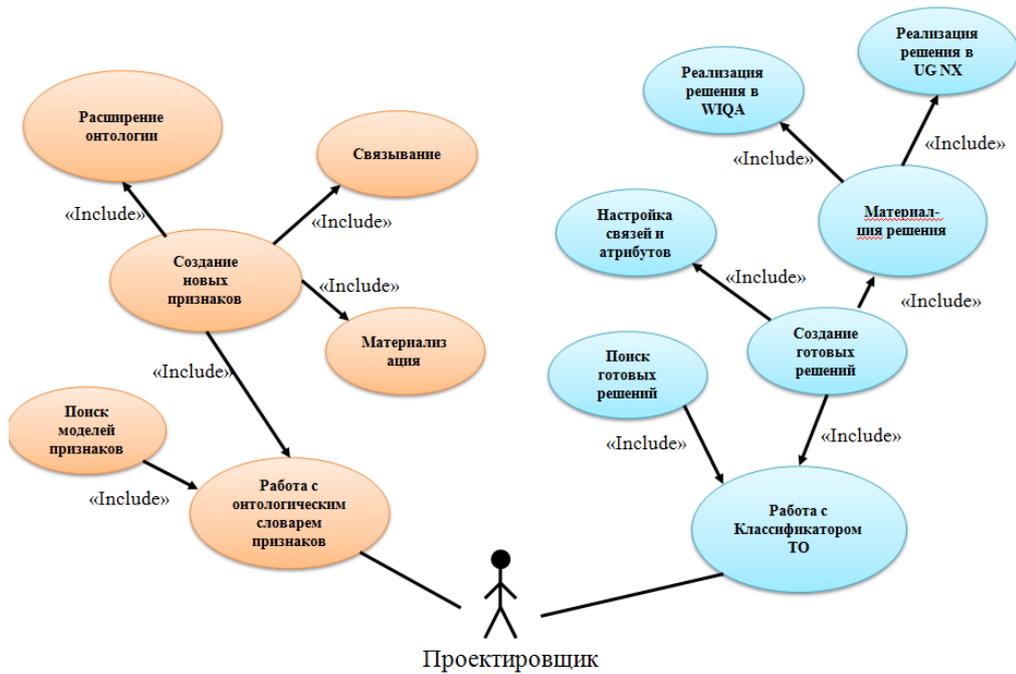


Рис.3.5. Диаграмма вариантов использования онтологических словарей

На основании вышеизложенного сформируем диаграмму вариантов использования онтологических словарей (рис. 3.5). Здесь проектировщику предлагается два варианта работы:

1. Работа непосредственно в классификаторе ТО. В данном случае проектировщик сразу может определить, к какому классу относится его проектное решение, и подставить его в соответствующую группировку.

2. Работа с онтологическим словарем признаков. Здесь работа по формированию прецедентов начинается с нуля, либо создаются какие-либо новые признаки, помогающие более детально описать создающийся вновь прецедент.

3.3 Алгоритмическое представление проектирования шаблонной оснастки типа ШОК и ШКС на УКС

3.3.1 Блок-схема модуля построения ШОК

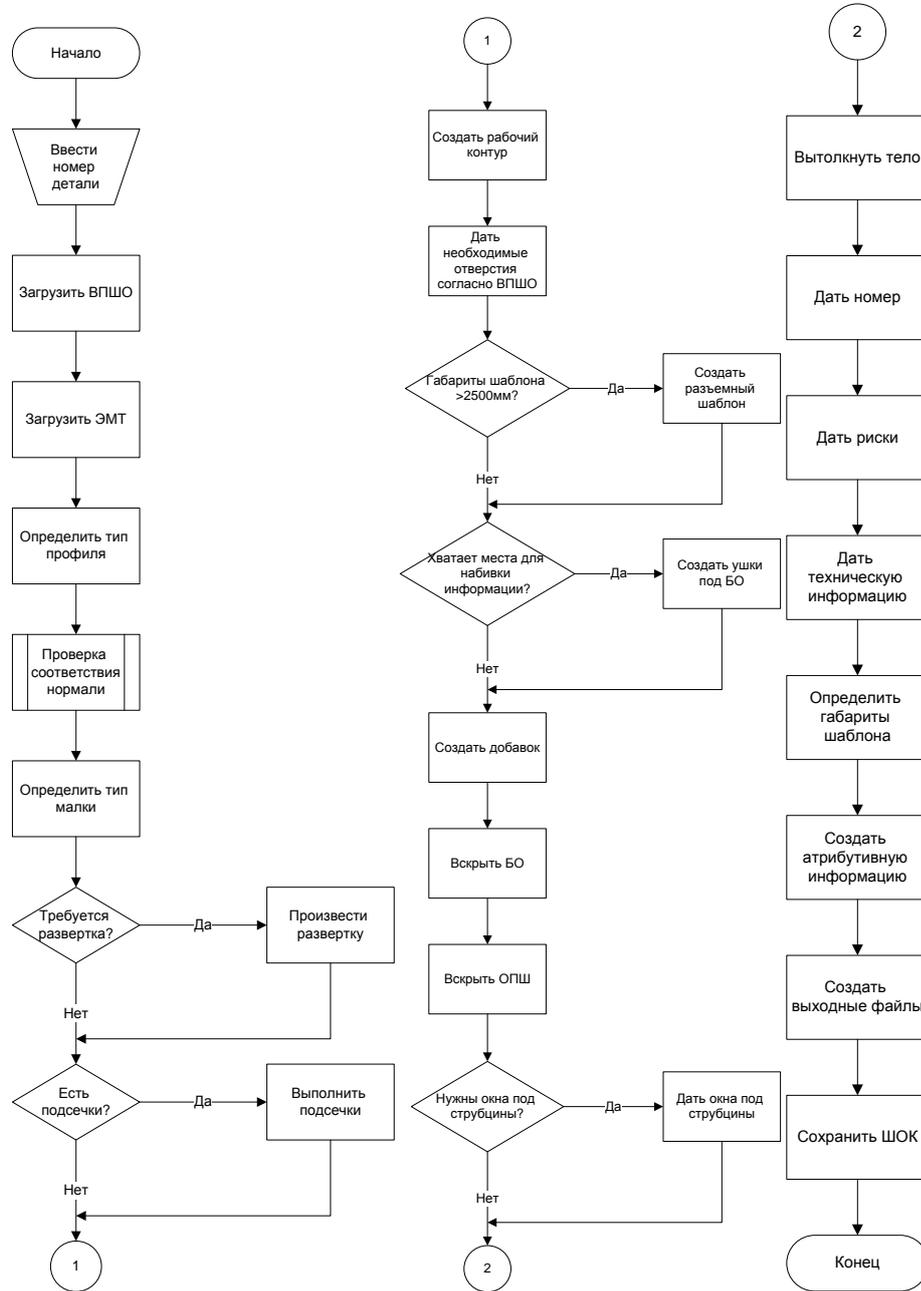


Рис 3.6. Блок-схема модуля построения ШОК

Далее описывается вербальное описание процесса проектирования ШОК с помощью интегрированного модуля GRIP в системе UG NX (рис. 3.6).

Интерактивное представление работы модуля будет подробно рассмотрено в главе 4.

Вначале проектировщик запускает САД-систему UG NX и входит в среду проектирования ШО [26–27, 34].

На основной форме оператор задает тот тип профиля, которому соответствует ЭМД:

- Уголок,
- Тавр,
- Двутавр,
- Швеллер,
- Z-образный.

В основной форме среды проектирования вводится номер детали, загружается ее технологическая модель и ведомость плазово-шаблонной оснастки.

С помощью модуля оператор пошагово, следуя инструкциям программы, выполняет построение ЭМ ШО. Рабочий контур в UG NX создается программно на плоскости, выставленной конструктором. Согласно условиям поставки ВПШО, в рабочем контуре могут вскрываться необходимые отверстия.

Нерабочий контур соединяется с рабочим посредством перемишек. Конструктор указывает границу рабочего контура, и программа автоматически достраивает добавочный материал со вскрытыми БО. По завершению построения контура дается информация, наносимая лазерным станком на тело шаблона:

- Риски,
- Номер детали.

С помощью формы программы конструктор создает выходные файлы DXF и STEP, после чего сохраняет их в БД. Полученную модель шаблона конструктор также сохраняет в базе данных.

3.3.2 Блок-схема модуля построения ШКС на УКС



Рис 3.7. Блок-схема модуля построения ШКС на УКС

Далее дается вербальное описание процесса проектирования ШОК с помощью интегрированного модуля GRIP в системе UG NX (рис. 3.7). Интерактивное представление работы модуля будет подробно рассмотрено в главе 4.

Проектировщик запускает CAD-систему UG NX и входит в среду проектирования ШО. В основной форме среды проектирования вводится номер детали, загружается ее технологическая модель и ВПШО. С помощью ПО оператор пошагово, следуя инструкциям программы, выполняет построение ЭМ ШО. Строится хорда, соединяющая торцевые точки оси рабочей полки профиля. Задаётся оптимальное положение профиля в пространстве так, чтобы стрингер плотно «лежал» в вырезе рабочего контура шаблона, добиться минимального смещения базы ШКС или отсутствия данного смещения вовсе, учесть максимально возможные габариты шаблона и наличие симметричности детали. Для построения рабочих сечений стрингер сечется плоскостями, количество которых зависит от входных данных. Конструктор выбирает первое рабочее сечение, которое будет считаться базой. Программа сама достраивает нерабочий контур по параметрам, заданным в [118]. Конструктор выбирает оставшиеся рабочие сечения, и программа автоматически достраивает комплект ШКС. Нанесение рисок обреза детали и оси шаблона (если требуется) осуществляется автоматически. Программа автоматически создает тело шаблона и помещает его на третий слой. Типовая и неизменяемая информация наносится автоматизированно: номер шпангоута, номер ШКС, номер детали, дистанция. Полученную модель шаблона конструктор также сохраняет в БД [25, 28].

3.4 Структуризация представлений словарей онтологии

Любой проект, безусловно, тесно связан с некоторой предметной областью. В свою очередь, предметная область включает в себя определенный набор понятий, между которыми существуют некоторые отношения (связи). В свою очередь, понятия могут быть классифицированы по определенным группам, которые отождествляют конкретные разделы предметной области. Для того чтобы обеспечить поддержку сопровождения проектов подобной классификацией, в приложении WIQA (Work In Questions and Answers) предусмотрен компонент

«Онтология» [115]. В таблице 3.2 приведено формальное раскрытие понятий в словарях проектной онтологии [32–33].

Таблица 3.2.

Формальное представление словарей онтологии

Модель онтологии	Примечание
Словарь Шаблонная оснастка	
<u>Раздел ШОК</u>	
ШОК с 1 полкой	Понятие
ШОК с 2 полками	Понятие
ШОК с 3 полками	Понятие

ШОК с 3 полками и отв. СО и НО	Понятие
<u>Раздел ШР</u>	
Шаблон без отв.	Понятие
Шаблон с отв. НО	Понятие

Шаблон с отв. СО и НО	Понятие
<u>Раздел ШЗ</u>	
Плоская деталь	Понятие
Глухой рифт	Понятие

<i>Рабочая оснастка</i>	<i>(Атрибуты)</i>
<i>Контрольная оснастка</i>	<i>(Атрибуты)</i>
<i>Цельный/составной</i>	<i>(Атрибуты)</i>
<i>Рабочий контур</i>	<i>(Атрибуты)</i>
<i>Добавок</i>	<i>(Атрибуты)</i>
<u>Раздел ПРОЕКТИРОВАНИЕ</u>	
Инженер-конструктор	
Процесс проектирования	
ЭМ ШО	
CAD-система	
Онтология	
WIQA	
Словарь Изготовление	
<u>Раздел ДЕТАЛИ</u>	
Профиль угловой	Понятие
Профиль тавровый	Понятие
Профиль двутавровый	Понятие
Профиль швеллерный	Понятие
Профиль Z-образный	Понятие
Лист плоский	Понятие
Лист с глухой отбортовкой	Понятие
Лист с N-бортами	Понятие
Лист на вытяжку	Понятие
Лист гнутый	Понятие
Лист смешанного типа	Понятие
Лист с замкнутым контуром	Понятие

	<u>Раздел ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШАБЛОНОВ</u>	
	Станок с ЧПУ	Понятие
	Оператор Станка с ЧПУ	Понятие
	Программа УП ШО	Понятие
	Слесарь ПШЦ	Понятие
	Слесарный инструмент	Понятие
	Ударный штамп	Понятие
	Струбцина	Понятие
	Рабочий стол слесаря ПШЦ	Понятие
	Плаз-кондуктор	Понятие
	Бирка	Понятие
	<u>Раздел ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ</u>	
	Слесарь цеха-изготовителя	Понятие
	Рабочее место слесаря	Понятие
	Гильотинные ножницы	Понятие
	Кондукторные втулки	Понятие
	Прижимы	Понятие
	Вставки	Понятие
	Накладки	Понятие
	НПО	Понятие
	Дрель	Понятие
	Вскрытие отверстий	Понятие
	Станок с Эластичной средой	Понятие
	<u>Раздел ОБЪЕМНАЯ ОСНАСТКА</u>	
	ФРМБ	Понятие
	КДП	Понятие
	Болванка	Понятие
	ОППГР	Понятие
	ОП	Понятие
	ОГ	Понятие
	Увязка заготовки	Понятие
	Заготовка	Понятие
	<i>Словарь Контроль</i>	
	Контролер БТК	Понятие
	Контроль	Понятие
	Контрольная линейка	Понятие
	Штангель-циркуль	Понятие
	Эталон	Понятие
	Болванка	Понятие
	КИМ	Понятие
	Программа КИМ	Понятие
	Шпилька	Понятие
	Фиксация	Понятие
	Плаз-кондуктор	Понятие
	Шаблон	Понятие
	Склад ПШО	Понятие
	Оператор-КИМ	Понятие
	<i>Словарь Нормативно-технологическое сопровождение</i>	
	СТП на проектирование ПШО	Понятие
	ТИ на проектирование ШКС на УКС	Понятие

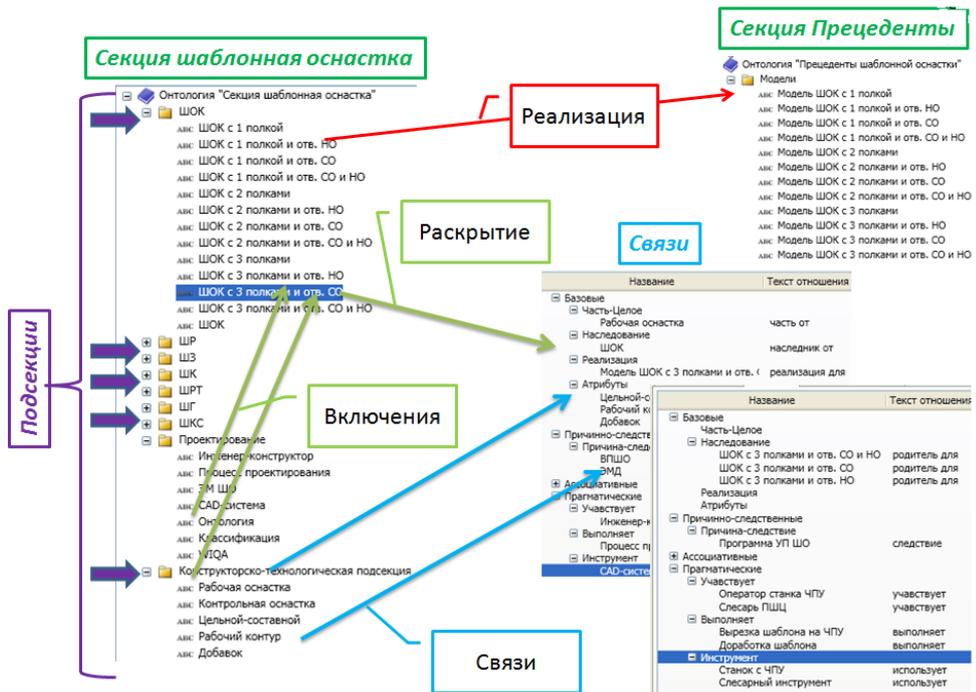


Рис. 3.9. Секции онтологии в WIQA

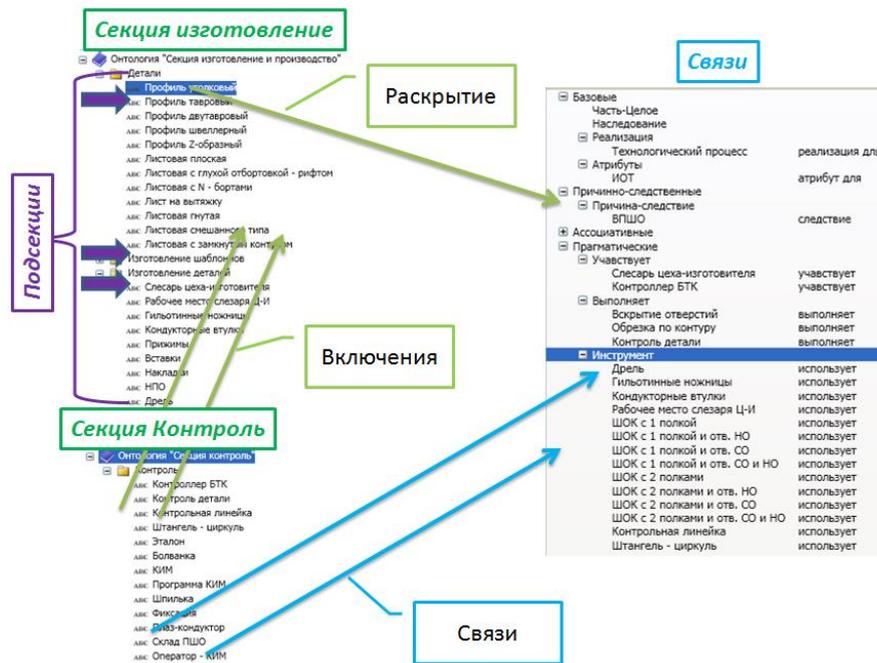


Рис. 3.10. Секции онтологии в WIQA (продолжение)

Благодаря инструментарию WIQA имеется возможность полного описания не только необходимой оснастки в онтологии словаря, но и конструкционных элементов (рис. 3.11).

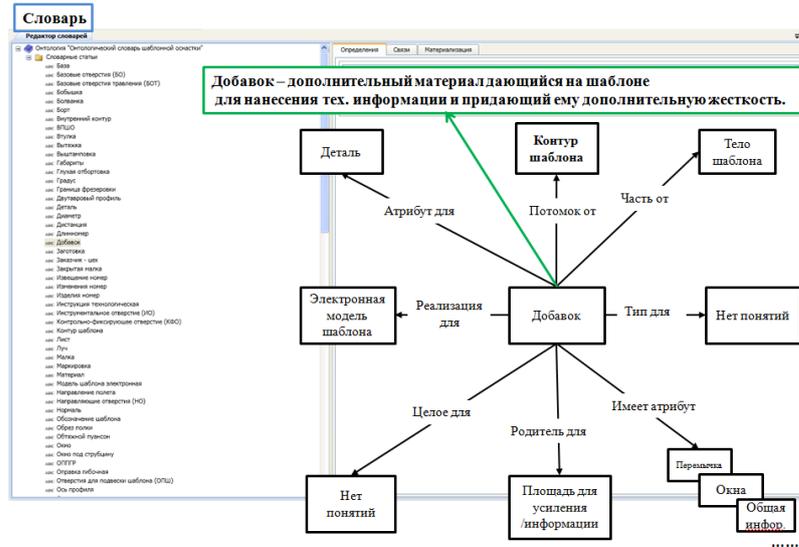


Рис. 3.11. Представление элемента «Добавок» в онтологии словаря

Имея в наличии классифицированный шаблон и его составляющие элементы создаются связи для формализации шаблона по признакам «часть-целое», т. к. в него входят определяющие его элементы, «наследование», т. к. в большинстве случаев у шаблона имеется родитель или предок, и заполняются необходимые атрибуты (рис. 3.12).

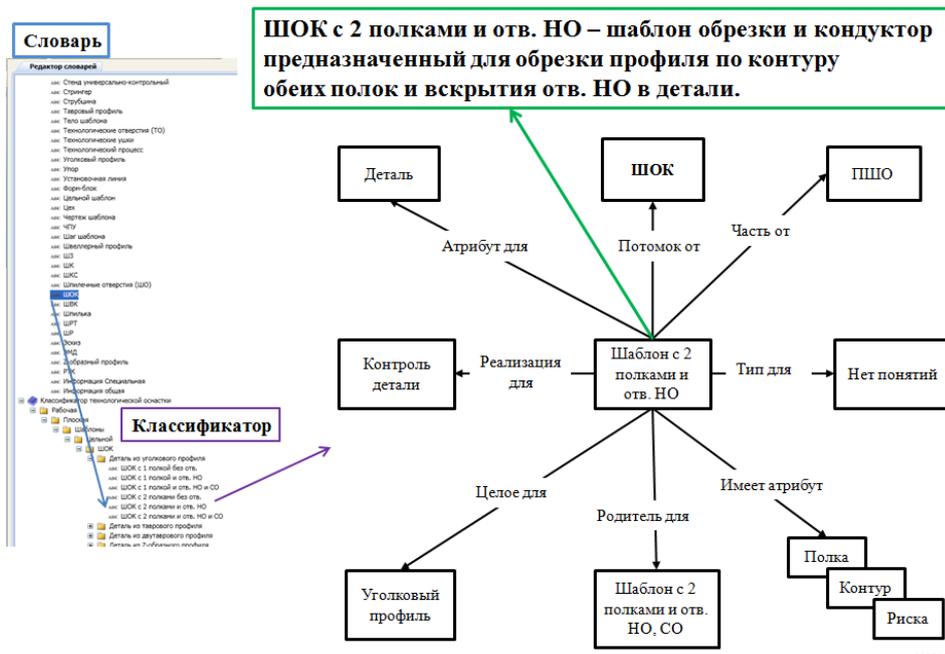


Рис. 3.12. Представление шаблона ШОК с 2 полками в онтологии словаря

3.5 Представление реализации Классификатора ТО в WIQA

В ходе проектирования электронной модели шаблона возникают ситуации, когда один и тот же шаблон на одну и ту же деталь может иметь несколько вариантов исполнения. На рисунке 3.13 представлены возможные вариации исполнения ШОК на угловой профиль с отверстиями под заклепки [30].

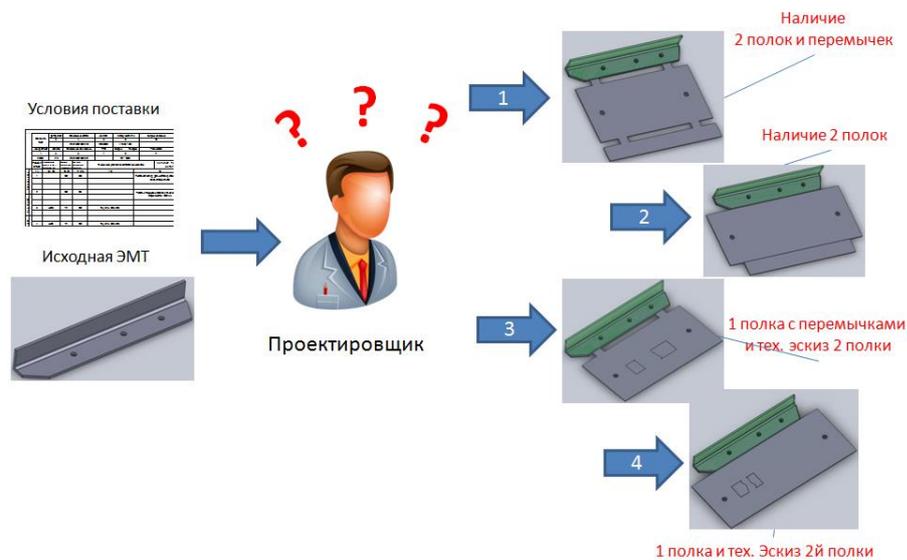


Рис. 3.13. Возможные вариации исполнения ШОК

Следует отметить, что все вариации исполнения шаблона на представленную деталь верны, однако не все они удачны с точки зрения эксплуатации, металлоёмкости и трудоёмкости исполнения. К примеру, когда одна полка детали имеет простой контур и не имеет отверстий, то целесообразно с целью экономии металла и машинного времени станка с ЧПУ, на котором изготавливается шаблон, дать ее в виде технологического эскиза на добавке.

Основываясь на изложенных выше положениях, не нашедших своё отражение ни в стандартах, ни в технологических инструкциях, авторами предлагается разработать более подробный технологический классификатор шаблонной оснастки на основе имеющегося классификатора шаблонной оснастки в [118].

Классификатор ТО представляет собой систематизированный свод наименований классификационных группировок объектов классификации – изделий плоской и объемной технологической оснастки [87].

На рисунках 3.14, 3.15 представлен фрагмент одного из классов шаблонов, а именно шаблонов обрезки и кондуктора. В Классификатор включены классификационные характеристики изделий плоской и объемной оснастки, комплектов технологической оснастки, групп-комплектов, на которые разработана и разрабатывается конструкторско-технологическая документация по единой системе технологической документации (ЕСТД), а также общетехнические документы (нормы, правила, требования, методы и т. д.) на оснастку, входящую в Классификатор.

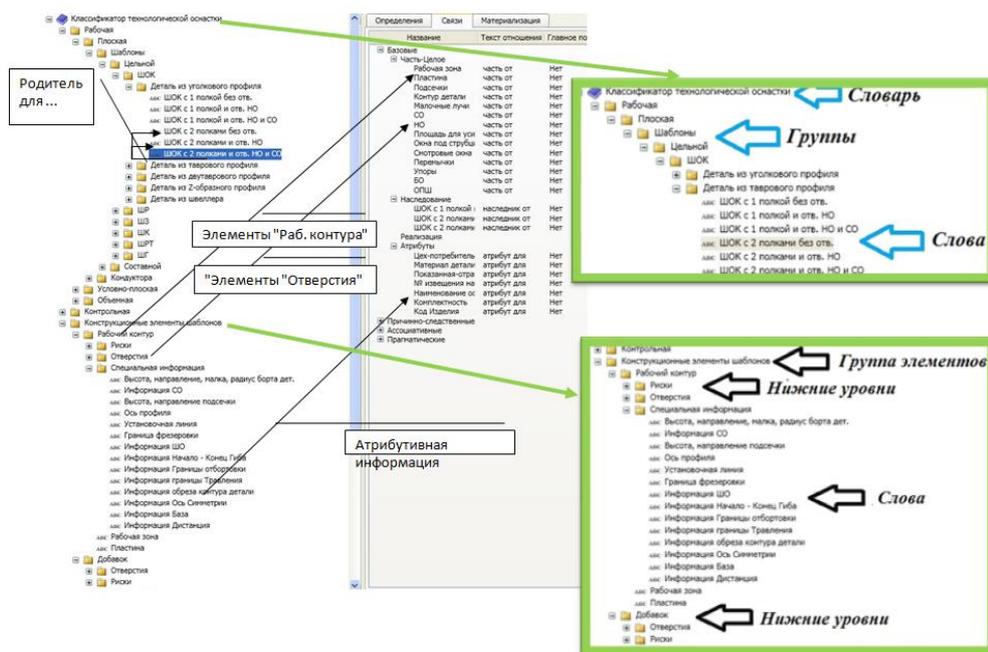


Рис. 3.14. Представление классификатора с системе WIQA

Каждое понятие, как правило, имеет свое определение. Текстовое определение вводится, в первую очередь, для обозначения общих признаков шаблона (или их группы), а также для поиска в Словаре онтологии. Для визуального представления шаблонов в Словаре используется материализация, выполненная в виде простейших эскизов оснастки. Это позволяет, в первую

очередь, задать будущий облик проектируемой впоследствии электронной модели шаблона, а также использовать эскиз в качестве уточняющей информации в запросах на оснастку.

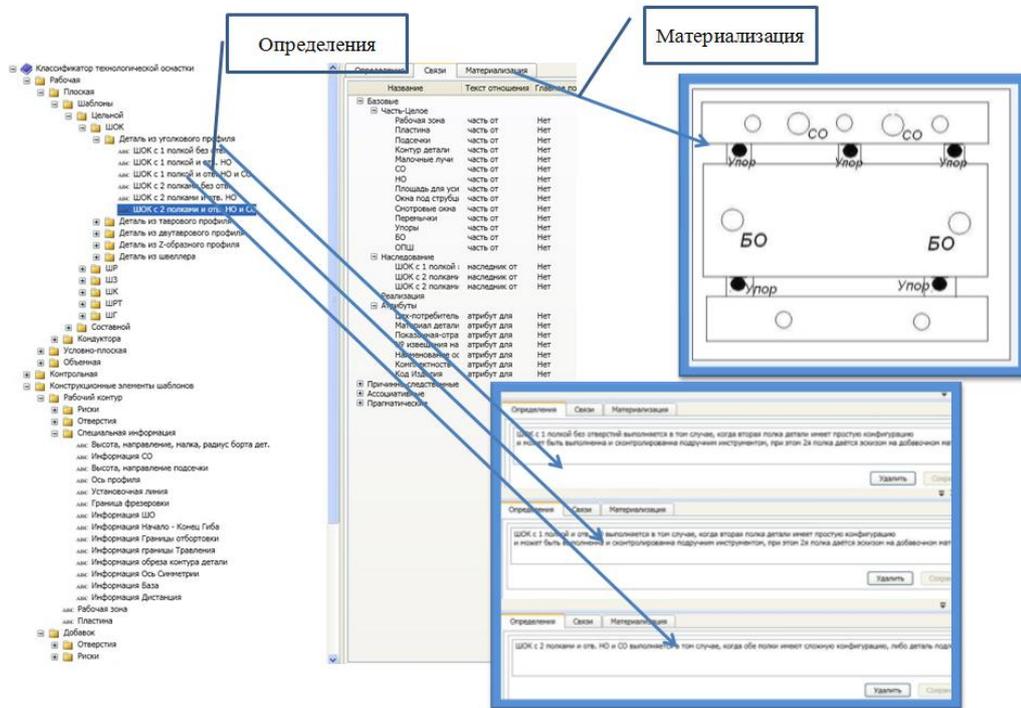


Рис. 3.15. Представление классификатора с системе WIQA (продолжение)

3.6 Методическое обеспечение работы с онтологией и словарями

Использование средств WIQA открывает возможность моделирования не только имеющихся шаблонов, но и создания новых, с возможностью их материального представления и аккумуляции в онтологическом словаре. Впоследствии представленная материализация может быть использована как опережающая информация для проектировщика шаблона с целью избежания недочетов при проектировании и проектировании под заданный тип шаблона, что способствует значительному повышению уровня автоматизации проектно-конструкторской деятельности [116].

Однако, для достижения этого результата автором разрабатывается методика по работе с онтологией и словарями, представленная в виде блок-схемы на рисунке 3.16.

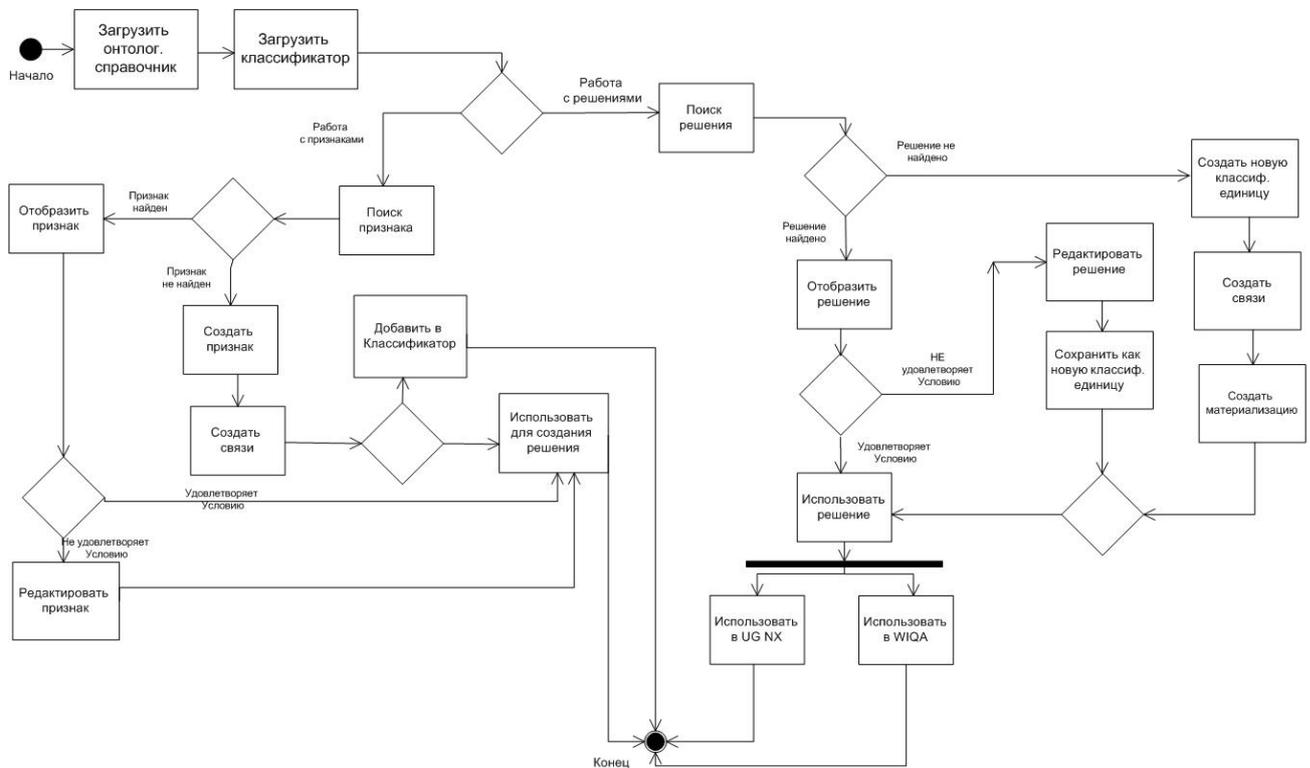


Рис. 3.16. Методика работы с онтологией и словарями

Основное внимание здесь уделяется в первую очередь работе с «признаками» и «решениями». Под признаками в онтологии понимаются конструкты и понятия прецедентов. В начале процесса проектирования человек в первую очередь обращается к уже имеющейся базе конструктов и по результатам мысленного анализа и поиска приходит к мнению, удовлетворяют ли его потребностям имеющиеся конструкты. Если нет, то проектировщик может создать новые признаки, которые помогут ему более конкретизированно и рационально описать необходимый прецедент.

Решениями в данной методике выступают уже готовые прецеденты, которые ранее использовались в работе. Опытный проектировщик может сразу использовать эти решения для создания шаблонов. Более того, материализация инструментария WIQA позволяет подключать различного рода материализацию

проектных решений вплоть до модулей GRIP UG NX, что обеспечивает интерактивную работу среды и САПР.

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного сделаем выводы:

1. Представление шаблонов в виде модели прецедентов в рамках проектной онтологии позволяет накрыть весь жизненный цикл процесса разработки, т. е. онтологическое описание отражает все действия участников процесса создания шаблонной оснастки, от подготовительного этапа до формирования конечного файла программы для изготовления оснастки.

2. В рамках комплекса средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки были выделены следующие компоненты: онтологические словари с возможностью наполнения, интерактивный классификатор шаблонной оснастки, средства визуализации и материализации на основе встроенного инструментария WIQA и дополнительных ресурсов, совокупность методик работы с онтологией и словарями.

3. Анализ комплекса средств онтологической поддержки говорит, что при архитектурной организации предпочтение лучше отдавать интегрированным решениям, т. е. комплекс формирования прецедентных моделей шаблонной оснастки должен являться надстройкой САД-системы и должен быть интегрирован в общезаводскую информационную систему.

4. На основе анализа вопросно-ответной моделирующей среды WIQA можно сделать вывод о хороших инструментах моделирования прецедентов шаблонов, в частности о редакторе «Онтология», позволяющем проектировщику анализировать проектные решения и аккумулировать опыт.

Глава 4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

4.1 Разработка рекомендаций по созданию классификационной структуры шаблонной оснастки

В данном разделе проводятся проектные исследования с помощью программных модулей автоматизированного проектирования шаблонной оснастки.

Рассмотрим технологические приемы и структурные взаимосвязи построения шаблонной оснастки, а также представим практическую реализацию элементов комплекса средств онтологической поддержки проектирования шаблонной оснастки.

На рисунке 4.1 представлен один из прецедентов, а именно ШОК с тремя полками в среде WIQA.

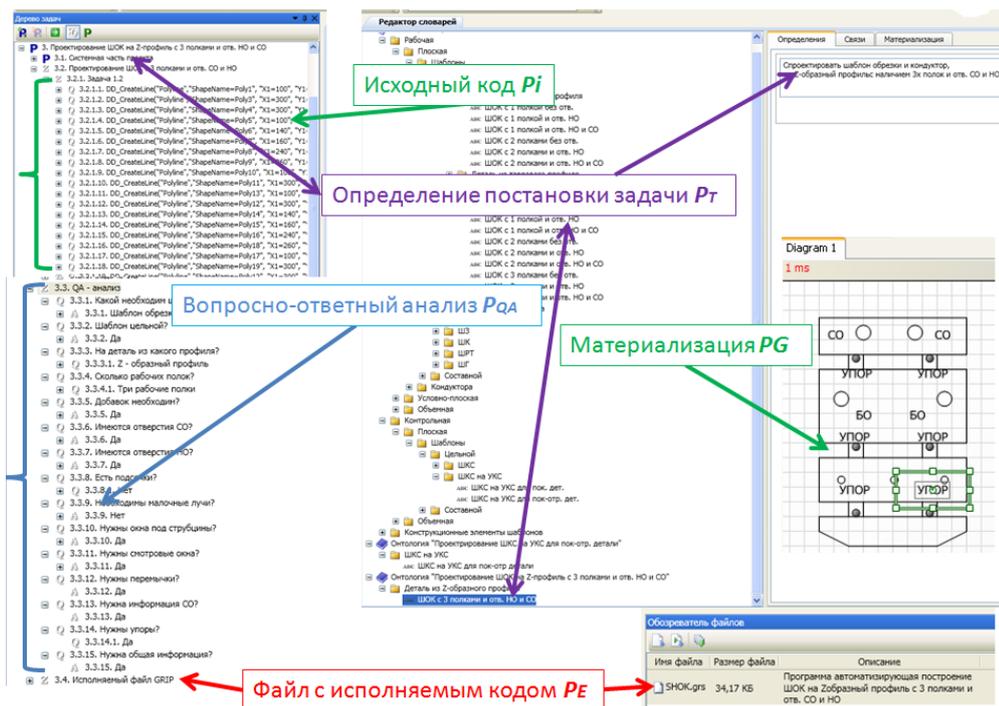


Рис. 4.1. Представление прецедента ШОК в WIQA

Инструментарий вопросно-ответной среды WIQA позволяет производить материализацию решений в виде простейших эскизов оснастки с использованием линий и сплайнов. Такой подход удобен для формирования первичного

прооблика оснастки, который может быть с успехом использован технологами отраслевых отделов для представления шаблона в запросе. Более того, уже на стадии предпроектирования можно заложить все необходимые условия поставки оснастки, тем самым повысив степень ее эргономичности и рациональности, т. к. конструктор получит четкие указания о том, какая именно оснастка требуется цеху на заданную деталь.

На рисунке 4.2 представлена материализация прецедента (его построение) в вопросно-ответной среде WIQA.

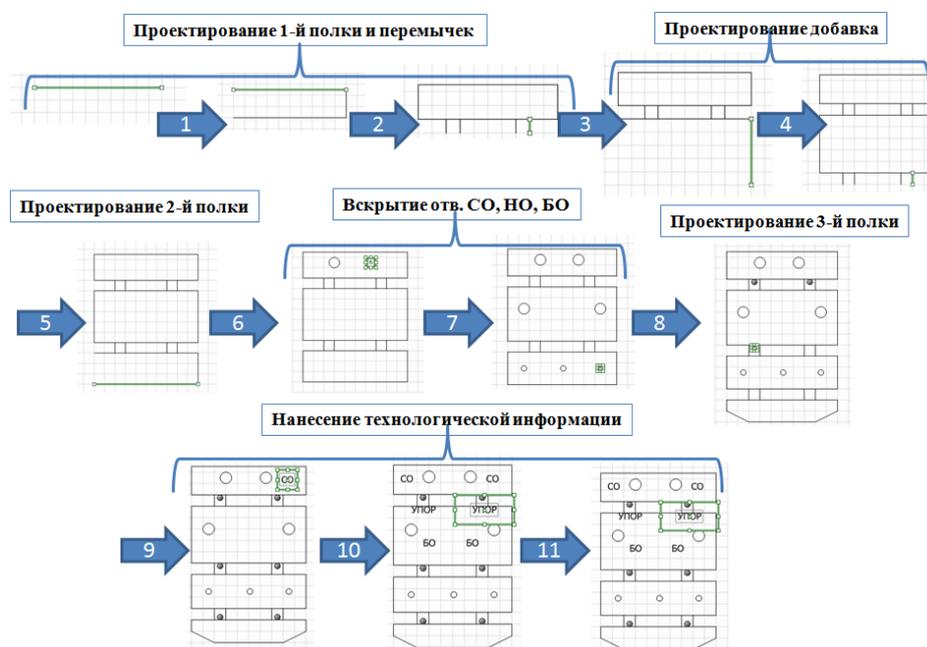


Рис. 4.2. Материализация процесса проектирования ШОК в WIQA

Аналогично автором представляется прецедент ШКС на УКС в WIQA (рис. 4.3). Здесь следует обратить особое внимание на тот факт, что при проектировании данных шаблонов особое внимание уделяется дистанции расположения и БАЗЕ позиционирования. По практическому опыту отмечается, что приоритет всегда отдается положительной базе и дистанциям по оси шпангоутов, однако очень часто проектировщик не исполняет заданных условий (в силу незнания или невнимательности). Конкретизация поставки шаблонной оснастки в этом плане способствует повышению эргономичности контроля и

выставлению групп-комплекта шаблонов на универсальном стенде и, как следствие, обеспечивает снижение времени на настройку и переналадку приспособлений контроля.

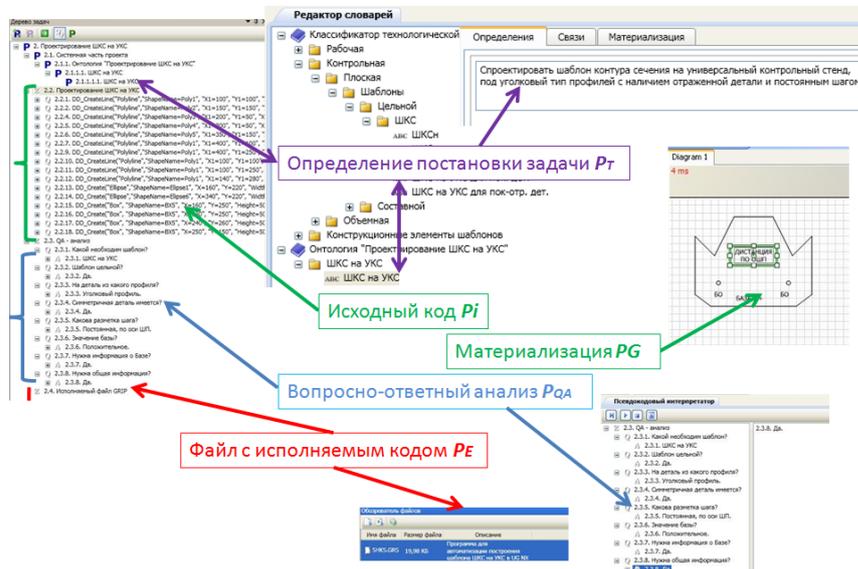


Рис. 4.3. Представление прецедента ШКС на УКС в WIQA

Далее на рисунке 4.4 представляется материализация проектирования шаблона ШКС на УКС. В отличие от остальных шаблонов ШКС на УКС всегда проектируются группой не менее чем из трех шаблонов, поэтому работы, связанные с автоматизацией проектирования данного вида, выделяются автором как одни из приоритетных. Более того ШКС на УКС всегда идут в комплекте поставки с ШОК [118].

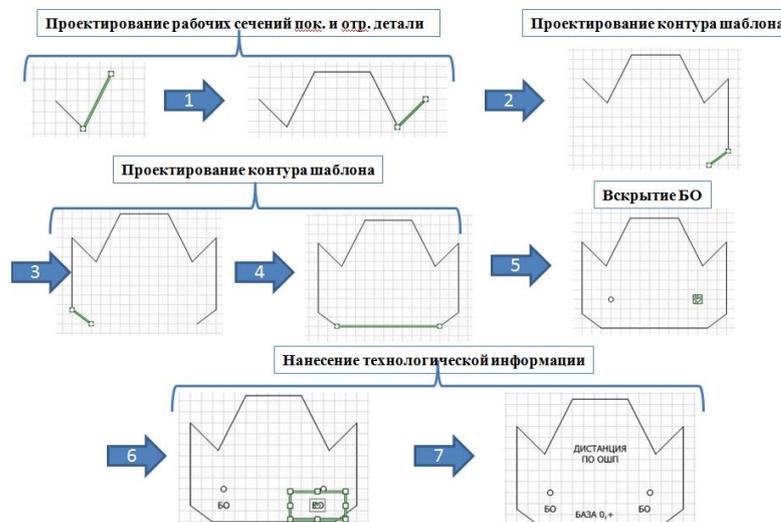


Рис. 4.4. Материализация процесса проектирования ШКС на УКС в WIQA

4.2 Разработка методических рекомендаций на проектирование технологической оснастки в САД-системе

Данная, уже развитая, технология увязки основана на самом широком применении вычислительной техники с использованием рассмотренных программных продуктов «Catia», «UG NX» и «Компас».

Моделирование шаблонов именно в системе «UG NX» связано с тем, что она имеет ряд дополнительных функций, позволяющих рассчитывать любые малки, разворачивать практически любые по кривизне поверхности, и имеет встроенный язык программирования GRIP, позволяющий создавать интегрированные модули под заданные, конкретные задачи, без применения дополнительных библиотек.

В контексте данной работы 3D–модели рассматриваемого объекта (шаблонной оснастки) полностью моделируются в системе «UG NX».

Построение математической модели шаблонной оснастки сводится в первую очередь к моделированию ее контура. Общая схема моделирования представлена на рисунке 4.5 в виде схемы. По представленной схеме моделируются все типы шаблонной оснастки.

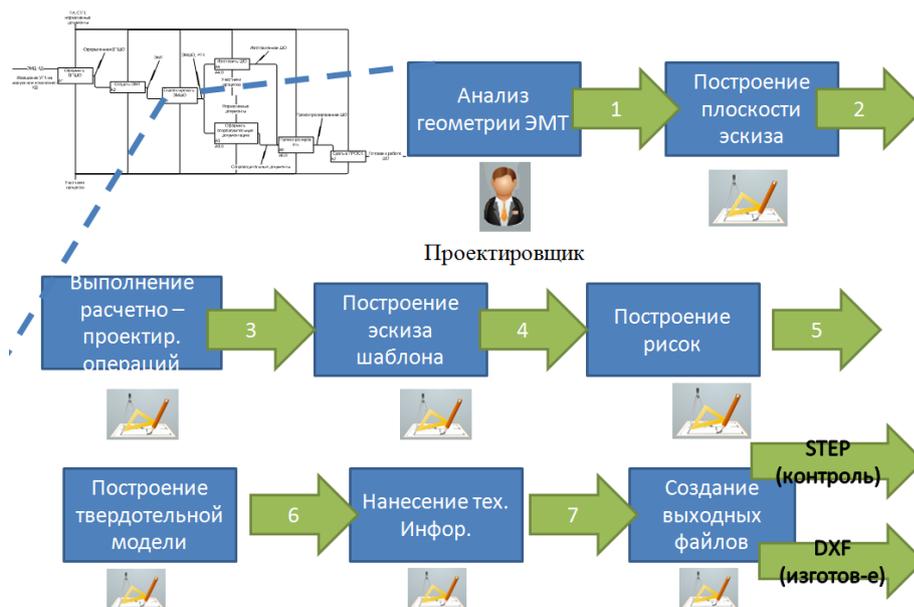


Рис. 4.5. Общая схема создания математической модели шаблонной оснастки

Создание математической модели шаблонной оснастки $P_i^{ЭМ}$ можно представить в виде следующей последовательности этапов моделирования [35-36].

1. Анализ геометрии ЭМД. Этап теоретического осмысления будущего облика шаблона, а также выбор оптимального расположения детали в пространстве моделирования для дальнейшего удобства проектирования математической модели оснастки. Здесь же конструктором выбирается место расположения дополнительных конструкторских элементов шаблона (добавочного материала, наличия перемычек, смотровых окон и прочее) и их количество; принимаются решения о целесообразности моделирования (в случае с шаблонами типа ШОК) всех полок профиля или нет. В общем случае этот этап можно обозвать КТА шаблонной оснастки.

2. Построение плоскости эскиза. Плоскость эскиза шаблона является первым пунктом конструкторского проектирования шаблона. Как правило, она строится на плоской или нерабочей поверхности ЭМД. В случае отсутствия таковых (детали двойной кривизны) плоскость эскиза строится конструктором в наиболее оптимальном и удобном для проектирования месте, на котором впоследствии будет отображен эскиз развертки детали. Плоскость эскиза является основополагающим элементом детали шаблона.

3. Выполнение необходимых расчетно-проектировочных операций. Количество и типы расчетных и проектировочных операций, а также их варианты зависят от КТА шаблонной оснастки (пункт 1), типа оснастки и опыта проектировщика. К примеру, при проектировании ШР в 95% случаев требуется развертка борта или криволинейной поверхности. Далее выполнение развертки можно выполнить «ручным» способом, по методике нахождения средней, недеформированной линии металла и после нарисовать на плоскости эскиз, либо использовать встроенные инструменты разверток/формовок САД-системы, которые в своем случае дают погрешность 5–10%, т. к. не всегда верно учитывается материал или некорректно спроектирована ЭМД.

4. Проектирование эскиза шаблона. Эскиз создается на плоскости, и исходя из особенностей геометрии детали, сложность и количество выполняемых

операций при его проектировании может сильно варьироваться. В одних случаях проектирование эскиза шаблона представляет собой снятие проекционной копии контура детали на плоскость, в других же – это сложный проектно-вычислительный процесс, включающий в себя целый комплекс различных математических действий (нахождения пересечений кривых контура, эквидистанты, расчет положения отверстий и их диаметра и пр.). Готовый эскиз шаблона помещается на первый слой моделирования детали.

5. Построение рисок. Количество и типы необходимых рисок напрямую зависят от типа и групп-комплектов шаблонов. Однако в любом типе шаблона будет присутствовать минимум одна риска – это риска контура обреза детали. Все риски контура при производстве шаблона выполняются гравировкой лазером, и поэтому они помещаются на второй слой моделирования детали.

6. Когда эскиз шаблонной оснастки полностью готов и контур замкнут, операцией «Вытягивание» создается твердотельная модель шаблона. Ее основное назначение служит для увязки групп-комплектов шаблонов по отверстиям (к примеру, ШР+ФРМБ, или ШР+ШРТ) [118] и контроля изготовленной оснастки на КИМ. Твердое тело помещается на третий слой моделирования.

7. Нанесение технологической информации. Вся технологическая информация наносится на твердое тело шаблона и помещается на пятый (справочный) слой моделирования.

8. Создание выходных файлов. С готовой электронной модели шаблона генерируются два выходных файла:

- файл DXF – служащий для вырезки шаблона из металлического листа лазером.
- файл STEP – для контроля контура изготовленного шаблона на КИМ.

Ниже приведен графический пример проектирования ЭМ ШО типа ШОК с 1 полкой и отверстиями СО в UG NX [127].

Выставление рабочей системы координат (РСК) и плоскости эскиза (рис. 4.6).

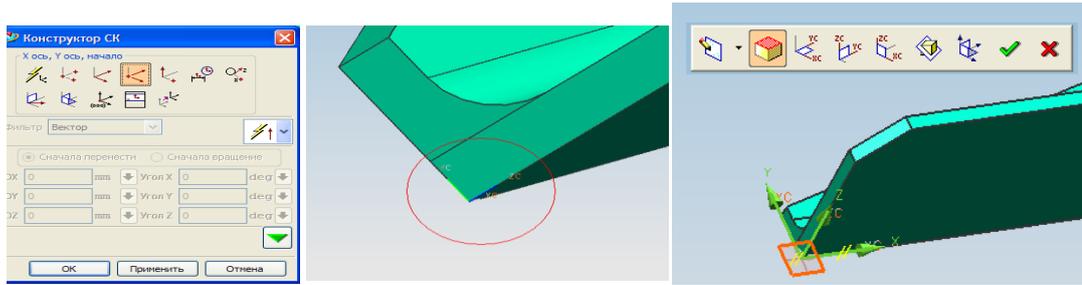


Рис. 4.6 Выставление РСК и рабочей плоскости

Создание контура и тела шаблона (рис. 4.7).

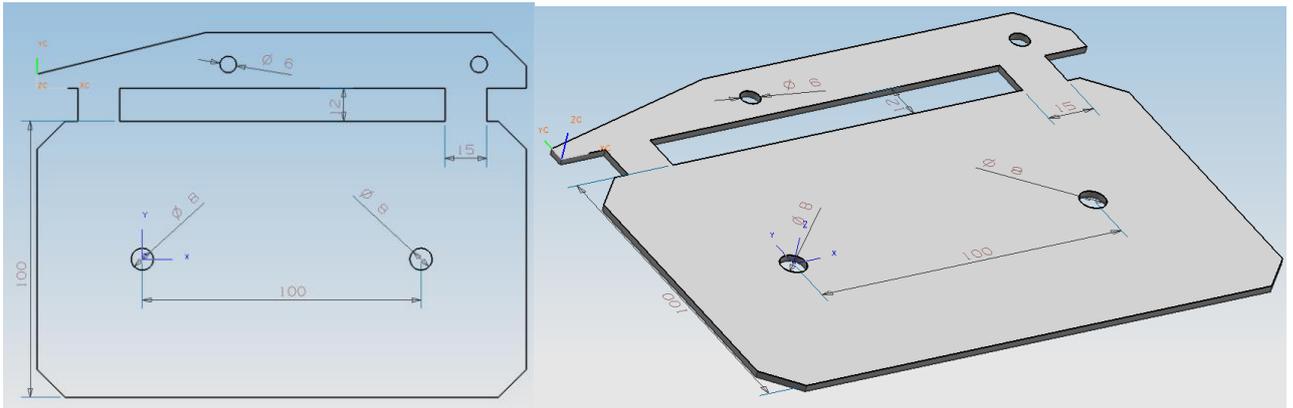


Рис. 4.7 Рабочий контур и создание тела.

Нанесение рисок, номера и технологической информации (рис. 4.8).

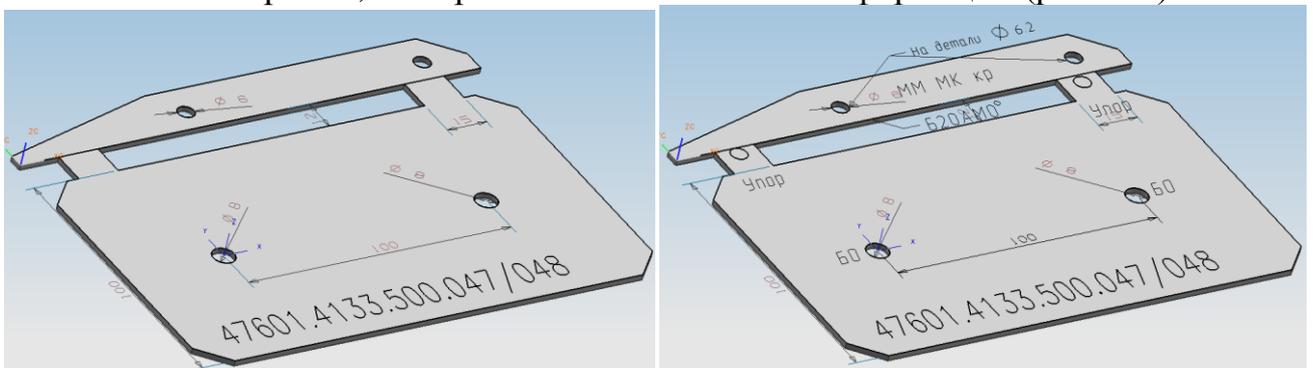


Рис. 4.8 Риски и номер детали

Создание эскиза обреза вертикальной полки (рис. 4.9).



Рис. 4.9 Эскиз обреза вертикальной полки

Именно анализ данной методики проектирования шаблонной оснастки, которая осуществляется в так называемом «ручном» режиме, и создал предпосылки к разработке интегрированных модулей проектирования шаблонной оснастки, позволяющих снизить трудоемкость проектирования и избежать ряда конструкторских ошибок [31].

4.3 Разработка интерфейсных решений системы проектирования шаблонной оснастки

4.3.1 Интерфейсные решения для модуля проектирования ШКС на УКС (для угловых профилей)

Работа с модулем начинается с запуска САД-системы UG NX и консольного окна GRIP. Вначале конструктор открывает необходимую ему деталь (рис. 4.10), а затем в консоли GRIP (рис. 4.11), нажав клавишу 4, прописывает директорию, где расположен исполняемый файл модуля (к примеру, C:\Uses\Grip\programm\SHO\...).

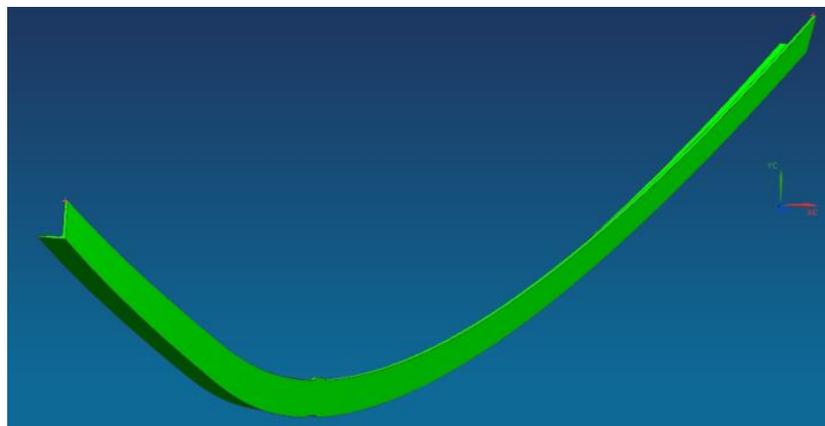


Рис. 4.10. Искомая ЭМД

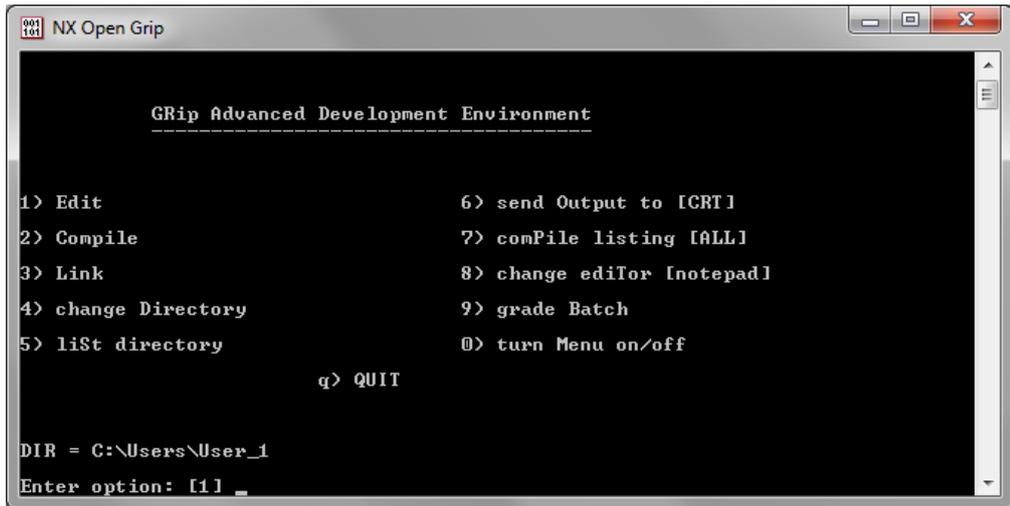


Рис. 4.11. Консоль GRIP

После загрузки в САПР UG NX исполняемого файла в интерактивном режиме появляется окно, предлагающее указать две конечные точки профиля (рис. 4.12).

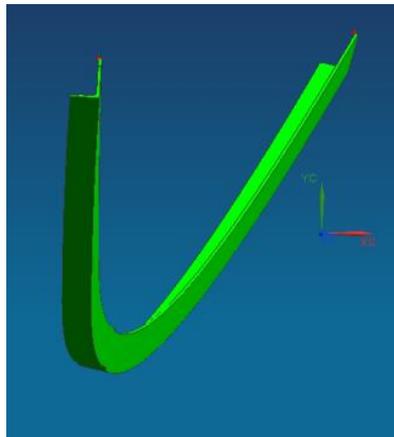


Рис. 4.12. Выбор 2 конечных точек

После этого автоматически строится линия, так называемая теоретическая ось УКС, перпендикулярно которой посредством плоскостей будет сечься профиль, а также появляется информативное окно, в котором необходимо указать количество ШКС, входящих в комплект (количество указано в ВПШО) (рис. 4.13).

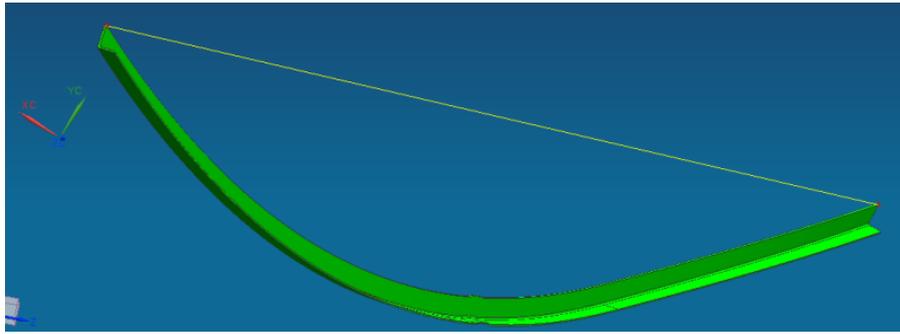


Рис 4.13. Ввод необходимого количества ШКС

На следующем этапе (рис. 4.14) пользователь указывает отступ ШКС от торца детали (обычно 50-100 мм) и шаг между ШКС (обычно 300-450 мм, если не оговорено иное в ВПШО).

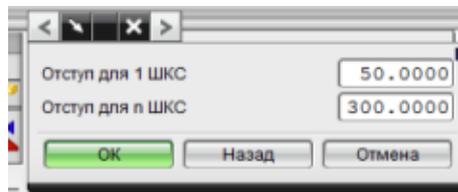


Рис. 4.14. Ввод позиционных характеристик ШКС

Следующий шаг - указать тело детали (рис. 4.15).

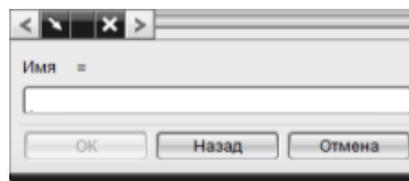


Рис. 4.15. Выбор тела детали

После этого тело детали сечется плоскостью перпендикулярной к торцевой оси по дистанции, указанной в предшествующем пункте. Здесь же пользователю предлагается выбрать тип проектируемых шаблонов (рис. 4.16):

- для показанной и отраженной деталей;
- только для показанной детали.

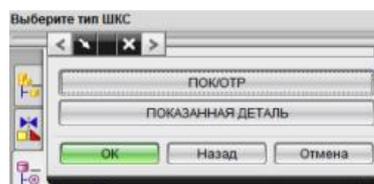


Рис. 4.16. Определение типа шаблона

После этого пользователю необходимо обозначить рабочее сечение профиля. Для этого он выбирает вначале вертикальную ось сечения (рис. 4.17), а после этого – горизонтальную (рис. 4.18).

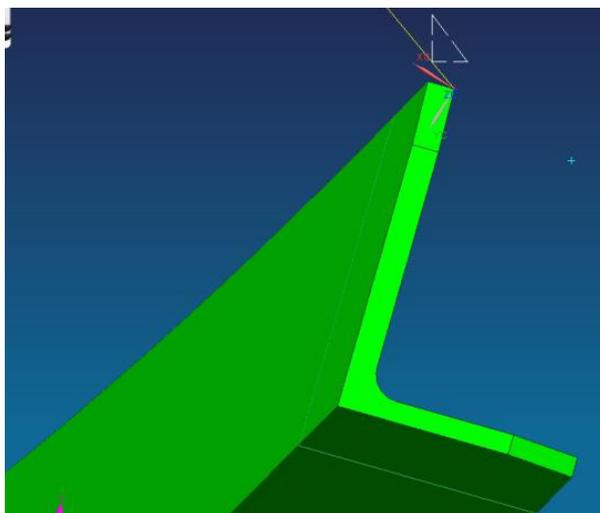


Рис. 4.17. Выбор вертикальной оси рабочего сечения

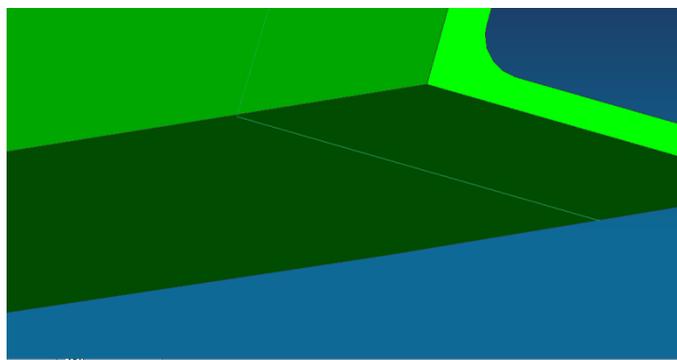


Рис. 4.18. Выбор горизонтальной оси рабочего сечения

На основе всех этих данных в автоматическом режиме производится построение групп-комплекта ШКС на УКС, на которых указывается дистанция и порядковых номер шаблона (рис. 4.19). На этом этапе работа модуля завершена.

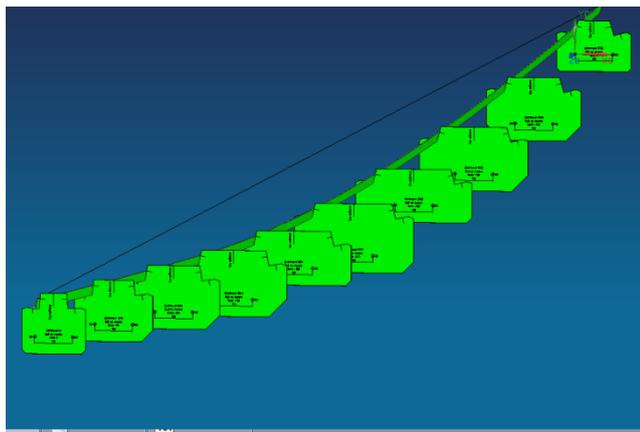


Рис. 4.19. Готовый групп-комплект шаблонов ШКС

Ниже представлена сравнительная таблица трудоемкости проектирования ШКС на УКС «базовый вариант – проектный вариант».

Таблица 4.1

Сравнительная таблица трудоемкости проектирования ШКС на УКС

Наименование процесса	Базовый вариант, мин	Проектный вариант, мин
1.	2.	3.
Построение хорды, соединяющей торцевые точки профиля	5	2
Построение торцевых сечений	10	0,1
Определение положения промежуточных ШКС	10	1
Определение положения профиля в пространстве, удобного для установки на УКС	10	2
Построение плоскости симметрии для пок/отр	5	0,1
Симметричность детали	5	0,1
Построение сечений	15	2
Построение рабочего контура	25	15
Построение нерабочего контура	35	
Создание рисок	15	5

1.	2.	3.
Создание тела шаблона.	10	5
Информация шаблона наносимая вручную.	15	10
Создание выходных файлов	10	26
Σ	170	68,3

Как видно из представленной таблицы:

Сокращение трудоемкости на 101,7 мин (60%).

Диаграмма сравнения трудоемкости проектирования ШКС на УКС приведена на рисунке 4.20.

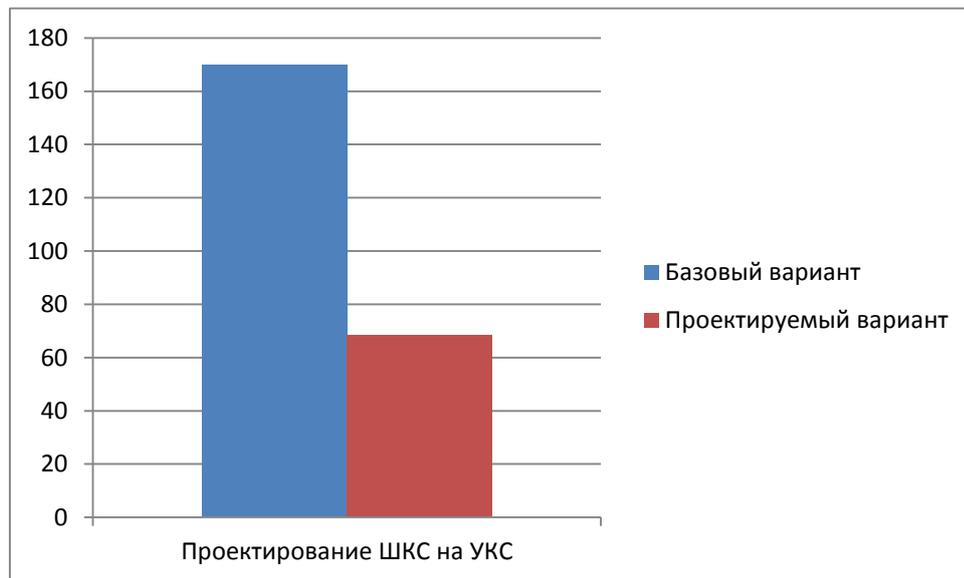


Рис. 4.20. Сравнение трудоемкости проектирования ШКС на УКС

Как видно из приведённых выкладок, сокращение трудоёмкости составляет от 39% до 65%.

4.3.2 Интерфейсные решения работы модуля ШОК

Далее рассмотрим работу модуля проектирования ШОК (для уголкового профиля).

Этапы подгрузки, компиляции и прилинкования совершаются аналогично как описано в п. 4.3.1.

После загрузки исполняемого файла в среду проектирования пользователю предлагается выбрать наиболее удобное расположение РСК (рис. 4.21).

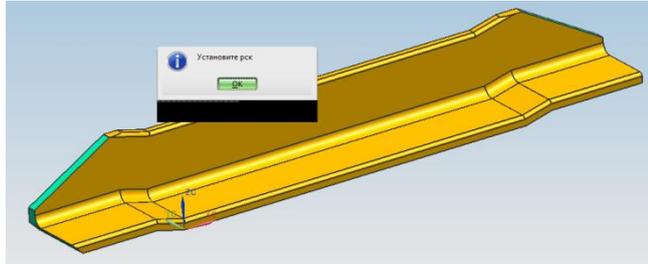


Рис. 4.21. Установка РСК

Далее указывается тело детали (рис. 4.22).

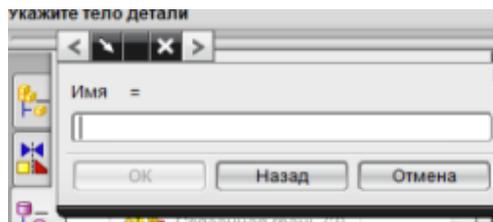


Рис. 4.22. Определение тела детали

Следующим шагом является определение грани проецирования для построения контура шаблона (рис. 4.23). Как правило, выбирается плоская, недеформированная и неподсекаемая поверхность.

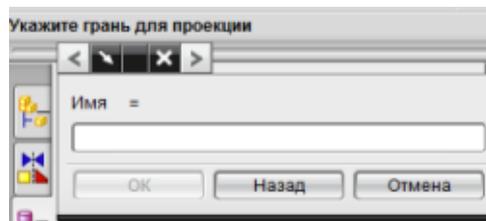


Рис. 4.23. Определение грани для проецирования

После определения основной грани для проецирования указываются все оставшиеся грани на искомом борту (подсечки, фаски и т. п.) (рис. 4.24–4.25).

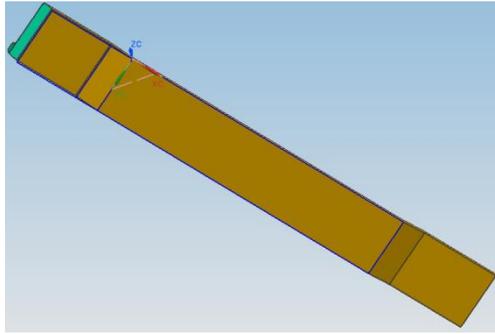


Рис. 4.24. Выбор оставшихся граней

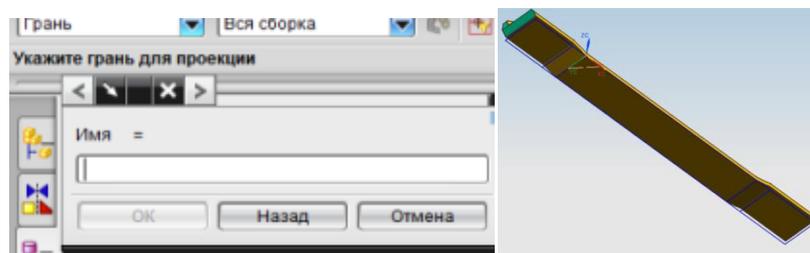


Рис. 4.25. Выбор подсекаемых граней профиля

После построения рабочего контура первого борта детали пользователю предлагается (рис. 4.26) указать имеющиеся на нем фаски и подсежки. Они указываются для того, чтобы программа при расчете расстановки перемычек не установила их в подсежку.

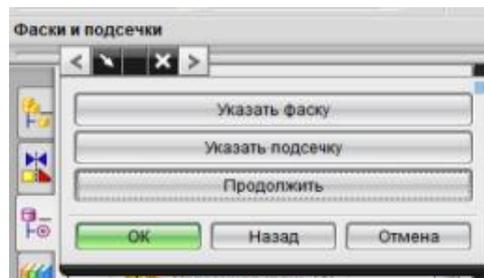


Рис. 4.26. Обозначение подсежек и фасок

Далее пользователю предлагается удалить все лишние внутриконтурные линии и сплайны (Рис. 4.27 – 4.28).

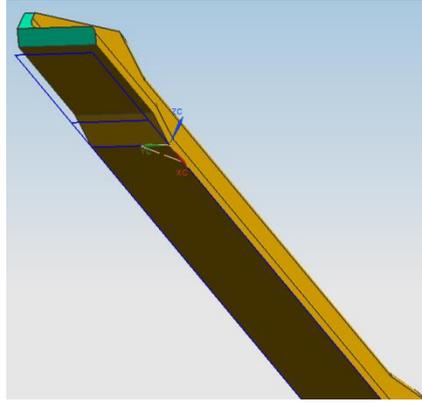


Рис. 4.27. Удаление внутриконтурных линий

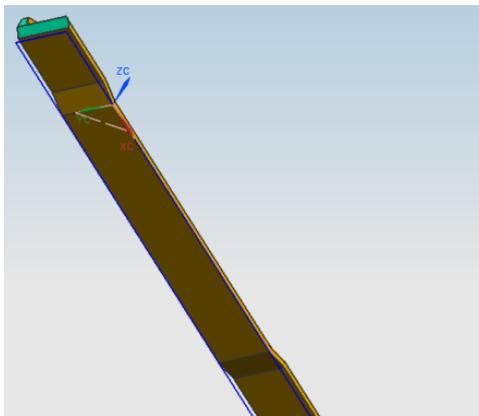


Рис. 4.28. Все лишние линии удалены

После удаления всех лишних линий из рабочего контура пользователю необходимо выбрать крайний левый (рис. 4.29) и крайний правый (рис. 4.30) сплайны с противоположной от борта детали стороны.

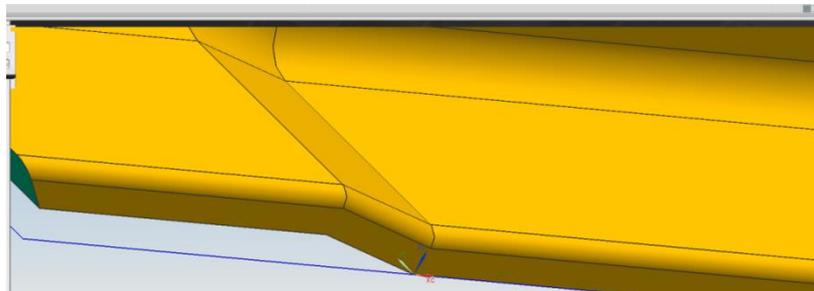


Рис. 4.29. Выбор крайнего левого сплайна

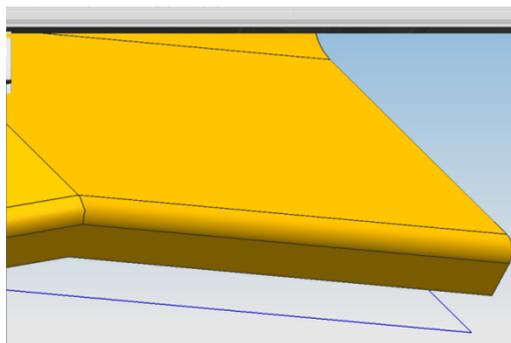


Рис. 4.30. Выбор крайнего правого сплайна

После этого производится автоматическое копирование тела детали, а также смещение его на 120 мм в плоскости ХУ и поворот на 90 градусов.

Далее повторяется алгоритм проектирования рабочего контура второго борта аналогично первому (рис. 4.31 – 4.35).

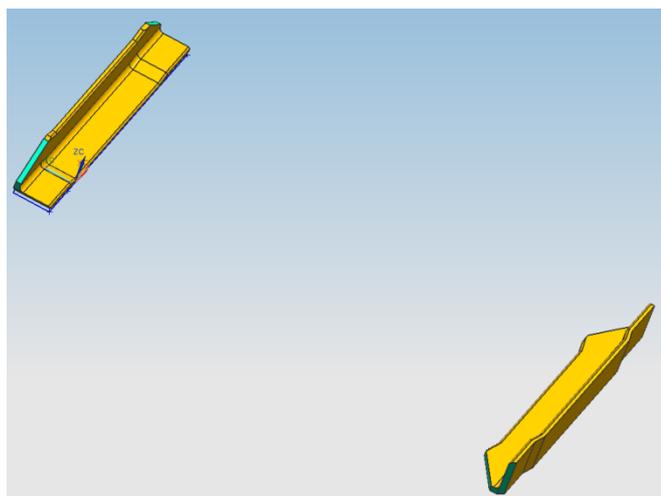


Рис. 4.31. Выбор основной грани проецирования (второй борт)

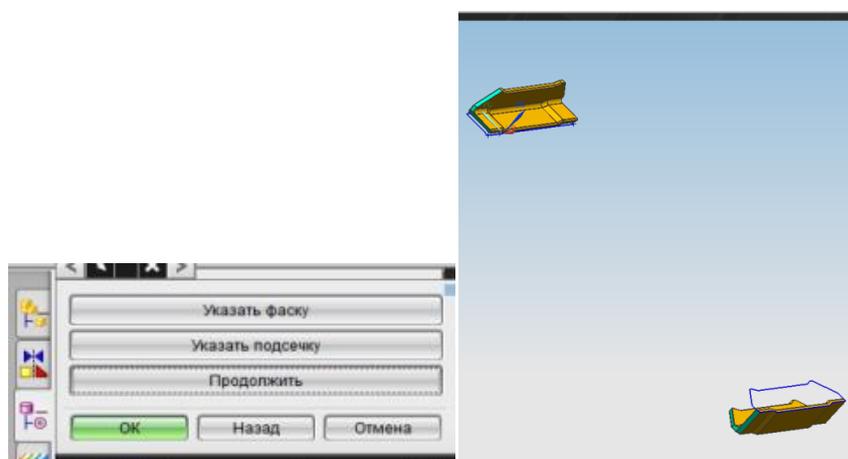


Рис. 4.32. Выбор подсечек и фасок для проецирования (при наличии)

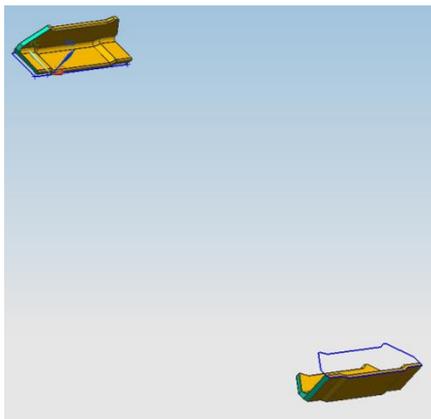


Рис. 4.33. Удаление внутриконтурных линий (при необходимости)

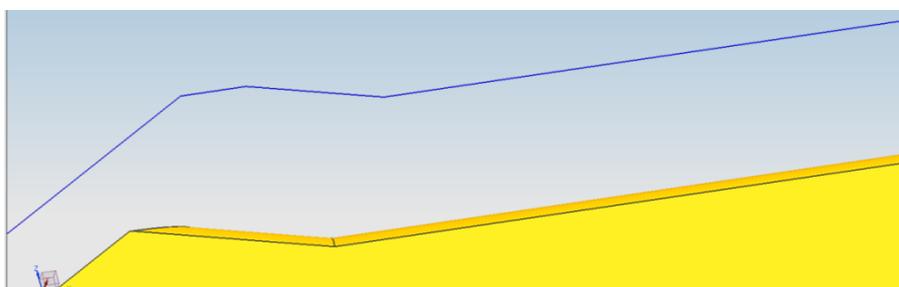


Рис. 4.34. Выбор крайнего левого сплайна

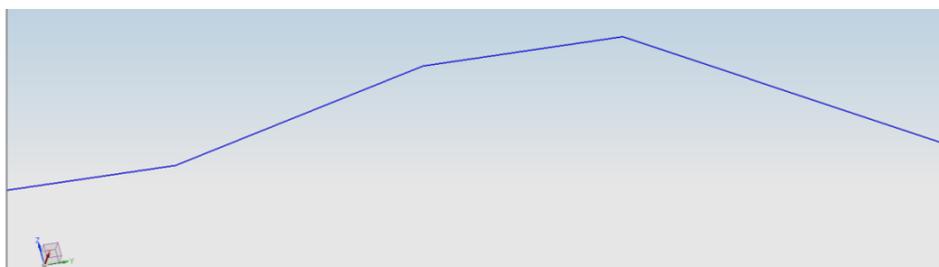


Рис. 4.35. Выбор крайнего правого сплайна

После того как рабочий контур второго борта полностью определен, пользователю предлагается указать крепеж (при наличии такого), а именно НО и СО (рис. 4.36).

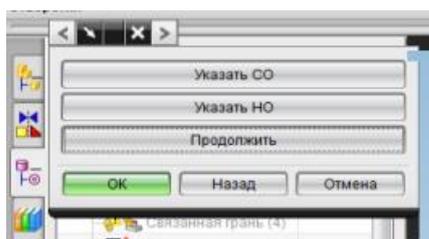


Рис. 4.36. Обозначение крепежа на шаблоне

Далее в автоматическом режиме строится контур ШОК (рис. 4.37) со всеми необходимыми конструктивными элементами и рисками. После этого пользователю предлагается дополнительно нанести тех. информацию на шаблон (места упоров, ММ МК кр., величину бортов и пр.).

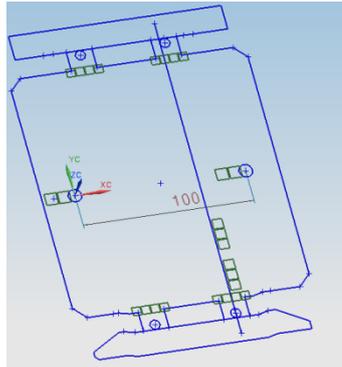


Рис. 4.37. Построение контура ШОК

Следующим шагом является погашение ненужных проектировочных слоёв для выталкивания тела шаблона, выполняемое через интерактивное окно (рис. 4.38 – 4.39).

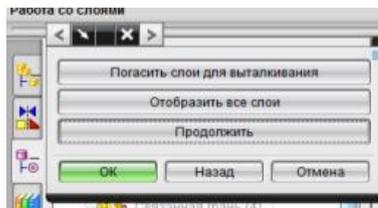


Рис. 4.38. Интерактивное окно «Работа со слоями».

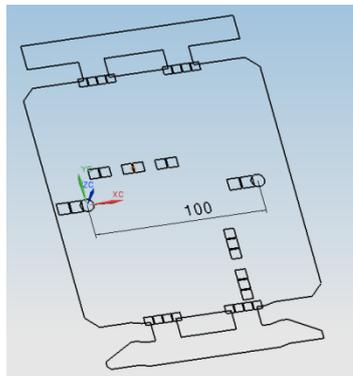


Рис. 4.39. Ненужные слои погашены

Далее происходит выталкивание тела шаблона пользователем (рис. 4.40 – рис. 4.41).

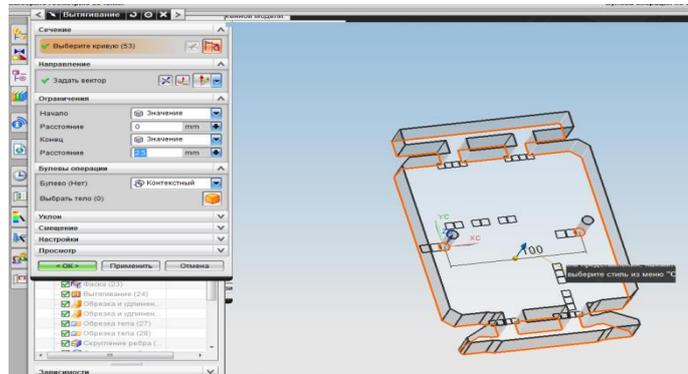


Рис. 4.40. Функция «вытолкнуть тело» UG NX

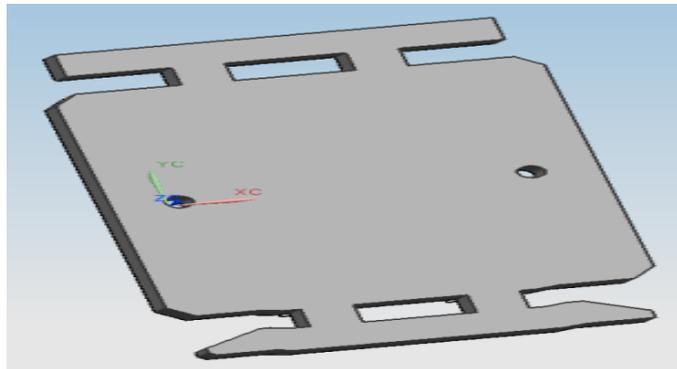


Рис. 4.41. Готовая ЭМ ШОК

После выполнения этого пункта программный модуль прекращает свою работу.

Ниже представлена сравнительная таблица трудоемкости проектирования ШОК «базовый вариант – проектный вариант».

Таблица 4.2
Сравнительная таблица трудоемкости проектирования ШОК

Наименование процесса	Базовый вариант, мин	Проектный вариант, мин
1.	2.	3.
Определение типа профиля	1	1
Проверка соответствия модели нормали профиля	15	5

1.	2.	3.
Определение малки	15	20
Создание рабочего контура	45	
Подсечки на профилях	20	
Создание нерабочего контура	20	5
Создание рисков	20	15
Создание тела шаблона	5	1
Информация шаблона, наносимая вручную	5	14
Информация на рабочем контуре	15	
Информация на добавочном материале	5	
Создание выходных файлов	15	30
Σ	181	91

Как видно из представленной таблицы:

сокращение трудоемкости на 90 мин (50%).

Диаграмма сравнения трудоемкости проектирования ШОК приведена на рисунке 4.42.

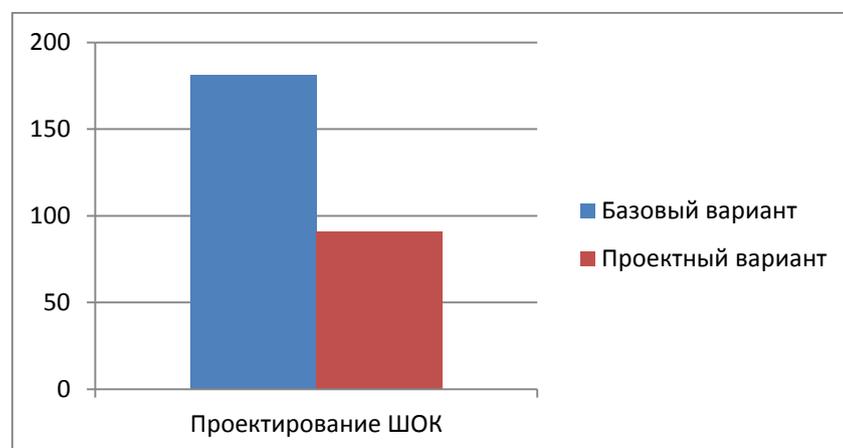


Рис. 4.42. Сравнение трудоемкости проектирования ШОК

4.4 Анализ положительных эффектов реализации комплекса средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки

Выявим основные составляющие эффекта от использования результатов работы. Проведем качественную и количественную оценку результатов исследований и экспериментов.

Целью первого эксперимента рассматривался эффект релевантного поиска информации (рис. 4.43), обусловленный сокращением длительности периода освоения в производстве новой техники за счет информатизации процессов на ранних стадиях проекта изделий. Полученные коэффициенты релевантности поиска шаблонов варьируются в пределах от 0,65 до 0,8.

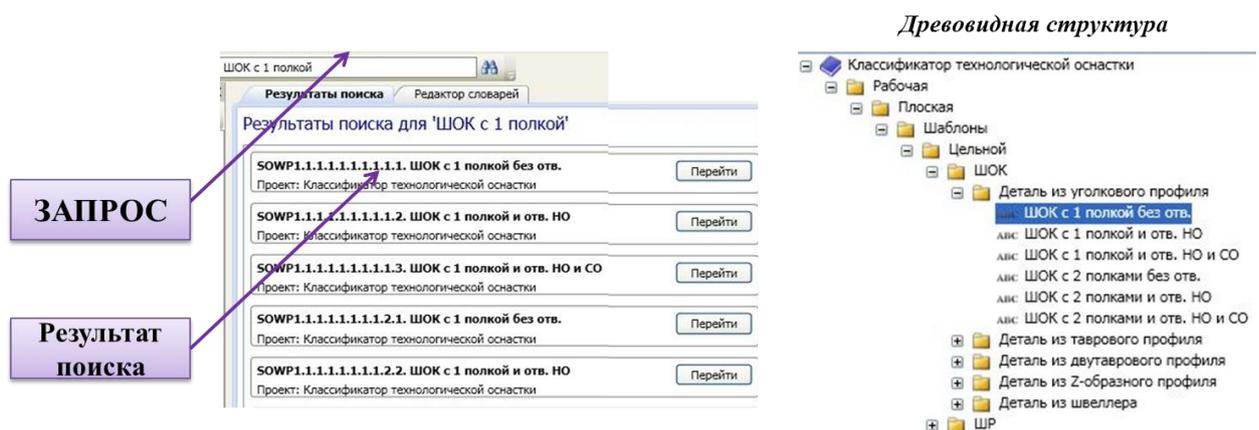


Рис. 4.43. Представление поиска прецедентов в комплексе средств онтологической поддержки

Целью второго эксперимента рассматривался эффект трудоемкости и материалоемкости (рис. 4.44 – 4.45) для решения задач подготовки производства, который характеризует техническую эффективность подготовки производства с точки зрения ее результативности и достигается за счет:

- перенесения этапов подготовки производства на стадии проектирования изделий, где конструкторские и технологические проблемы решаются во взаимосвязи параллельно, с максимальным использованием во вновь создаваемых системах всего ценного, что накоплено в конструкциях создаваемых изделий, технологии и средств их производства;

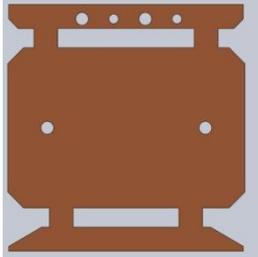
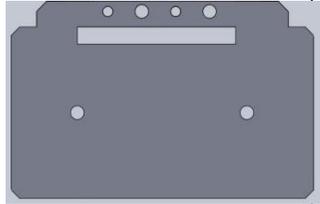
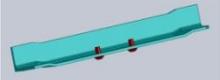
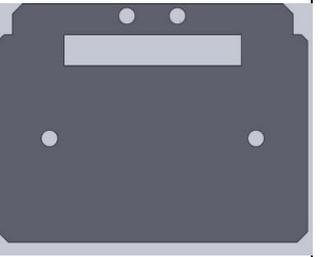
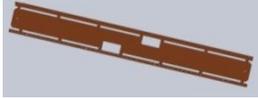
- организации процесса подготовки производства параллельно с изготовлением изделий. Причем интеграцию можно осуществлять на любой плановой период, что на основе машинного анализа структурной схемы осваиваемой шаблонной оснастки позволяет выделить элементы общей применимости и определить оптимальные конфигурационные характеристики.

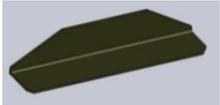
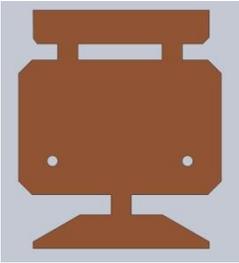
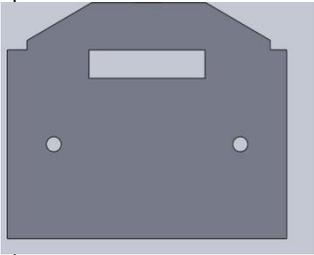
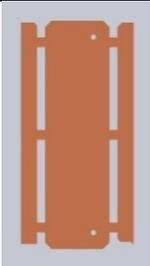
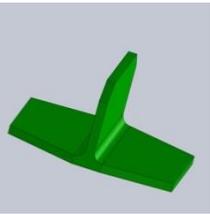
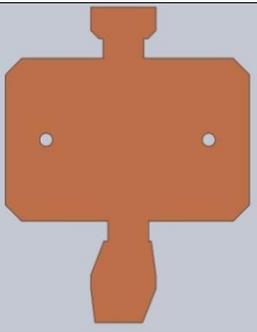
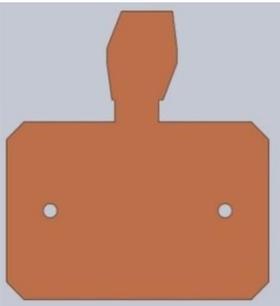
В общем случае экономия металла составляет около 25% от исходного, сокращение трудоемкости проектирования – до 20% (см. табл. 4.3).

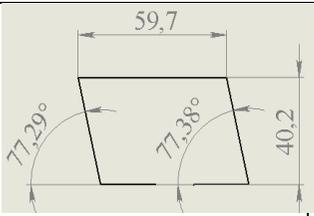
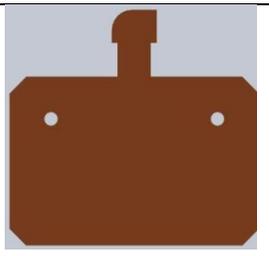
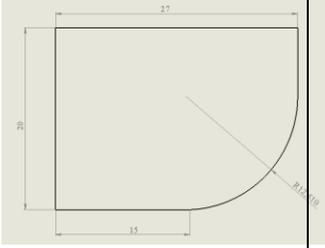
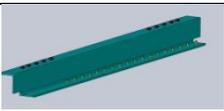
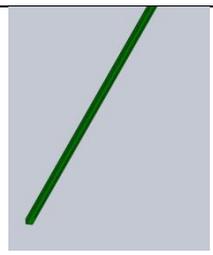
Практическая реализация этого эффекта выражается в значительном повышении качества КТПП, которое обеспечивает более высокий технический уровень производства. Сокращение сроков и затрат на создание и освоение новой техники достигается за счет: повышения эффективности процесса проектирования шаблонной оснастки на основе использования комплекса средств онтологической поддержки с учетом применения представленной методики работы с онтологией и словарями, влекущей за собой снижение трудоёмкости и металлоемкости изготовления шаблонов; представлений шаблонов в форме моделей прецедентов, удобных для повторного использования и аккумуляции опыта, а также автоматизации части проектно-конструкторских работ по оформлению геометрии шаблона в САД-системе посредством использования интегрированных модулей.

Величина этого эффекта, как и величина эффекта релевантного поиска, может быть в полной мере определена в процессе расчетов по суммированию дифференциальных оценок каждого конкретного образца новой техники.

Сводная таблица трудоемкости и металлоемкости

№ п/п	Исходная деталь (граф. представление)	Имеющийся шаблон			Экспериментальный шаблон		
		Графическое представление	Трудоемкость проектирования (мин)	Металлоёмкость изготовления (кг)	Графическое представление	Трудоемкость проектирования (мин)	Металлоёмкость изготовления (кг)
1			70	0.37		52	0.28 (75% от исходного)
2			60	0.37		45	0.28 (74% от исходного)
3			140	2.4		90	1.6 (66% от исходного)

4			40	0.43		27	0.3 (72 % от исходного)
5			70	0.97		50	0.7 (73% от исходного)
6			40	0.47		18	0.26 (55 % от исходного)

7			40	0.74	 <p>(Эскиз)</p>	20	-// - // -
8			40	0.43		20	-// - // -
9			140	2.3		110	1.8 (79% от исходного)
10			160	3.7		110	2.75 (72,5% от исходного)

Ниже представляются математические расчеты снижения металлоемкости и трудоемкости проектирования.

Расчеты по 1 шаблону ШОК:

$$T \text{ (Толщина листа раскройного)} = 2 \text{ мм};$$

$$P \text{ (Плотность Марка Ст 20)} = 8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

$$V \text{ (исходного)} = 154 \cdot 150 \cdot 2 = 46200 \text{ мм}^3; \quad (4.1)$$

$$m \text{ (исходного)} = 8 \cdot 10^3 \cdot 46200 \cdot 10^{-9} = 0,370 \text{ кг}; \quad (4.2)$$

$$V \text{ (1 пер.)} = 12 \cdot 148 \cdot 2 = 3552 \text{ мм}^3; \quad (4.3)$$

$$V \text{ (2 пер.)} = 12 \cdot 148 \cdot 2 = 3552 \text{ мм}^3; \quad (4.4)$$

$$V \text{ (2 полки)} = 15 \cdot 148 \cdot 2 = 4440 \text{ мм}^3; \quad (4.5)$$

$$V \text{ (сокр. общ.)} = V \text{ (1 пер.)} + V \text{ (2 пер.)} + V \text{ (2 полки)} = 11544 \text{ мм}^3; \quad (4.6)$$

$$V \text{ (экспер.)} = S \text{ (исходного)} - S \text{ (сокр. общ.)} = 34656 \text{ мм}^3; \quad (4.7)$$

$$m \text{ (экспер.)} = 8 \cdot 10^3 \cdot 34656 \cdot 10^{-9} = 0,278 \text{ кг} \quad (4.8)$$

или

75% от исходного. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 25%.

Все расчеты представленные ниже, ведутся по схожей методике и формулам 4.1 – 4.8.

Расчеты по 2 шаблону ШОК:

$$V \text{ (исходного)} = 154 \cdot 150 \cdot 2 = 46200 \text{ мм}^3;$$

$$m \text{ (исходного)} = 8 \cdot 10^3 \cdot 46200 \cdot 10^{-9} = 0,370 \text{ кг};$$

$$V \text{ (1 пер.)} = 12 \cdot 150 \cdot 2 = 3600 \text{ мм}^3;$$

$$V \text{ (2 пер.)} = 12 \cdot 150 \cdot 2 = 3600 \text{ мм}^3;$$

$$V \text{ (2 полки)} = 15 \cdot 150 \cdot 2 = 4500 \text{ мм}^3;$$

$$V \text{ (сокр. общ.)} = V \text{ (1 пер.)} + V \text{ (2 пер.)} + V \text{ (2 полки)} = 11700 \text{ мм}^3;$$

$$V \text{ (экспер.)} = V \text{ (исходного)} - V \text{ (сокр. общ.)} = 34500 \text{ мм}^3;$$

$$m \text{ (экспер.)} = 8 \cdot 10^3 \cdot 34500 \cdot 10^{-9} = 0,276 \text{ кг}$$

или

74% от исходного. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 26%.

Расчеты по 3 шаблону ШОК:

$$V (\text{исходного}) = 1305 * 115 * 2 = 300150 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{исходного}) = 8 * 10^3 * 300150 * 10^{-9} = 2,4 \text{ кг};$$

$$V (1 \text{ пер.}) = 12 * 1300 * 2 = 31200 \text{ мм}^3;$$

$$V (2 \text{ пер.}) = 12 * 1300 * 2 = 31200 \text{ мм}^3;$$

$$V (2 \text{ полки}) = 15 * 1300 * 2 = 39000 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{сокр.общ.}) = V (1 \text{ пер.}) + V (2 \text{ пер.}) + V (2 \text{ полки}) = 101400 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{экспер.}) = V (\text{исходного}) - V (\text{сокр. общ.}) = 198750 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{экспер.}) = 8 * 10^3 * 198750 * 10^{-9} = 1,6 \text{ кг}$$

или

66% от исходного. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 34%.

Расчеты по 4 шаблону ШОК:

$$V (\text{исходного}) = 177 * 150 * 2 = 53100 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{исходного}) = 8 * 10^3 * 53100 * 10^{-9} = 0,43 \text{ кг};$$

$$V (1 \text{ пер.}) = 12 * 150 * 2 = 3600 \text{ мм}^3;$$

$$V (2 \text{ пер.}) = 12 * 150 * 2 = 3600 \text{ мм}^3;$$

$$V (2 \text{ полки}) = 25 * 150 * 2 = 7500 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{сокр. общ.}) = V (1 \text{ пер.}) + V (2 \text{ пер.}) + V (2 \text{ полки}) = 14700 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{экспер.}) = V (\text{исходного}) - V (\text{сокр. общ.}) = 38400 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{экспер.}) = 8 * 10^3 * 38400 * 10^{-9} = 0,3 \text{ кг}$$

или

72 % от исходного. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 28%.

Расчеты по 5 шаблону ШОК:

$$V (\text{исходного}) = 174 * 350 * 2 = 121800 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{исходного}) = 8 * 10^3 * 121800 * 10^{-9} = 0,97 \text{ кг};$$

$$V (1 \text{ пер.}) = 12 * 340 * 2 = 8160 \text{ мм}^3;$$

$$V (2 \text{ пер.}) = 12 * 340 * 2 = 8160 \text{ мм}^3;$$

$$V (2 \text{ полки}) = 25 * 340 * 2 = 17000 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{сокр. общ.}) = V (1 \text{ пер.}) + V (2 \text{ пер.}) + V (2 \text{ полки}) = 33320 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{экспер.}) = V (\text{исходного}) - V (\text{сокр. общ.}) = 88480 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{экспер.}) = 8 \cdot 10^3 * 88480 * 10^{-9} = 0,7 \text{ кг}$$

или

73% от исходного. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 27%.

Расчеты по 6 шаблону ШОК (тавровый):

$$V (\text{исходного}) = 195 * 150 * 2 = 58500 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{исходного}) = 8 * 10^3 * 58500 * 10^{-9} = 0,47 \text{ кг};$$

$$V (1 \text{ пер.}) = 112 * 100 * 2 = 22400 \text{ мм}^3;$$

$$V (2 \text{ полки}) = 20 * 100 * 2 = 4000 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{сокр}) = V (1 \text{ пер.}) + V (2 \text{ полки}) = 26400 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{экспер.}) = V (\text{исходного}) - V (\text{сокр. общ.}) = 32100 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{экспер.}) = 8 * 10^3 * 32100 * 10^{-9} = 0,26 \text{ кг}$$

или

55% от исходного. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 45%.

Расчеты по 7 шаблону ШР:

$$V (\text{исходного}) = 220 * 210 * 2 = 92400 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{исходного}) = 8 * 10^3 * 92400 * 10^{-9} = 0,74 \text{ кг.}$$

Аннулирование шаблонной оснастки «в металле». Запуск эскиза в технологический процесс. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 100%.

Расчеты по 8 шаблону ШР:

$$V (\text{исходного}) = 160 * 170 * 2 = 54400 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{исходного}) = 8 * 10^3 * 54400 * 10^{-9} = 0,43 \text{ кг.}$$

Аннулирование шаблонной оснастки «в металле». Запуск эскиза в технологический процесс. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 100%.

Расчеты по 9 шаблону ШОК (Z-образный):

$$V (\text{исходного}) = 220*650*2 = 286000 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{исходного}) = 8*10^3 * 286000* 10^{-9} = 2,3 \text{ кг};$$

$$V (1 \text{ пер.}) = 12*650*2 = 15600 \text{ мм}^3;$$

$$V (3 \text{ полки}) = 34*650*2 = 44200 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{сокр.общ.}) = V (1 \text{ пер.}) + V (3 \text{ полки}) = 59800 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{экспер.}) = V (\text{исходного}) - V (\text{сокр. общ.}) = 226200 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{экспер.}) = 8*10^3 * 226200* 10^{-9} = 1,8 \text{ кг}$$

или

79% от исходного. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 21%.

Расчеты по 10 шаблону ШОК:

$$V (\text{исходного}) = 1480*160*2 = 473600 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{исходного}) = 8*10^3 * 473600* 10^{-9} = 3,7 \text{ кг};$$

$$V (1 \text{ пер.}) = 12*1480*2 = 35520 \text{ мм}^3;$$

$$V (2 \text{ пер.}) = 12*1480*2 = 35520 \text{ мм}^3;$$

$$V (3 \text{ полки}) = 20*1480*2 = 59200 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{сокр. общ.}) = V (1 \text{ пер.}) + V (2 \text{ пер.}) + V (3 \text{ полки}) = 130240 \text{ мм}^3;$$

$$V (\text{экспер.}) = V (\text{исходного}) - V (\text{сокр. общ.}) = 343360 \text{ мм}^3;$$

$$m (\text{экспер.}) = 8*10^3 * 343360* 10^{-9} = 2,75 \text{ кг}$$

или

72,5% от исходного. Следовательно, сокращение металлоёмкости составляет 17,5%.

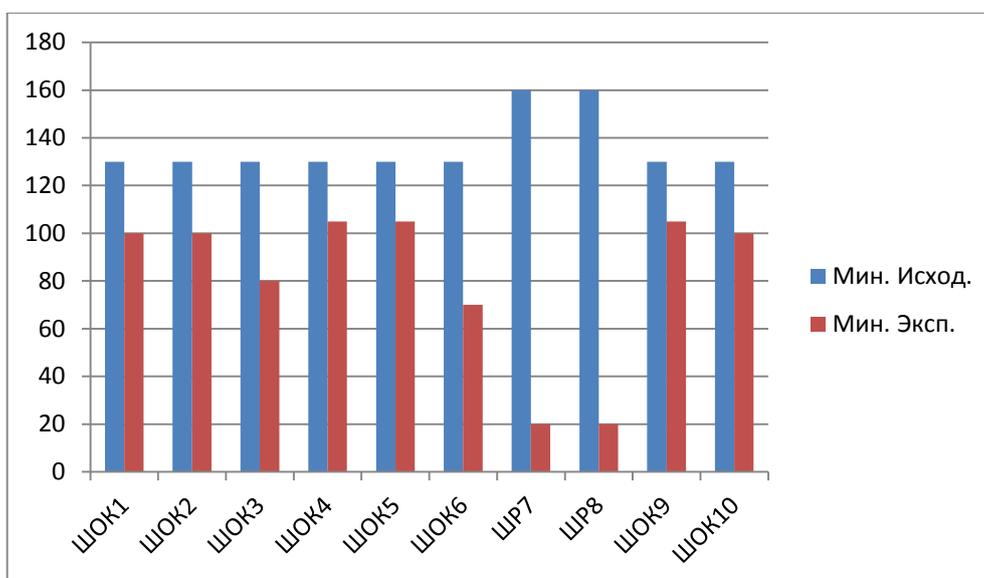


Рис. 4.44. Сводный график по трудоёмкости

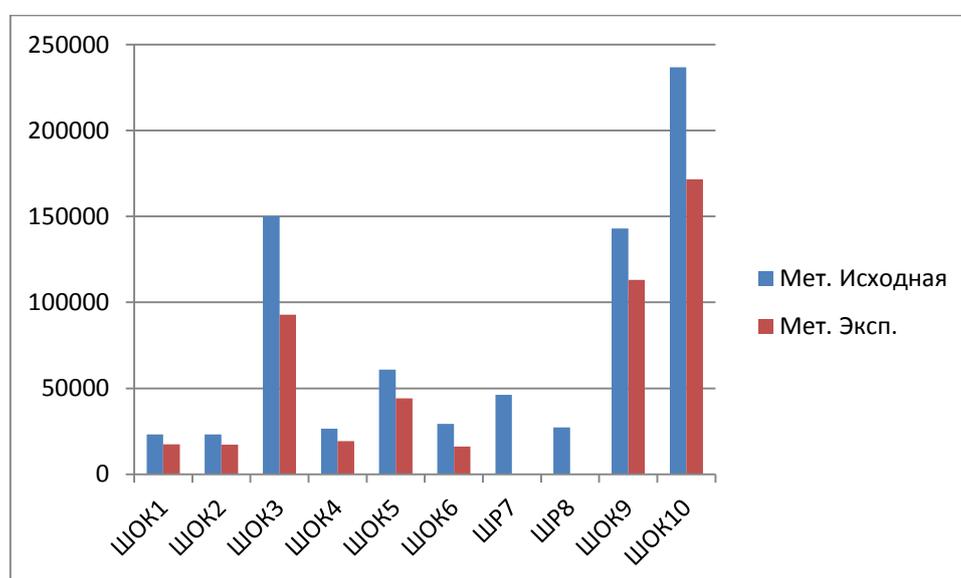


Рис. 4.45. Сводный график по металлоемкости

В основу проведения эксперимента с онтологией положено предположение о том, что указанные проектировщиком в таксономии понятия, расположенные на «нижних» уровнях древовидной структуры (представляющей онтологию), в большей степени определяют для него «ценность» прецедентов (шаблонов), чем определения, расположенные на «верхних» уровнях этого дерева.

При показательной оценке эффективности применения онтологии автор руководствуется таким критерием, как релевантность. Для ее расчета используем TF-IDF-метод [17–19].

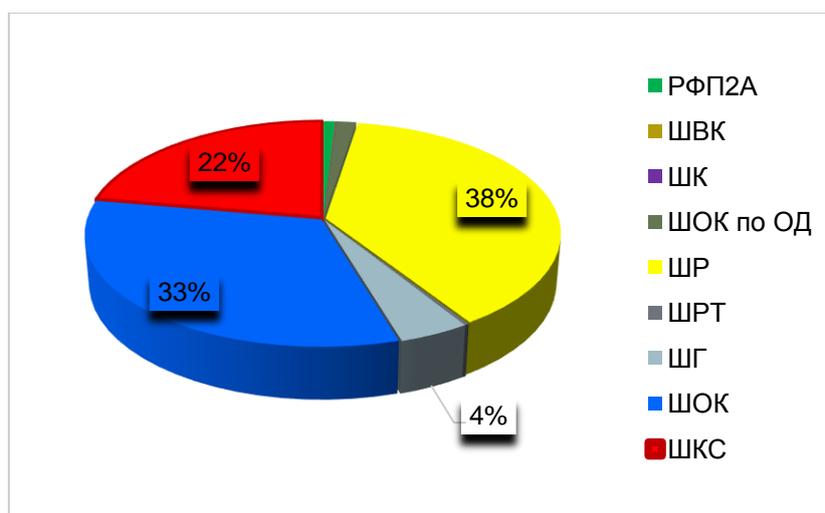


Рис. 4.46. Диаграмма процентного соотношения изготавливаемых шаблонов

Согласно данным диаграммы (рис. 4.46), в среднем на одно ВС требуется около 110 000 ед. шаблонной оснастки, где:

- ШКС - 22% или 24 200 ед., которые в свою очередь подразделяются на ШКС_{вн} - 40% или 9680 ед., и ШКС на УКС - 60% или 14 520 ед.;

- ШОК - 33% или 36 300 ед.;

- ШР - 38% или 41 800 ед.;

- ШГ - 4% или 4400 ед.;

- Другие - 3%.

В нашем случае представленные выше ШОК типизируются по деталям от общего количества:

- Уголковый - 40% или 14 520 (от ШОК);

- Тавровый - 20 % или 7260 (от ШОК);

- Двутавовый - 15% или 5445 (от ШОК);

- Швеллер - 10% или 3630 (от ШОК);

- Z-образный - 15% или 5445 (от ШОК);

и классифицируются по типу исполнения:

- ШОК с 1 полкой,

- ШОК с 1 полкой отв. НО,

- ШОК с 1 полкой отв. НО и СО,

- ШОК с 2 полками,

- ШОК с 2 полками и отв. НО,

- ШОК с 2 полками и отв. НО и СО,
- ШОК с 3 полками,
- ШОК с 3 полками и отв. НО,
- ШОК с 3 полками и отв. НО и СО.

Учитывая, что к примеру ШОК с 1 полкой составляет от уголка на 5% и тавра на 5% (без учета ШОК развертки), то в сумме имеем:
 $762 + 363 = 1125$ совпадений.

Тогда частота использования шаблона равна:

$$tf(t, d) = \frac{n_j}{\sum_k n_k} = \frac{1125}{14\,520 + 7260} = 0,05. \quad (4.9)$$

Один из вариантов вычисления частоты оснастки (DF) определяется как количество ШОК, разделенное на количество всех шаблонов. Таким образом:

$$df(t, d) = \frac{d_i \subset t_i}{D} = \frac{36\,300}{110\,000} = 0,33 \quad (4.10)$$

где, $d_i \subset t_i$ - общее количество ШОК.

D – общее количество оснастки (запросов).

Отсюда получаем вес:

$$W = \frac{tf}{df} = \frac{0,05}{0,33} = 0,15. \quad (4.11)$$

Следовательно, релевантность поиска равна:

$$R = 1 - W = 1 - 0,15 = 0,85. \quad (4.12)$$

Для ШОК с 2 полками и отв. НО, который составляет от уголка 25%, тавра 10%, двутавра 15%, швеллера 10%, Z-образного 10%, согласно формуле 4.11 вес будет равен:

$$W = \frac{tf}{df} = \frac{0,15}{0,33} = 0,4.$$

Следовательно, релевантность поиска равна по 4.12:

$$R = 1 - W = 1 - 0,4 = 0,6.$$

В нашем случае представленные выше ШР типизируются по деталям от общего количества:

- плоская деталь - 5% или 2090 ед.;
- наличие глухой отбортовки (рифта) - 5% или 2090 ед.;

- N - количеством бортов - 45% или 18810 ед.;
- деталь на вытяжку - 15% или 6270 ед.;
- гнутая деталь - 20% или 8360 ед.;
- смешанный тип - 5% или 2090 ед.;
- замкнутый контур - 5% или 2090 ед.

и классифицируются по типу:

- ШР без отверстий;
- ШР с отверстия НО;
- ШР с отв. СО;
- ШР с отв. СО и НО.

Для ШР с отв. НО, который составляет от плоских – 5%, деталей с глухой отбортовкой – 10%, деталей с N-бортами – 15%, на вытяжку – 10%, гнутых – 15%, смешанных – 20% и с замкнутым контуром – 5%, по формуле 4.11 вес будет равен:

$$W = \frac{tf}{df} = \frac{0,13}{0,38} = 0,3.$$

Следовательно, релевантность поиска равна по 4.12:

$$R=1-W= 1-0,3 = 0,7.$$

ШКС на УКС для пок/отр. детали составляющие 75% от ШКС на УКС для профильных деталей по формуле 4.11:

$$W = \frac{tf}{df} = \frac{0,4}{0,22} = 1,8.$$

Следовательно, релевантность поиска равна по 4.12:

$$R=1-W= 1-1,8 = |0,8|$$

Сводные данные по релевантности поиска представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4

№ п/п	Шаблон	Коэффициент релевантности (R)
1	ШОК с 1 полкой	0.85
2	ШОК с 1 полкой и отв. НО	0.79
3	ШОК с 2 полками и отв. НО	0.60
4	ШОК с 3 полками и отв. НО и СО	0.55
5	ШР с отв. НО	0.7
6	ШР с отв. СО и НО	0.65
7	ШКС на УКС для пок./отр. детали	0.8

ВЫВОДЫ

После проведения анализа результатов исследований по выполненным экспериментам, следуют выводы:

1. Анализ системы UG NX и моделирующей среды WIQA позволяет сделать вывод о том, что данные системы обладают достаточным потенциалом для создания на их базе комплекса средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки.

2. В рамках комплекса средств онтологической поддержки программные модули, отвечающие за формирование 3D-модели шаблонов, были разработаны как надстройка системы UG NX на основе языка графического моделирования (GRIP), входящего в состав UG NX, что позволило снизить издержки на интеграцию данного решения в существующую САПР.

3. Создание моделей прецедентов осуществляется в рамках вопросно-ответной среды WIQA, что позволяет использовать комплекс средств всеми участниками жизненного цикла проектирования и изготовления шаблонной оснастки. Также обширный инструментарий возможностей WIQA позволил реализовать интерактивный классификатор, способствующий повышению рациональности отношения «деталь-оснастка».

4. Анализ результатов экспериментов позволяет говорить об эффективности предлагаемого решения, поскольку трудоемкость проектирования шаблонной оснастки снизилась в среднем на 20%, а металлоемкость изготовления – на 25%, в отдельных случаях – на 100%. Коэффициент релевантности поиска по шаблонной оснастке варьируется в пределах от 0.6 до 0.85, что является хорошим показателем.

Заключение

В заключении следует еще раз отметить, что в пользу актуальности темы диссертационного исследования, связанной с проблемами проектирования шаблонной оснастки, говорит то, что даже в тех случаях, когда для создания шаблонов применяется библиотека их «лучших образцов», которые подтвердили свою «рациональность» в производстве уже освоенных типов самолетов, в переходе к производству нового самолета шаблонную оснастку придется создавать заново, разумеется, используя освоенные шаблоны, модифицируя их и разрабатывая новые. То есть творческий характер проектирования шаблонов и их взаимоувязки останется. Однако при применении такого рода подхода существует проблема, связанная с тем, что в настоящее время процесс проектирования электронных моделей шаблонной оснастки осуществляется инженером-конструктором в так называемом «ручном» режиме, что является довольно сложным и трудоемким процессом. Наряду с этим, также отсутствует база опыта, и все накопленные проектные решения (как удачные, так и нет) теряются и не используются повторно. Именно такое положение дел и подсказывает целесообразность включения экспериментов (не с шаблонами, а с их моделями) в жизненный цикл проектирования (особенно сложных, конфигурируемых) шаблонов на основе онтологий. При этом анализ проводящихся на текущий момент исследований и разработок, связанных с разработками онтологий предметных областей, показывает, что большинство из них еще не получили должного развития в производственной сфере.

В рамках данного диссертационного исследования в вопросах проектирования шаблонной оснастки авиационных деталей основное внимание уделяется средствам, позволяющим повысить качество процессов разработки в таких характеристиках, как трудоемкость, металлоемкость, а также способствующим аккумуляции опыта и повторному использованию проектных решений. При этом повышение качества процессов разработки достигается за счет модернизации существующей производственной

информационной системы путем внедрения в ее состав средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки. Таким образом, в существующий жизненный цикл проектирования и изготовления ШО добавился этап онтологического моделирования прецедентов шаблонов.

В качестве инструментальных средств разработки были выбраны комплекс UG NX, отвечающий за формирование 3D-моделей шаблонов, и вопросно-ответная моделирующая среда WIQA, средства которой адаптированы к инструментальной поддержке жизненного цикла изделий и позволяют создавать онтологии предметных областей с реализацией моделей прецедентов.

При этом следует отметить, что подобная модернизация стала возможна за счет следующих спецификаций, разработанных в рамках диссертационного исследования:

- применение методов классификации и систематизации по отношению к имеющимся типам шаблонов;
- комплекс методик моделирования шаблонов на основе применения онтологий, прецедентных моделей и языка псевдокодowego моделирования;
- приложение GRIP, реализующее проектирование шаблонов в рамках САПР «UG NX».

При формализации модели онтологии были выделены основные словари терминов: *шаблонная оснастка, изготовление, контроль и нормативно-технологическое сопровождение*. Данные группы терминов отражают все производственные элементы, задействованные в процессе разработки и создания шаблонной оснастки. При этом для обеспечения гибкости производственной системы к меняющимся условиям онтология проектирования является открытой и расширяемой, для того чтобы в полной мере соответствовать требованиям авиационного производства.

Далее на основе словарей онтологии с целью повышения эффективности их применения были сформированы модели прецедентов шаблонов, как

совокупности нескольких моделей, описывающих различные самостоятельные представления в рамках процесса проектирования оснастки.

Следует отметить, что представление шаблонной оснастки в форме прецедентов позволяет накрыть весь жизненный цикл процесса разработки, т. е. онтологическое описание включает в себя все этапы, от подготовительного этапа формирования запроса до проектирования конечного файла программы для изготовления оснастки. Это позволяет в процессе создания шаблона более полно отслеживать действия всех участников процесса не только при проектировании ШО, но и при создании его прооблика в виде условий поставки, контроля и эксплуатации, более рационально оценить отношение шаблона к заказываемой детали, аккумулировать опыт и повторно использовать удачные проектные решения, а также выделить проблемные места с целью их устранения.

Таким образом, в рамках диссертационного исследования был разработан комплекс средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки, составляющий практическую ценность работы и имеющий в своем составе следующие компоненты: онтологию предметной области, которая позволяет создавать модели прецедентов шаблонов; интерактивный классификатор шаблонной оснастки; прикладные модули GRIP проектирования шаблонов в САПР UG NX; совокупность методик онтологического проектирования.

Получены новые научные результаты:

1. Прецедентно-ориентированная на проектирование шаблонной оснастки модель онтологии с расширенной структурой секций, в число которых входят секции, дополнительно обеспечивающие эффективную онтологическую поддержку в решении задач поиска шаблонов, а также изготовлении, контроле и увязке деталей силового набора планера самолета.

2. Интерактивная классификация, в которой определены и исследованы объекты классов шаблонов применительно к производственным технологическим процессам, для каждого из них установлены его собственные

конструктивные составляющие, позволяющие наиболее рационально определить отношение шаблона к изготавливаемой детали, реализованной в виде секции онтологии и в виде формального представления древа классификатора.

3. Методика онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки учитывающая контролируемое накопление опыта разработок шаблонов в форме моделей прецедентов, подготовленных к повторному использованию.

4. Алгоритмы проектирования шаблонной оснастки, интегрированные в технологическую подготовку производства, отличающиеся повышенной степенью автоматизации процесса проектирования достигаемой за счет программирования части типовых операций проектировщика в плане оформления геометрии электронной модели шаблона.

Подводя итог диссертационному исследованию и практическим разработкам, реализованным на базе результатов исследований, можно утверждать, что цель исследований, направленная на совершенствование процессов конструкторско-технологической подготовки производства при проектировании шаблонной оснастки на основе прикладных онтологий, а также снижение трудоемкости и повышение уровня качества процесса проектирования, путем разработки и внедрения комплекса средств онтологической поддержки, за счет повторного использования опыта проектных процедур, достигнута.

Список сокращений

БД	–	База данных
БО	–	Базовые отверстия
БОТ	–	Базовые отверстия травления
БТЗ	–	Бюро труда и заработной платы
БТК	–	Бюро технического контроля
ВПШО	–	Ведомость плазово-шаблонной оснастки
ДО	–	Добавочные отверстия
ЖЦ	–	Жизненный цикл
ЗШП	–	Заготовительно-штамповочное производство
ИО	–	Инструментальные отверстия
ИОТ	–	Инструкция по охране труда
КБ	–	Конструкторское бюро
КДП	–	Контрольно-доводочный плаз
КИМ	–	Контрольно-измерительная машина
КТА	–	Конструкторско-технологический анализ
КТПП	–	Конструкторско-технологическая подготовка производства
КФО	–	Координатно-фиксирующие отверстия
НО	–	Направляющие отверстия
НПО	–	Неподвижный прижимной объект
ОГ	–	Оправка гибочная
ОКМ	–	Отдел компьютерного моделирования
ОП	–	Оптяжной пуансон
ОППГР	–	Оптяжной пуансон для профилей гибки с растяжением
ОПШ	–	Отверстия для подвески шаблонов
ПДБ	–	Планово-диспетчерское бюро
ПРОСК	–	Промежуточный склад
ПШО	–	Плазово-шаблонная оснастка
ПШЦ	–	Плазово-шаблонный цех
РСК	–	Рабочая система координат
РТК	–	Расчетно-технологическая карта
САПР	–	Система автоматизированного проектирования
СО	–	Сборочные отверстия
ССО	–	Стапельно-сборочная оснастка

СТП	–	Стандарт предприятия
ТИ	–	Технологическая инструкция
ТП	–	Технологический процесс
ТПП	–	Технологическая подготовка производства
ТУ	–	Технические условия
УГК	–	Управление главного конструктора
УГТ	–	Управление главного технолога
УКС	–	Универсальный контрольный стенд
УСП	–	Универсальное сборочное приспособление
ФРМБ	–	Форм-блок
ЧПУ	–	Станок с числовым программным управлением
ШВК	–	Шаблон внутреннего контура
ШГ	–	Шаблон гибки
ШЗ	–	Шаблон заготовки
ШКС	–	Шаблон контура сечения
ШКС на УКС	–	Шаблон контура сечения на универсальный контрольный стенд
ШКСв	–	Шаблон контура сечения, включающий толщину материала детали
ШКСн	–	Шаблон контура сечения, не включающий толщину материала детали
ШО	–	Шаблонная оснастка
ШОК	–	Шаблон обрезки и кондуктор
ШОН	–	Шаблон обрезки накладной
ШР	–	Шаблон развертки
ШРТ	–	Шаблон размерного травления
ЭМ ШО	–	Электронная модель шаблонной оснастки
ЭМД	–	Электронная модель детали
ЭМСЕ	–	Электронная модель сборочной единицы
ЭМТСЕ	–	Электронная модель технологической сборочной единицы
ЭМТ	–	Электронная модель технологическая
GRIP	–	Graphics Interactive Programming
QA	–	Question-Answer
WIQA	–	Working In Questions and Answers
CAD	–	Computer-aided design

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдошин С.М., Шатилов М.П. Информационные технологии онтологического инжиниринга // Информационные технологии. 2008. № 10. С. 28–37.
2. Агеев М.С., Добров Б.В., Лукашевич Н.В. Поддержка системы автоматического рубрицирования для сложных задач классификации текстов // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции : тр. шестой Всерос. науч. конф., Пущино, 29.09–01.10.2004 / Ин-т мат. проблем биологии. Пущино, 2004. С. 216–225.
3. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 304 с.
4. Боргест Н.М. Автоматизация предварительного проектирования самолета : учеб. пособие. Самара : САУ, 1992. 92 с.
5. Боргест Н.М. Антология онтологии / Подборка научных статей. Самара : СГАУ, 2010. 88 с.
6. Боргест Н.М. Истоки и источники онтологии проектирования / Список рекомендуемой литературы и интернет-ресурсов. Самара : СГАУ, 2010. 16 с.
7. Боргест Н.М. Онтология проектирования. Теоретические основы. Ч. 1. Понятия и принципы. Самара : СГАУ, 2010. 91 с.
8. Боргест Н.М., Симонова Е.В. Основы построения мультиагентных систем, использующих онтологию : учеб. пособие. Самара : СГАУ, 2009. 80 с.
9. Боргест Н.М., Симонова Е.В., Шустова Д.В. Решение проектных задач с помощью онтологических систем / Метод. указания к лаб. раб. Самара : СГАУ, 2010. 128 с.
10. Боргест Н.М., Чернов Р.В., Шустова Д.В. Разработка интерфейса интеллектуального помощника проектанта // Матер. междунар. науч.-техн. конф. OSTIS-2011. Минск : БГУИР, 2011. С. 21–58.
11. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В. Иерархическая многоагентная

интеллектуальная система проектирования и управления технологическими процессами в организациях единичного и мелкосерийного производства // Двенадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010 : тр. конф. М. : Физматлит. Т. 4. С. 185–193.

12. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В. Оценка решений в системах автоматизированного проектирования технологических процессов для многономенклатурных производств // Вестник Воронежской государственной технологической академии. Сер. Информационные технологии, моделирование и управление. 2011. № 2. С. 99–102.

13. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В. Представление знаний в системах автоматизированного проектирования и управления технологическими процессами // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2010. Т. 16, № 2. С. 258–265.

14. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В., Воробьева Е.В. САПР ТП с развивающейся базой знаний // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : матер. IV междунар. науч.-техн. конф. OSTIS-2014, Республика Беларусь, Минск, 20–23 февраля 2014. Минск, 2014. С. 195–199.

15. Бурдо Г.Б., Семенов Н.А., Исаев А.А. Интеллектуальные процедуры проектирования технологических процессов в интегрированных САПР // Программные продукты и системы. 2014. № 1 (105). С. 60–64.

16. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя. 2-е изд. : пер. с англ. М. : ДМК Пресс, 2006. 496 с.

17. Вдовицын В.Т., Лебедев В.А. Технологии систематизации и поиска электронной научной информации с применением онтологий // Информационные ресурсы России. 2010. № 5. С. 6–10.

18. Вдовицын В.Т., Лебедев В.А. Оценка эффективности технологий систематизации и поиска электронной научной информации в ИАС «Природные ресурсы Карелии» // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции : тр. 13-й Всерос. науч. конф.

RCDL'2011 (Воронеж, 19–22 октября 2011 г.). 2011. С. 309–316.

19. Вдовицын В.Т., Лебедев В.А. Технологии информационного обеспечения научных исследований в ИАС «Природные ресурсы Карелии» // Информационные ресурсы России. 2012. № 1. С. 7–12.

20. Виттих В.А., Ситников П.В., Смирнов С.В. Онтологический подход к построению информационно-логических моделей в процессах управления социальными системами // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2009. № 5. С. 45–53.

21. Гаврилова Т.А., Муромцев Д.И. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы. СПб. : Изд-во «Высшая школа менеджмента» ; Изд. дом СПбГУ, 2008. 488 с.

22. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб. : Питер, 2000. 384 с.

23. Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Онтологии в корпоративных системах // Корпоративные системы. 2006. № 1. С. 41–47.

24. Гончаренко А.В., Добронев Б.С. Информационная система редактирования онтологий // Молодежь и наука : сб. матер. VIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского [Электронный ресурс] / отв. ред. О.А. Краев. Красноярск : Сиб. федер. Ун-т., 2012.

25. Гришин М.В., Ларин С.Н. Практическая реализация повышения эффективности подготовки авиационных производств с использованием САПР шаблонной оснастки // Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие : сб. матер. Междунар. науч.-практ. Интернет-конф., июнь 2014 г. Ижевск : Издательство ФГБОУ ВПО «ИжГТУ им. М.Т. Калашникова», 2014. С. 92–99.

26. Гришин М.В. Интерактивно-графический подход к комплексному проектированию шаблонной оснастки // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 6 (2). С. 416–422.

27. Гришин М.В. Разработка методов и средств автоматизированного

проектирования рабочих шаблонов в условиях авиационных производств // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 1 (5). С. 1352–1358.

28. Гришин М.В., Ларин С.Н. Совершенствование технологической подготовки производства с использованием САПР плазово-шаблонной оснастки // Теория и практика современной науки : матер. XII междунар. науч.-практ. конф., декабрь 2013. М. : Издательство «Спецкнига», 2013. С. 107–114.

29. Гришин М.В., Ларин С.Н. Теоретические основы процессов повышения эффективности подготовки авиационных производств // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., август 2014. Т. 1. Казань : Издательство Казан. гос. техн. ун-та, 2014. С. 335–338.

30. Гришин М.В., Ларин С.Н., Кочергин В.И. Онтология как средство проектирования шаблонной оснастки в условиях подготовки наукоемкого производства // Автоматизация процессов управления. 2015. № 1 (39). С.89–98.

31. Гришин М.В., Ларин С.Н., Лебедев А.В. Автоматизация подготовки производства в концепции CALS // Теория и практика современной науки : матер. XIII междунар. науч.-практ. конф., апрель 2014. М. : Издательство «Спецкнига», 2014. С. 151–159.

32. Гришин М.В., Ларин С.Н., Соснин П.И. Онтология проектирования шаблонов авиационных деталей: матер. 5-й Междунар. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015). Минск : БГУИР, 2015. С. 381–384.

33. Гришин М.В., Ларин С.Н., Соснин П.И. Средства онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки в условиях авиационных производств // В мире научных открытий. Естественные и технические науки. 2015. № 4 (64). С. 10–43.

34. Гришин М.В., Лебедев А.В. Разработка специального программного модуля проектирования шаблонной оснастки // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, № 4 (4). С. 834–839.

35. Гришин М.В., Лебедев А.В. Проектные процедуры в технологической подготовке производства с применением информационных технологий // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15, № 4 (4). С. 825–833.
36. Гришин М.В., Лебедев А.В. Совершенствование проектирования технологической оснастки с использованием информационных технологий // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 1 (5). С. 1456–1462.
37. Дембицкий Н.Л., Назаров А.В. Применение методов искусственного интеллекта в проектировании и производстве радиотехнических устройств : Монография. М. : Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. 228 с.
38. Добров Б.В., Лукашевич Н.В. Онтология по естественным наукам и технологиям ОЕНТ: структура, состав и современное состояние // Электронные библиотеки. 2008. Т. 11, вып. 1. URL : <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2008/part1/DL> (Дата обращения: 08.06.2015).
39. Евгеньев Г.Б. Интеллектуальные системы проектирования. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 334 с.
40. Ездаков А.Л. Экспертные системы САПР : учеб. пособие. М. : ИД «ФОРУМ», 2009. 160 с.
41. Елисеева Н.В. Разработка метода и средств представления модели знаний в задачах автоматизированной конструкторско-технологической подготовки производства : автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2007. 19 с.
42. Ермилов В.В. Синтез системы уравнений в задаче параметризации геометрической модели // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». 2006. № 8 (63). С. 99–105.
43. Ермилов В.В., Исенбаева Н.Н. Онтологический справочник по геометрическому моделированию // Вестник ИжГТУ. 2008. Вып. 4. С. 98–101.
44. Жаворонков А.С., Тихомиров В.А., Феоктистов С.И. Методика и техника создания внутренних модулей расширения для САПР Unigraphics VI

8.0 // Дальневосточный форум «Роль науки, новой техники и технологии в экономическом развитии регионов» (Хабаровск, 2003) : сб. науч. тр. сотрудников КНААПО. М. : Изд-во «Эком», 2003. С. 35–45.

45. Жаворонков А.С, Тихомиров В.А., Феоктистов С.И. Создание внутреннего модуля расширения для САПР Unigraphics VI 8.0 // Дальневосточный форум «Роль науки, новой техники и технологии в экономическом развитии регионов» (Хабаровск, 2003) : сб. науч. тр. сотрудников КНААПО. М. : Изд-во «Эком», 2003. С. 45–52.

46. Жаворонков А.С, Тихомиров В.А., Феоктистов С.И. Способы автоматизации принятия инженерных решений в среде Unigraphics VI 8.0 // Дальневосточный форум «Роль науки, новой техники и технологии в экономическом развитии регионов» (Хабаровск, 2003) : сб. науч. тр. сотрудников КНААПО. М. : Изд-во «Эком», 2003. С. 31–35.

47. Жаворонков А.С. Система автоматизированного проектирования технологической оснастки для изготовления листовых деталей // Открытый дальневосточный конкурс программных средств студентов, аспирантов и молодых учёных «Программист-2005». Тезисы докладов. Владивосток : ИАПУ ДВО РАН, 2005. С. 23–26.

48. Жаворонков А.С. Способы автоматизации инженерных решений в среде Unigraphics VI 8.0 // Студент и научно-технический прогресс : матер. XLII междунар. науч. студен. конф. Новосибирск : Ред.-изд. отдел Новосиб. ун-та, 2004. С. 173–174.

49. Завьялов О.Ю., Завьялов Д.Ю. Бесплазовое производство: проблемы и перспективы // Ульяновский государственный технический университет, тезисы докладов, XXXV научно-технической конференции. Ульяновск, 2001.

50. Загорюлько Ю.А. Автоматизация сбора онтологической информации об интернет-ресурсах для портала научных знаний // Известия Томского политехнического университета. – Т. 312. – № 5. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2008. -с. 114–119

51. Загорулько Ю.А., Боровикова О.И., Кононенко И.С. Обеспечение содержательного многоязычного доступа к лингвистическим информационным ресурсам на основе технологии порталов знаний // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318. – № 5. –С. 99–104.

52. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 496 с.

53. Интеграция рассуждений по прецедентам и онтологии в интеллектуальной системе поддержки инженерного анализа в области контактной механики / А.М. Дворянкин [и др.] // Известия Волгоградского ГТ. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. 2008. № 2. С. 90-94.

54. Информационная справка «САТИА» [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании. URL: <http://www.3ds.com/ru/obuchenie/programmy-obucheniya-i-katalogi-kursov/> (Дата обращения: 08.06.2015).

55. Информационная справка «UG NX» [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании. URL: http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/nx/index.shtml (Дата обращения: 08.06.2015).

56. Информационная справка «Компас» [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании. URL: <http://kompas.ru/publications/docs/> (Дата обращения: 08.06.2015).

57. Информационно-аналитическая система поддержки и сопровождения исследований природных ресурсов региона / А.Ф. Титов [и др.] // Тр. XII Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». RCDL'2010, Казань, 13–16 октября 2010 г. Казань, 2010. С. 529–534.

58. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии / Ю.М. Соломенцев [и др.]. М. : Наука, 2003. 292 с.

59. Информационные технологии в проектировании радиоэлектронных

средств : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю.Л. Муромцев [и др.]. М. : Издательский центр «Академия», 2010. 384 с.

60. Карпушин А.Н., Ларин С.Н., Соснин П.И. Комплекс средств аспектно-ориентированного проектирования систем потоков работ конструкторско-технологической подготовки опытного приборостроительного производства // Автоматизация процессов управления. – 2010. № 4 (22). С. 35–41.

61. Коваль С.А. Автоматическая переработка текста на базе объектно-предикатной системы // Структурная и прикладная лингвистика. 1998. Вып. 5. С. 199–207.

62. Компьютерный инжиниринг. Аналитический обзор / А.И. Боровков [и др.] : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 93 с.

63. Концептуальное проектирование самолета : учеб. пособие / В.А. Комаров [и др.]. Самара : СГАУ, 2007. 92 с.

64. Копайгородский А.Н., Массель Л.В. Методы, технологии и реализация хранилища данных и знаний для исследований энергетики // Вестник ЮУрГУ, №4 (221), Серия «Математическое моделирование и программирование», вып. 7, 2011 С. 47–55.

65. Копайгородский А.Н. Применение онтологий в семантических информационных системах // Онтология проектирования. 2014. № 4. С. 78–89.

66. Краснов М., Чигишев Ю. Unigraphics для профессионалов. М. : Лори, 2004. 319 с.

67. Кучуганов В.Н. Вопросы корректности предметных онтологий // Тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Интеллектуальные системы» (AIS'06) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2006). М. : Физматлит, 2006. Т. 2. С. 138–145.

68. Кучуганов В.Н. Семантика графической информации // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». 2002. № 3 (26). С. 157–166.

69. Кучуганов В.Н., Габдрахманов И.Н. Система визуального

проектирования баз знаний // Информационные технологии в инновационных проектах : тр. III Междунар. науч.-техн. конф. (Ижевск, 23–24 мая 2001 г.). Ч. 1. Ижевск : Изд-во Ижевского радиозавода, 2001. С. 140–143.

70. Ландэ Д. В., Снарский А. А., Безсуднов И. В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы. - М.: Либроком (Editorial URSS), 2009. - 264 с.

71. Лапшин В.А. Онтологии в компьютерных системах. М. : Научный мир, 2010.

72. Ларин С.Н. Оптимизация методов технологической подготовки производства на ранних стадиях проектирования технических средств // Автоматизация управления. 2003. № 2. С. 78-81.

73. Ларин С.Н. Основные задачи обеспечения технологичности конструкции изделия в автоматизированных системах // Автоматизация управления. 2004. № 4. С. 62-67.

74. Ларин С.Н. Создание системы конструкторско-технологического анализа // Судостроение. 2004. № 6. С. 53-56.

75. Левин А.И., Судов Е.В. CALS-сопровождение жизненного цикла // Открытые системы. 2001. № 3. С. 58–62.

76. Лукашевич Н.В. Тезаурусы в задачах информационного поиска. М. : Изд-во Московского университета, 2011. 512 с.

77. Маклаев В.А., Соснин П.И. Создание и использование автоматизированной базы опыта проектной организации. Ульяновск : УлГТУ, 2012. 360 с.

78. Мартыненко А.А., Шкаберин В.А. Применение онтологического подхода для реализации системы интеллектуального поиска в области CALS-, CAD-, CAM-, CAE-технологий // Вестник БрГТУ. 2008. № 2. С. 103–110.

79. Митрофанова О.А. Измерение семантических расстояний как проблема прикладной лингвистики // Структурная и прикладная лингвистика : Межвуз. сб. СПб. : Издательство СПбГУ, 2008. Вып. 7. С. 58-67

80. Муромцев Д.И. Онтологический инжиниринг знаний в системе

Protégé. СПб. : СПбГУ ИТМО, 2007. 62 с.

81. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники: теория и практика. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. 328 с.

82. Найханова Л.В., Хаптахаяева Р.Б., Янсанова Е.Н. Создание декларативного метода извлечения знаний из терминологических словарей // Информационные технологии, 2008, № 12, С. 2-8.

83. Новиков В.Ю, Костенко А.А., Гололобов Д.В. Проектирование групповых приспособлений с использованием САПР СП // Станкиновский вестник. 2011. № 2 (14). С. 47–50.

84. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование : учебник. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 188 с.

85. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования : учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 430 с.

86. Норенков И.П., Уваров Ю.М. База и генератор образовательных ресурсов // Информационные технологии. 2005. № 9. С. 60–65.

87. ОК 012-93 Классификатор ЕСКД. введение. 1.79.100 (с изменениями) URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000470> (Дата обращения: 20.09.2015).

88. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения / Б.В. Добров [и др.]. М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2009. 173 с.

89. Основы ИПИ-технологий : учеб. пособие / под общ. ред А.Н. Тихонова, Ю.В. Полянского. Ульяновск : УлГТУ, 2006.

90. ОСТ 1.51451-73. Шаблоны плазовые. Номенклатура.

91. ОСТ 1.51452-73. Шаблоны плазовые. Назначение и обозначение технологических отверстий.

92. ОСТ 1.51453 73. Шаблоны плазовые. Допуски на изготовление.

93. ОСТ 1.51454-73. Шаблоны плазовые. Маркировка.

94. ОСТ 1.51455-73. Шаблоны плазовые. Условные обозначения на шаблонах.

95. Проблемы производства трубопроводов в современном авиастроении / А.А. Баранников [и др.] // В мире научных открытий. Естественные и технические науки. 2014. № 4 (52). С. 71–82.
96. Проектирование самолетов : учебник для вузов / С.М. Егер [и др.] ; под ред. С.М. Егера. 4-е изд. Репр. воспр. текста изд. 1983 г. М. : Логос, 2005. 648 с.
97. Прохоров А.Г., Тихомиров В.А. Определение минимальных габаритов 3D моделей в среде Unigraphics // Авиационная промышленность. 2011. № 1. С. 12–16.
98. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 348 с.
99. Разработка инструментария для семантической разметки текст / О.В. Мудрая [и др.] // Тр. Междунар. конф. «Корпусная лингвистика-2006». СПб. : Издательство СПбГУ и РХГА, 2006. С. 44-52
100. Разработка классификатора технологической оснастки заготовительно-штамповочного производства / М.В. Гришин [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 6 (2). С. 423–429.
101. Рапопорт Г.Н., Герц А.Г. Искусственный и биологический интеллекты: общность структуры, эволюция и процессы познания. М. : КомКнига, 2010. 312 с.
102. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. М. : Вильямс, 2007. 1408 с.
103. Рыбаков А.В. Особенности выбора графической среды для промышленного проектирования объектов машиностроения // Информационные технологии. 2002. № 5. С. 13–20.
104. Рыбаков А.В., Евдокимов С.А., Краснов А.А. Проектирование технологической оснастки на основе автоматизированной поддержки информационных решений // Информационные технологии. 2001. № 10. С. 15–22.
105. Самсонов О.В. Тарасов Ю.Е., Бесплазовое производство

авиационной техники: проблемы и перспективы // САПР и Графика. 2000. № 9. С. 33–38.

106. Селезнёв В.А. Интегрированные компьютерные конструкторско-технологические CAD/CAM-системы в подготовке квалифицированных рабочих // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2012. № 2. С. 36–40.

107. Система «Ontogrid» для построения онтологий / Н.Г. Загоруйко [и др.] // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии : тр. междунар. конф. Диалог'2005 . М., 2005. С. 146–152.

108. Смирнов С.В. Онтологическая относительность и технология компьютерного моделирования сложных систем // Известия Самарского научного центра РАН. 2000. Т. 2, № 1. С. 66–71.

109. Смирнов С.В. Онтологический анализ предметных областей моделирования // Известия Самарского научного центра РАН. 2001. Т. 3, № 1. С. 62–70.

110. Смирнов С.В. Опыт создания средств семантического моделирования и проектирования на массовой программной платформе // Матер. 5-й Междунар. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015). Минск : БГУИР, 2015. С. 413–416.

111. Смирнов С.В. Пакеты программ как формальные онтологии: построение и использование // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем OSTIS-2013 : Матер. III междунар. науч.-тех. конф. (Минск, 21-23 февраля 2013 г.). Минск : БГУИР, 2013. С. 191–194.

112. Смирнов С.В. Прагматика онтологий: объектно-ориентированная модель знаний о предметной области // 11-я Нац. конф. по искусственному интеллекту с междунар. участием КИИ-2008 (Дубна, 28 сентября–03 октября 2008 г.) : тр. конф. Т. 3. М. : ЛЕНАНД, 2008. С. 208–216.

113. Соловьев В.Д., Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В.

Онтологии и тезаурусы / учеб. пособие. Казань, 2006. – 157 С.

114. Соснин П.И. Концептуальное моделирование компьютеризованных систем. Ульяновск : УлГТУ, 2008. 198 с

115. Соснин П.И. Онтологическая Поддержка Концептуального Экспериментирования в Вопросно-Ответных Моделирующих Средах // Тр. Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям : науч. издание в 4-х т. М. : Физматлит, 2014. Т. 1. С. 488–495.

116. Соснин П.И. Персональная онтология профессионального опыта // Матер. 4-й Междунар. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2014). Минск : БГУИР, 2014. С. 147–154.

117. СТП 687.06.0302-79. Форм-блоки. Типовые конструкции и рекомендации по изготовлению. – Ульяновск : ЗАО «Авиастар-СП», 1979. – 52 с.

118. СТП 687.07.0873-2004. Система качества. Технологическая подготовка производства. Изготовление и применение плазово-шаблонной оснастки. – Ульяновск : ЗАО «Авиастар-СП», 2004. – 168 с.

119. Сулейманов А.Ш. Метод определения контекстных слов при анализе текста // Информационные технологии. 2009. № 7. С. 46–49.

120. Тейлор Д., Рэйден Н. Почти интеллектуальные системы. Как получить конкурентные преимущества путем автоматизации принятия скрытых решений. СПб. : Символ-Плюс, 2009. 448 с.

121. ТИ 687.25000.00167 Расчетно-технологическая карта. Назначение. Оформление, внесение изменений, хранение. – Ульяновск : ЗАО «Авиастар-СП», 2001. – 12 с.

122. ТИ 687.25000.00467 Сборка узлов и панелей по сборочным отверстиям. – Ульяновск : ЗАО «Авиастар-СП», 2001. – 24 с.

123. ТИ 687.25200.00022 Технологическая инструкция по составлению и изменению ведомости ПШО. – Ульяновск : ЗАО «Авиастар-СП», 2001. – 24 с.

124. ТИ 687.25303.00002 Изготовление плазовых шаблонов для универсального станда групповой отработки и контроля. – Ульяновск : ЗАО «Авиастар-СП», 2001. – 65 с.

125. Тимирязев В.А., Костенко А.А., Гололобов Д.В. Автоматизированное проектирование станочных приспособлений с использованием баз данных стандартных деталей // Станкиновский вестник. 2011. № 2 (14). С. 45–46.

126. Тимирязев В.А., Новиков В.Ю., Костенко А.А. Моделирование схем базирования заготовок на станках // Известия МГТУ «МАМИ». 2011. № 1 (11). С. 202–204.

127. Тихомиров В.А. Разработка приложений для Unigraphics на языке С. Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. 462 с.

128. Толчеев В.О. Методы выявления информативных признаков в задаче классификации текстовых документов // Информационные технологии. 2005. № 8. С. 14–21.

129. Уитби Б. Искусственный интеллект: реальна ли Матрица. М. : ФАИР-ПРЕСС, 2004. 224 с.

130. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин [и др.]. – М. : Анахарсис, 2002. 304 с.

131. Шабанов В.И., Андреев А.М. Метод классификации текстовых документов, основанный на полнотекстовом поиске // Тр. первого российского семинара по оценке методов информационного поиска РОМИП'2003 / под ред. И.С. Некрестьянова. СПб. : НИИ Химии СПбГУ, 2003. URL: http://romip.ru/romip2003/4_shabanov.pdf.

132. Шамшев А.Б., Соснин П.И. Комплекс средств контроля семантики проектных задач и проектных решений // Автоматизация процессов управления. 2010. № 3 (21). С. 55–62.

133. Шапиро Д.И. Виртуальная реальность и проблемы нейрокомпьютинга. М. : РФК-Имидж Лаб, 2008. 454 с.

134. Шведин Б.Р. Онтология предприятия: экспириентологический

подход. Технология построения онтологической модели предприятия. М. : ЛЕНАНД, 2010. 240 с.

135. Ширялкин А.Ф. Основы формирования многоуровневых классификаций естественного типа для создания эффективных производственных сред в машиностроении. Ульяновск : УлГТУ, 2009. 298 с.

136. Экспериментальные алгоритмы поиска/классификации и сравнение с «basic line» / М.С. Агеев [и др.] // Российский семинар по оценке методов информационного поиска : тр. второго рос. семинара РОМИП'2004 (Пушино, 01.10.2004). СПб. : НИИ Химии СПбГУ, 2004. С. 62-89.

137. CALS-технологии для военной продукции / А.Г. Кабанов [и др.] // Стандарты и качество. 2000. № 3. С. 33–38.

138. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров [и др.]. М. : ДМК, 2010. 504 с.

139. A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools Edition 1.2, Nick Drummond, Simon Jupp, Georgina Moulton, Robert Stevens. - The University Of Manchester: March 13, 2009

140. Bhagat R., Pantel P. and Hovy E. 2007. LEDIR: An Unsupervised Algorithm for Learning Directionality of Inference Rules. In Proceedings of Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP-07). 58 pp.

141. Borges, P. Mapping RUP Roles to Small Software Development Teams / P. Borges, R. J. Machado, P. Ribeiro In Proc. of International Conference on Software and System Process (ICSSP), Portugal, 2012, pp. 190–199.

142. C. Murray Oracle Spatial User's Guide and Reference / C. Murray. – Redwood City, 2006. 594 pp.

143. Ciorascu C., Ciorascu I. and Stoffel K. knOWLer - Ontological Support for Information Retrieval Systems // Proceedings of 26th Annual International ACM SIGIR Conference, Workshop on Semantic Web, Toronto, Canada, August 2003.

144. D. Davidov, E. Gabrilovich, S. Markovitch. Parameterized Generation of Labeled Datasets for Text Categorization Based on a Hierarchical Directory //

Proceedings of the 27th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, Sheffield, UK, 2004

145. D. Shen, Z. Chen and others. Web-page classification through summarization. // Proceedings of the 27th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, Sheffield, UK, 2004.

146. David Vallet, Miriam Fernández and Pablo Castells An Ontology-Based Information Retrieval Model /Lecture Notes in Computer Science, 2005, Volume 3532/2005, 103–110.

147. Dilger, W. Object-oriented Knowledge Representation – an Overview / W. Dilger // J. New Generation Computation Systems. 1989. Vol. 2. No 4. pp. 339–363.

148. Ding Y., Fensel D., Klein M., Omelayenko B., Schulten E. The role of ontologies in eCommerce // Steffen Staab, Rudi Studer (ed.), Handbook of Ontologies, 2004.

149. Fensel, D., van Harmelen, F., Horrocks, I., McGuinness, D. L., & Patel-Schneider, P. F. (2001). "OIL: an ontology infrastructure for the Semantic Web". In: Intelligent Systems. IEEE, 16(2): 38–45.

150. Gangemi A., Presutti V. (2009). Ontology Design Patterns. In Staab S. et al. (eds.): Handbook on Ontologies (2nd edition), Springer, 2009.

151. Gruber, T. R. 1993. "A translation approach to portable ontology specifications". In: Knowledge Acquisition. 5: 199–199.

152. Hayes Ph. Intelligent High-Volume Processing Using Shallow, Domain-Specific Techniques // Text-Based Intelligent Systems: Current Research and Practice in Information Extraction and Retrieval. New Jersey, 1992. pp. 227–242.

153. International Conference TSD 2008, Brno, Czech Republic, September 8-12, 2008. / Eds. P. Sojka, A. Horak et al. LNAI 5246. Springer-Verlag, 2008.

154. Joachims T., Text Categorization with Support Vector Machines: Learning with Many Relevant Features // Proceedings of ECML-98, 10th European Conference on Machine Learning, 1998.

155. Kou X.Y., Xue S.K.. Knowledge-guided inference for voice-enabled CAD / X.Y. Kou, S.K.. Xue // *Tan Computer-Aided Design Volume*. 2010. pp. 545–557.
156. Kroll, P. *The Rational Unified Process Made Easy: A Practitioners Guide to the RUP* / P.Kroll, Ph. Kruchten. - Addison-Wesley, 2003.
157. Kurt Sandkuhl, Alexander Smirnov, Vladimir Mazalov, Vladimir Vdovitsyn, Vladimir Tarasov, Andrew Krizhanovsky, Feiyu Lin, Evgeny Ivashko *Context-Based Retrieval in Digital Libraries: Approach and Technological Framework* // *Proceedings of the 11th All-Russian Research Conference «Digital Libraries: Advanced Methods and Technologies, Digital Collections» – RCDL'2009, Petrozavodsk, Russia, 2009*. pp. 151–157.
158. L. Cai, T. Hofmann. *Text Categorization by Boosting Automatically Extracted Concepts* // *Proceedings of the 26th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, Toronto, CA, 2003*
159. Maedche, A. & Staab, S. (2001). "Ontology learning for the Semantic Web". In: *Intelligent Systems. IEEE*, 16(2): 72–79.
160. Manning, C. *An Introduction to Information Retrieval* / Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan, Hinrich Schütze – Cambridge, England: Cambridge University Press. April 2009. P. 544.
161. Maria Golemati, Akrivi Katifori, Costas Vassilakis, George Lepouras, Constantin Halatsis (2007). "Creating an Ontology for the User Profile: Method and Applications". In: *Proceedings of the First IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), Morocco, 2007*.
162. Mauro Dragoni, Calia da Costa Pereira, Andrea G.B. Tettamanzi *A conceptual representation of documents and queries for information retrieval system by using light ontologies* / *Expert Systems with Applications* 39 (2012) 10376–10388.
163. McGuinness D., Fikes R., Rice J., Wilder S. *An environment for merging and testing large ontologies* // *In Proc. of the Seventh Int. Conf., KR2000, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA 2000*.

164. Mizoguchi, R. (2004). "Tutorial on ontological engineering: part 3: Advanced course of ontological engineering". In: *New Generation Computing*. Ohmsha & Springer-Verlag, 22(2):198-220.
165. Oberle, D., Guarino, N., & Staab, S. (2009) What is an ontology?. In: "Handbook on Ontologies". Springer, 2nd edition, 2009.
166. Prabath Chaminda Abeysiriwardana, Saluka R Kodituwakku, "Ontology Based Information Extraction for Disease Intelligence". *International Journal of Research in Computer Science*, 2 (6): pp. 7–19, November 2012. doi:10.7815/ijorcs.26.2012.051
167. Raquel Trillo, Laura Po, Sergio Ilarri, Sonia Berga-maschi, Eduardo Mena Using semantic techniques to access web data // *Information Systems*. 36 (2011). pp. 117–133.
168. Razmerita, L., Angehrn, A., & Maedche, A. 2003. "Ontology-Based User Modeling for Knowledge Management Systems". In: *Lecture Notes in Computer Science*: 213–17.
169. Riloff E., Lehnert W. 1994. Information Extraction as a Basis for High Precision Text Classification. *ACM Transactions on Information Systems*, 12(3):296-333.
170. Robertson, S. E., & Zaragoza, H. (2009). The Probabilistic Relevance Framework: BM25 and Beyond. *Foundations and Trends in Information Retrieval*, Vol. 3, No. 4 (2009), 333–389.
171. S. Gao. A Maximal Figure-of-Merit Learning Approach to Text Categorization. // *Proceedings of the 26th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, Toronto, CA, 2003
172. Smith, B. *Ontology (Science)*, in C. Eschenbach and M. Gruninger (eds.), *Formal Ontology in Information Systems*. *Proceedings of FOIS 2008*, Amsterdam/New York: ISO Press, 21–35.
173. Sosnin P., *Pseudo-Code Simulation of Designer Activity in Conceptual Designing of Software Intensive Systems*, *Proceedings of the 27th European Conference on Modelling and Simulation, ECMS 2013*, 2013. pp. 85–92.

174. Sosnin, P. Question-Answer Approach to Human-Computer Integration in Collaborative Designing/ P. I. Sosnin // Chapter in the book "Cognitively Informed Intelligent Interfaces: Systems Design and Development" Published IGI Global, 2012, pp. 157–176.
175. Sosnin, P. Question-Answer Expert System for Ship Collision Avoidance / P. I. Sosnin // In Proc of 51st International Symposium ELMAR-2009, Zadar, Croatia, 2009. pp. 185–188.
176. Soylu, A., De Causmaecker, Patrick. 2009. Merging model driven and ontology driven system development approaches pervasive computing perspective. in Proc 24th Intl Symposium on Computer and Information Sciences. pp 730–735.
177. Stumme G., Medche A. FCA-Merge: Bottom-up merging of ontologies // 7th Int. Conf. on Artificial Intelligence, (IJCAI'01), Seattle, WA, 2001, pp. 225–230.
178. Uschold, Mike & Gruninger, M. (1996). Ontologies: Principles, Methods and Applications. Knowledge Engineering Review, 11(2).
179. W. Pidcock, What are the differences between a vocabulary, a taxonomy, a thesaurus, an ontology, and a meta-model?
180. Wasson M., Classification Technology at LexisNexis // SIGIR 2001 Workshop on Operational Text Classification.
181. Wielinga, B. J. and Schreiber, A. T. Reusable and sharable knowledge bases: a European perspective // Proceedings of First International Conference on Building and Sharing of Very Large-Scaled Knowledge Bases. Tokyo, Japan Information Processing Development Center. 1993.
182. Yudelso, M., Gavrilova, T., & Brusilovsky, P. 2005. Towards User Modeling Meta-ontology. Lecture Notes in Computer Science, 3538: 448.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014619224

«Программный модуль автоматизации процесса проектирования шаблона обрезки и кондуктора»Правообладатель: **Гришин Максим Вячеславович (RU)**Авторы: **Гришин Максим Вячеславович (RU),
Ларин Сергей Николаевич (RU)**Заявка № **2014615872**Дата поступления **17 июня 2014 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **11 сентября 2014 г.**Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Курий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014619486

«Программный модуль автоматизации процесса
проектирования шаблона контура сечения на
универсальный контрольный стенд»

Правообладатель: *Ларин Сергей Николаевич (RU)*Авторы: *Ларин Сергей Николаевич (RU),
Гришин Максим Вячеславович (RU)*

Заявка № 2014615889

Дата поступления 17 июня 2014 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 17 сентября 2014 г.

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий

Приложение 3

Часть листинга кода комплекса онтологической поддержки процесса проектирования
шаблонной оснастки

```

/*****
Среда разработки: WIQA
Разработчик: Гришин М.В.
Научный руководитель: Ларин С.Н.
*****/

<?xml version="1.0"?>
<ImportQAProjectsModel          xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <Projects>
    <Node QAID="11" ParentID="1" ProjectID="1" TypeID="3" StatusID="1" ReasonID="1"
Caption="Проектирование ШОК с 3 полками и отв. СО и НО" SystemName="1.4."
CreateDate="2014-09-27" IsSolution="true" IsQuestion="true" LinkToID="0">
      <Text Text="">
        <Bytes></Bytes>
      </Text>
    <Nodes>
      <Node QAID="12" ParentID="11" ProjectID="1" TypeID="3" StatusID="1" ReasonID="1"
Caption="Задача 1.2" SystemName="1.4.1." CreateDate="2014-09-27" IsSolution="true"
IsQuestion="true" LinkToID="0">
        <Text Text="">
          <Bytes></Bytes>
        </Text>
      <Nodes>
        <Node QAID="493" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"
ReasonID="1" CreateUserID="1"
Caption="DD_CreateLine(&quot;Polyline&quot;,&quot;ShapeName=Poly1&quot;,
&quot;X1=100&quot;,&quot;Y1=100&quot;,&quot;X2=300&quot;,&quot;Y2=100&quot;)"
SystemName="1.4.1.26." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">
          <Text Text="">
            <Bytes></Bytes>
          </Text>
        
```

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="494" ParentID="12" ProjectID="1"TypeID="1" StatusID="1" ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly3","X1=300","Y1=100","X2=300","Y2=50")" SystemName="1.4.1.27." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="495" ParentID="12" ProjectID="1"TypeID="1" StatusID="1" ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly4","X1=300","Y1=50","X2=100","Y2=50")" SystemName="1.4.1.28." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="496" ParentID="12" ProjectID="1"TypeID="1" StatusID="1" ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly5","X1=100","Y1=50","X2=100","Y2=100")" SystemName="1.4.1.29." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="497" ParentID="12" ProjectID="1"TypeID="1" StatusID="1" ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly6","X1=100","Y1=50","X2=100","Y2=100")" SystemName="1.4.1.30." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

"X1=140", "Y1=100", "X2=140", "Y2=120")"
 SystemName="1.4.1.30." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="498" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"

ReasonID="1" CreateUserID="1"

Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly7","

"X1=160", "Y1=100", "X2=160", "Y2=120")"

SystemName="1.4.1.31." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="499" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"

ReasonID="1" CreateUserID="1"

Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly8","

"X1=240", "Y1=100", "X2=240", "Y2=120")"

SystemName="1.4.1.32." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="500" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"

ReasonID="1" CreateUserID="1"

Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly9","

"X1=260", "Y1=100", "X2=260", "Y2=120")"

SystemName="1.4.1.33." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

```

    <Nodes />
  </Node>
  <Node QAID="501" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"
ReasonID="1" CreateUserID="1"
Caption="DD_CreateLine(&quot;Polyline&quot;;&quot;ShapeName=Poly10&quot;;
&quot;X1=100&quot;;, &quot;Y1=120&quot;;, &quot;X2=300&quot;;, &quot;Y2=120&quot;);"
SystemName="1.4.1.34." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">
  <Text Text="">
    <Bytes></Bytes>
  </Text>
  <Nodes />
</Node>
  <Node QAID="502" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"
ReasonID="1" CreateUserID="1"
Caption="DD_CreateLine(&quot;Polyline&quot;;&quot;ShapeName=Poly11&quot;;
&quot;X1=300&quot;;, &quot;Y1=120&quot;;, &quot;X2=300&quot;;, &quot;Y2=220&quot;);"
SystemName="1.4.1.35." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">
  <Text Text="">
    <Bytes></Bytes>
  </Text>
  <Nodes />
</Node>
  <Node QAID="504" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"
ReasonID="1" CreateUserID="1"
Caption="DD_CreateLine(&quot;Polyline&quot;;&quot;ShapeName=Poly13&quot;;
&quot;X1=100&quot;;, &quot;Y1=220&quot;;, &quot;X2=100&quot;;, &quot;Y2=120&quot;);"
SystemName="1.4.1.37." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">
  <Text Text="">
    <Bytes></Bytes>
  </Text>
  <Nodes />
</Node>
  <Node QAID="505" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"
ReasonID="1" CreateUserID="1"
Caption="DD_CreateLine(&quot;Polyline&quot;;&quot;ShapeName=Poly12&quot;;

```

"X1=300", "Y1=220", "X2=100", "Y2=220")"
 SystemName="1.4.1.38." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="506" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"

ReasonID="1" CreateUserID="1"

Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly14","

"X1=140", "Y1=220", "X2=140", "Y2=240")"

SystemName="1.4.1.39." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="507" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"

ReasonID="1" CreateUserID="1"

Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly15","

"X1=160", "Y1=220", "X2=160", "Y2=240")"

SystemName="1.4.1.40." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="508" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"

ReasonID="1" CreateUserID="1"

Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly16","

"X1=240", "Y1=220", "X2=240", "Y2=240")"

SystemName="1.4.1.41." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="509" ParentID="12" ProjectID="1"TypeID="1" StatusID="1" ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly18","X1=260","Y1=220","X2=260","Y2=240")" SystemName="1.4.1.42." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="510" ParentID="12" ProjectID="1"TypeID="1" StatusID="1" ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly17","X1=100","Y1=240","X2=300","Y2=240")" SystemName="1.4.1.43." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="511" ParentID="12" ProjectID="1"TypeID="1" StatusID="1" ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly19","X1=300","Y1=240","X2=300","Y2=300")" SystemName="1.4.1.44." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="512" ParentID="12" ProjectID="1"TypeID="1" StatusID="1" ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly12","X1=300","Y1=240","X2=300","Y2=300")" SystemName="1.4.1.45." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

"X1=300", "Y1=300", "X2=100", "Y2=300")"
 SystemName="1.4.1.45." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="513" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"

ReasonID="1"

CreateUserID="1"

Caption="DD_CreateLine("Polyline","ShapeName=Poly12","

"X1=100", "Y1=300", "X2=100", "Y2=240")"

SystemName="1.4.1.46." CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes />

</Node>

<Node QAID="515" ParentID="12" ProjectID="1" TypeID="1" StatusID="1"

ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="&topx&" SystemName="1.4.1.48."

CreateDate="2014-12-10" IsQuestion="true" LinkToID="0">

<Text Text="">

<Bytes></Bytes>

</Text>

<Nodes>

<Node QAID="517" ParentID="515" ProjectID="1" TypeID="2" StatusID="1"

ReasonID="1" CreateUserID="1" Caption="120" SystemName="1.4.1.48." CreateDate="2014-12-

10" LinkToID="0">

JUMP/S1:

S2:

MASK/3, 8

RISK:CHOOSE/'Фаски и подсечки', \$

'Указать фаску', \$

'Указать подсечку', \$

'Продолжить', DEFLT, 3, RESP

JUMP/RISK:, DEL:,, FAS:, PODS:, DEL:, RESP

FAS:

IDENT/'Фаска', LN(10), RESP

JUMP/RISK:, RISK:, PROFAS:,, RESP

PROFAS:

&LAYER(LN(10))=66

BLANK/LN(10)

JUMP/RISK:

PODS:

IDENT/'Первая линия подсечки', LN(11), RESP

IDENT/'Вторая линия подсечки', LN(12), RESP

DPT(1)=POINT/ENDOF, YSMALL, LN(11)

DPT(2)=POINT/ENDOF, YSMALL, LN(12)

DPT(3)=POINT/ENDOF, YLARGE, LN(11)

DPT(4)=POINT/ENDOF, YLARGE, LN(12)

LN(13)=LINE/DPT(1), DPT(4)

LN(14)=LINE/DPT(2), DPT(3)

&LAYER(LN(11))=66

&LAYER(LN(12))=66

&LAYER(LN(13))=66

&LAYER(LN(14))=66

BLANK/LN(11..14)

JUMP/RISK:

DEL:

MASK/3, 8, 9

IDENT/'Укажите удаляемый объект', LN(49), RESP

JUMP/DEL:, ENDDDEL:, CONT:,, RESP

CONT:

DELETE/LN(49)

JUMP/DEL:

ENDDDEL:

&WLAYER=1

LE1:IDENT/'Укажите левую линию', LN(1), RESP

JUMP/LE1:, ERR:, PR1:,, RESP

PR1:IDENT/'Укажите правую линию', LN(3), RESP

JUMP/PR1:, ERR:, PT1:,, RESP

PT1:

PT(1)=POINT/ENDOF, XLARGE, LN(1)

PT(3)=POINT/ENDOF, XLARGE, LN(3)

PT(5)=POINT/ENDOF, XSMALL, LN(1)

CHAIN/START, LN(1), PT(1), \$

END,LN(3), BRO2, CNT, DOP1

```

CHAIN/START, LN(1), PT(3), $
END,PT(5), BRO3, CNT, DOP2
BLANK/ALL
NNN=1
LI2:
IFTHEN/NOT NNN>DOP2
UNBLNK/BRO3(NNN)
NNN=NNN+1
JUMP/LI2:
ENDIF
MAT1=MATRIX/TRANSL, 0, -194, 0
MAT2=MATRIX/YZROT, -90
DET(2)=TRANSF/MAT2, DET(1)
DET(3)=TRANSF/MAT1, DET(2)
DELETE/DET(2)
&LAYER(DET(1))=5
&LAYER(DET(3))=5
$$$ 2 ПОЛКА $$$
UNBLNK/PLO
MASK/71
&WLAYER=1
S4:
IDENT/'Укажите грань для проекции', GRA(BOB), RESP
JUMP/S4:, S5:, S6:., RESP
S6:
BRO4=SOLEDG/GRA(BOB), CNT, ARA
LIR2(1..100)=PROJ/BRO4, ON, PLO, $
VECT, 0, 0, -1
DELETE/BRO4(1..ARA)
BOB=BOB+1
JUMP/S4:
S5:

MASK/3, 8
RIS2K:CHOOSE/'Фаски и подсечки', $
'Указать фаску', $
'Указать подсечку', $
'Продолжить', DEFLT, 3, RESP
JUMP/RIS2K:., DEL2:.,, FA2S:., POD2S:., DEL2:., RESP

FA2S:
IDENT/'Фаска', LN(15), RESP
JUMP/RIS2K:., RIS2K:., PRO2FAS:., RESP
PRO2FAS:
&LAYER(LN(15))=66
BLANK/LN(15)
JUMP/RIS2K:

POD2S:
IDENT/'Первая линия подсечки', LN(16), RESP
IDENT/'Вторая линия подсечки', LN(17), RESP
DPT(1)=POINT/ENDOF, YSMALL, LN(16)

```

DPT(2)=POINT/ENDOF, YSMALL, LN(17)
 DPT(3)=POINT/ENDOF, YLARGE, LN(16)
 DPT(4)=POINT/ENDOF, YLARGE, LN(17)
 LN(18)=LINE/DPT(1), DPT(4)
 LN(19)=LINE/DPT(2), DPT(3)
 &LAYER(LN(16))=66
 &LAYER(LN(17))=66
 &LAYER(LN(18))=66
 &LAYER(LN(19))=66
 BLANK/LN(16..19)
 JUMP/RIS2K:

MASK/3, 8, 9
 DEL2:
 IDENT/'Укажите удаляемый объект', KN(49), RESP
 JUMP/DEL2:, ENDEL2:, CONT2:,, RESP
 CONT2:
 DELETE/KN(49)
 JUMP/DEL2:
 ENDEL2:

&WLAYER=1

LE2:IDENT/'Укажите левую линию', KN(1), RESP
 JUMP/LE2:, ERR:,, PR2:,, RESP
 PR2:IDENT/'Укажите правую линию', KN(3), RESP
 JUMP/PR2:, ERR:,, PT2:,, RESP
 PT2:
 PPT(1)=POINT/ENDOF, XLARGE, KN(1)
 PPT(3)=POINT/ENDOF, XLARGE, KN(3)
 PPT(5)=POINT/ENDOF, XSMALL, KN(1)

CHAIN/START, KN(1), PPT(1), \$
 END,KN(3), BRO5, CNT, DOP3
 CHAIN/START, KN(1), PPT(3), \$
 END,PPT(5), BRO6, CNT, DOP4

\$\$\$ CO HO \$\$\$
 MASK/70
 NSO=1
 NNO=1
 OTV:CHOOSE/'Отверстия', \$
 'Указать CO', \$
 'Указать HO', \$
 'Продолжить', DEFLT, 3, RESP
 JUMP/OTV:, UNBALL:,,, SO:, NO:, UNBALL:,, RESP
 MASK/71

SO:
 IDENT/'CO', GRA(1), RESP
 JUMP/OTV:,, OTV:,, PROSO:,, RESP
 PROSO:

```

MSO=SOLEDG/GRA(1), CNT, ARA
PSO(1)=PROJ/MSO(1), ON, PLO, VECT, 0, 0, -1
PT(13)=POINT/CENTER, PSO(1)
CRSO(NSO)=CIRCLE/CENTER, PT(13), RADIUS, 4
CRD_PT=&POINT(PT(13))
INFO(NSO+30)=NOTE/CRD_PT(1)-7, CRD_PT(2), 'CO'
&LAYER(INFO(NSO+30))=88
&LAYER(CRSO(NSO))=77
DELETE/MSO(1..ARA), PSO(1), PT(13)
NSO=NSO+1
JUMP/SO:

```

```

NO:
IDENT/'HO', GRA(1), RESP
JUMP/OTV:, OTV:, PRONO:,, RESP
PRONO:
MNO=SOLEDG/GRA(1), CNT, ARA
PNO(1)=PROJ/MNO(1), ON, PLO, VECT, 0, 0, -1
PT(13)=POINT/CENTER, PNO(1)
CRNO(NNO)=CIRCLE/CENTER, PT(13), RADIUS, 3
&LAYER(CRNO(NNO))=77
DELETE/MNO(1..ARA), PNO(1), PT(13)
NNO=NNO+1
JUMP/NO:

```

```

UNBALL:
MASK/ALL
BLANK/ALL

```

```

NNN=1
LII2:
IFTHEN/NOT NNN>DOP4
UNBLNK/BRO6(NNN)
NNN=NNN+1
JUMP/LII2:
ENDIF

```

```

NNN=1
LLI2:
IFTHEN/NOT NNN>DOP2
UNBLNK/BRO3(NNN)
NNN=NNN+1
JUMP/LLI2:
ENDIF
&WLAYER=1

```

```

$$$ ДЛИНА ДОБАВКА $$$
MAT1=MATRIX/TRANSL, 0, -12, 0
MAT2=MATRIX/TRANSL, 0, 12, 0
DISH=DISTF(PT(3), PT(5))
DIS2H=DISTF(PPT(3), PPT(5))

```

```

NNN=1
PT(2)=POINT/PT(5), DELTA, 0, -12, 0
CRD_DOB=&POINT(PT(2))
AB1:
IFTHEN/NNN<DOP1
CRD_PT=CPOSF(BRO3(NNN), .5)
NNN=NNN+1
IFTHEN/CRD_DOB(2)>CRD_PT(2)
CRD_DOB(2)=CRD_PT(2)
ENDIF
JUMP/AB1:
ENDIF
&POINT(PT(2))=CRD_DOB
NNN=1
PT(4)=POINT/PPT(5), DELTA, 0, 12, 0
CRD_DOB=&POINT(PT(4))
AB2:
IFTHEN/NNN<DOP3
CRD_PT=CPOSF(BRO6(NNN), .5)
NNN=NNN+1
IFTHEN/CRD_DOB(2)<CRD_PT(2)
CRD_DOB(2)=CRD_PT(2)
ENDIF
JUMP/AB2:
ENDIF
&POINT(PT(4))=CRD_DOB

NBO=INTF((DISH-50)/500)+1
KKK=DISTF(PT(2), PT(4))

$$$ BO $$$
&CSIZE=7
PTBO(1)=POINT/PT(2), DELTA, 0, -KKK/2, 0
PTBO(2)=POINT/PTBO(1), DELTA, DISH/2, 0, 0

IFTHEN/NBO==5
NNN=INTF((DISH-30)/200)
NNN=NNN*50
PTBO(3)=POINT/PTBO(2), DELTA, -NNN, 0, 0
PTBO(4)=POINT/PTBO(2), DELTA, -2*NNN, 0, 0
PTBO(5)=POINT/PTBO(2), DELTA, NNN, 0, 0
PTBO(6)=POINT/PTBO(2), DELTA, 2*NNN, 0, 0
CRBO(1)=CIRCLE/CENTER, PTBO(2), RADIUS, 4
CRBO(2)=CIRCLE/CENTER, PTBO(3), RADIUS, 4
CRBO(3)=CIRCLE/CENTER, PTBO(4), RADIUS, 4
CRBO(4)=CIRCLE/CENTER, PTBO(5), RADIUS, 4
CRBO(5)=CIRCLE/CENTER, PTBO(6), RADIUS, 4
CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PTBO(4)
&WCS=CSYS1
&WLAYER=4
INFO(1)=NOTE/-10, 0, 'BO'
INFO(2)=NOTE/NNN-10, 0, 'BO'

```

INFO(3)=NOTE/2*NNN-10, 0, 'BO'
 INFO(4)=NOTE/3*NNN-10, 0, 'BO'
 INFO(5)=NOTE/4*NNN-10, 0, 'BO'
 INFO(16)=LDIM/HORIZ, NNN/2, -12, PTBO(4), PTBO(3)
 INFO(17)=LDIM/HORIZ, 1.5*NNN, -12, PTBO(3), PTBO(2)
 INFO(18)=LDIM/HORIZ, 2.5*NNN, -12, PTBO(2), PTBO(5)
 INFO(19)=LDIM/HORIZ, 3.5*NNN, -12, PTBO(5), PTBO(6)
 &WLAYER=1

ELSEIF/NBO==4

NNN=INTF((DISH-30)/150)

NNN=NNN*50

PTBO(3)=POINT/PTBO(2), DELTA, -NNN/2, 0, 0

PTBO(4)=POINT/PTBO(2), DELTA, NNN/2, 0, 0

PTBO(5)=POINT/PTBO(3), DELTA, -1.5*NNN, 0, 0

PTBO(6)=POINT/PTBO(4), DELTA, 1.5*NNN, 0, 0

CRBO(1)=CIRCLE/CENTER, PTBO(3), RADIUS, 4

CRBO(2)=CIRCLE/CENTER, PTBO(4), RADIUS, 4

CRBO(3)=CIRCLE/CENTER, PTBO(5), RADIUS, 4

CRBO(4)=CIRCLE/CENTER, PTBO(6), RADIUS, 4

CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PTBO(5)

&WCS=CSYS1

&WLAYER=4

INFO(1)=NOTE/-10, 0, 'BO'

INFO(2)=NOTE/NNN-10, 0, 'BO'

INFO(3)=NOTE/2*NNN-10, 0, 'BO'

INFO(4)=NOTE/3*NNN-10, 0, 'BO'

INFO(16)=LDIM/HORIZ, NNN/2, -12, PTBO(5), PTBO(3)

INFO(17)=LDIM/HORIZ, 1.5*NNN, -12, PTBO(3), PTBO(4)

INFO(18)=LDIM/HORIZ, 2.5*NNN, -12, PTBO(4), PTBO(6)

&WLAYER=1

ELSEIF/NBO==3

NNN=INTF((DISH-30)/100)

NNN=NNN*50

PTBO(3)=POINT/PTBO(2), DELTA, -NNN, 0, 0

PTBO(4)=POINT/PTBO(2), DELTA, NNN, 0, 0

CRBO(1)=CIRCLE/CENTER, PTBO(2), RADIUS, 4

CRBO(2)=CIRCLE/CENTER, PTBO(3), RADIUS, 4

CRBO(3)=CIRCLE/CENTER, PTBO(4), RADIUS, 4

CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PTBO(3)

&WCS=CSYS1

&WLAYER=4

INFO(1)=NOTE/-10, 0, 'BO'

INFO(2)=NOTE/NNN-10, 0, 'BO'

INFO(3)=NOTE/2*NNN-10, 0, 'BO'

INFO(16)=LDIM/HORIZ, NNN/2, -12, PTBO(3), PTBO(2)

INFO(17)=LDIM/HORIZ, 1.5*NNN, -12, PTBO(2), PTBO(4)

&WLAYER=1

ELSE

NNN=INTF((DISH-40)/50)

```

NNN=NNN*25
IFTHEN/NNN>=100
PTBO(3)=POINT/PTBO(2), DELTA, -NNN, 0, 0
PTBO(4)=POINT/PTBO(2), DELTA, NNN, 0, 0
CRBO(1)=CIRCLE/CENTER, PTBO(3), RADIUS, 4
CRBO(2)=CIRCLE/CENTER, PTBO(4), RADIUS, 4
CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PTBO(3)
&WCS=CSYS1
INFO(2)=NOTE/2*NNN-10, 0, 'BO'
INFO(1)=NOTE/-10, 0, 'BO'
ELSE
PTBO(3)=POINT/PTBO(2), DELTA, -50, 0, 0
PTBO(4)=POINT/PTBO(2), DELTA, 50, 0, 0
CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PTBO(3)
&WCS=CSYS1
INFO(2)=NOTE/90, 0, 'BO'
INFO(1)=NOTE/-10, 0, 'BO'
CRBO(1)=CIRCLE/CENTER, PTBO(3), RADIUS, 4
CRBO(2)=CIRCLE/CENTER, PTBO(4), RADIUS, 4
ENDIF
INFO(16)=LDIM/HORIZ, DISH/2, -12, PTBO(3), PTBO(4)
ENDIF

```

\$\$\$ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА \$\$\$

```

&CSIZE=5
NPER=INTF(DISH/220)+2
NPT(1)=POINT/ENDOF, XSMALL, BRO3(2)
NPT(2)=POINT/ENDOF, XLARGE, BRO3(2)
NPT(3)=POINT/ENDOF, XSMALL, BRO3(3)
NPT(4)=POINT/ENDOF 1-1)
NPT(8)=POINT/ENDOF, XLARGE, BRO3(DOP1-1)
NNN=DISTF(NPT(1), NPT(2))
KKK=DISTF(PT(5), NPT(1))

```

```
IFTHEN/NNN<70 AND KKK<70
```

```

CRD_PT=&POINT(NPT(1))
CRD_DOB=&POINT(NPT(2))
IFTHEN/ABSF(CRD_DOB(2)-CRD_PT(2))>.5
TYPES=1
JUMP/TY1PE:
CRD_PT=&POINT(NPT(7))
CRD_DOB=&POINT(NPT(8))
LLL=DISTF(NPT(7), NPT(8))
IFTHEN/ABSF(CRD_DOB(2)-CRD_PT(2))>.5 AND $
LLL<45
TYPES=3
JUMP/TY3PE:
ENDIF
ENDIF

```

```
CRD_PT=&POINT(NPT(1))
```

Приложение 5

Часть листинга кода программного модуля автоматизации процесса проектирования
шаблона контура сечения на универсальный контрольный стенд

/*****

Среда разработки: GRIP Пакет: UG N.X 4.0

Разработчик: Гришин М.В.

Научный руководитель: Ларин С.Н.

*****/

ENTITY/TPT1, \$\$\$ ПЕРВАЯ ТОРЦЕВАЯ ТОЧКА
 TPT2, \$\$\$ ВТОРАЯ ТОРЦЕВАЯ ТОЧКА
 OLN, \$\$\$ ОСЕВАЯ ЛИНИЯ
 VPLN, \$\$\$ ТОРЦЕВАЯ ПЛОСКОСТЬ
 PLN(5), \$\$\$ МАССИВ ПЛОСКОСТЕЙ
 TDET, \$\$\$ ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ТОЧКА ДЛЯ РСК
 PTXRSK, \$\$\$ ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ТОЧКА ДЛЯ РСК
 PTYRSK, \$\$\$ ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ТОЧКА ДЛЯ РСК
 PT2XRSK, \$\$\$ ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ТОЧКА ДЛЯ РСК
 PTRSK, \$\$\$ ТОЧКА РСК
 CSYS1, \$\$\$ КООРДИНАТНАЯ СИСТЕМА
 LN(30), \$\$\$ МАССИВ ЛИНИЙ
 PT(30), \$\$\$ МАССИВ ТОЧЕК
 SPL(30), \$\$\$ МАССИВ СПЛАЙНОВ
 CR(10), \$\$\$ МАССИВ ОКРУЖНОСТЕЙ
 RLN(30), \$\$\$ МАССИВ РИСОК
 RPN(30), \$\$\$ МАССИВ ТОЧЕК РИСОК
 INF(30), \$\$\$ МАССИВ МЕТОК
 RTPR(30), \$\$\$ МАССИВ ТОЧЕК ДЛЯ ПРОВЕРКИ
 LNPR, \$\$\$ ЛИНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОТКЛОНЕНИЯ
 OBJ, \$\$\$ ОБЪЕКТ
 ORG(10), \$\$\$ МАССИВ ВРЕМЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
 MASS(4) \$\$\$ МАССИВ ЛИНИЙ СЕЧЕНИЯ

\$\$\$\$\$ ОБЪЯВЛЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ ДАННЫХ \$\$\$\$\$

NUMBER/CRD_N(3), \$\$\$ МАССИВ КООРДИНАТ
 COORD2_TPT(3), \$\$\$ МАССИВ КООРДИНАТ
 COORD3_TPT(3), \$\$\$ МАССИВ КООРДИНАТ
 COORD1_TPT(3), \$\$\$ МАССИВ КООРДИНАТ
 CRD_BL(3), \$\$\$ МАССИВ КООРДИНАТ
 CRD_PR(3), \$\$\$ МАССИВ КООРДИНАТ
 CRD_RTPR(3), \$\$\$ МАССИВ КООРДИНАТ
 NSHKS, \$\$\$ ЧИСЛО КОМПЛЕКТА ШКС
 DOSI, \$\$\$ ДЛИНА ОСИ
 RMSHKS, \$\$\$ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ШКС
 NKRS, \$\$\$ ЧИСЛО СЕЧЕНИЙ
 SSECH, \$\$\$ СЧЕТЧИК СЕЧЕНИЙ
 RPL, \$\$\$ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ АРГУМЕНТ

MATRSK(12), \$\$\$ МАТРИЦА СМЕЩЕНИЯ РСК
 MAT(12), \$\$\$ МАТРИЦА ЗЕРКАЛА
 DISTA, \$\$\$ АРГУМЕНТ СМЕЩЕНИЯ БАЗЫ
 DISTB, \$\$\$ АРГУМЕНТ СМЕЩЕНИЯ БАЗЫ
 DISTK, \$\$\$ АРГУМЕНТ СМЕЩЕНИЯ БАЗЫ
 DISTL, \$\$\$ АРГУМЕНТ СМЕЩЕНИЯ БАЗЫ
 DISSHKS, \$\$\$ ДИСТАНЦИЯ ШКС
 OTSA, \$\$\$ ОТСТУП ПЕРВОГО ШКС
 OTSB, \$\$\$ ОТСТУП ПОСЛЕДНЕГО ШКС
 VID, \$\$\$ ВИД
 DISTH, \$\$\$ ШИРИНА ШКС
 ARG \$\$\$ АРГУМЕНТ

\$\$\$ ВЫБОР ТОРЦЕВЫХ ТОЧЕК \$\$\$

&WLAYER=5
 MASK/2
 OPT1:IDENT/'Выберите первую точку',TPT1, RESP
 JUMP/OPT1:, ERRV:., OPT2:., RESP
 OPT2:IDENT/'Выберите вторую точку',TPT2, RESP
 JUMP/OPT2:, ERRV:., OS:., RESP
 OS:IFTHEN/TPT1==TPT2
 JUMP/ERRV:
 ENDIF
 OLN=LINE/TPT1,TPT2

\$\$\$ ВЫСТАВЛЕНИЕ РСК \$\$\$

MESSG/'Выставите рск по виду'
 CSYS1=&WCS
 &WCS=&ABS
 COORD1_TPT=&POINT(TPT1)
 COORD2_TPT=&POINT(TPT2)
 IFTHEN/COORD1_TPT(1)<COORD2_TPT(1)
 VID=1
 ELSE
 VID=2
 ENDIF
 &WCS=CSYS1

\$\$\$ КОМПЛЕКТ ШКС \$\$\$

NSH:NSHKS=10
 PARAM/'Введите число шкс', \$
 'Число комплекта ШКС', NSHKS, RESP
 IFTHEN/NSHKS<3
 MESSG/'Неверное число'
 JUMP/NSH:
 ENDIF

PTXRSK=POINT/5, 0, 0
 PTYRSK=POINT/0, 5, 0

```

CSYS1=&WCS
CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, TPT1
&WCS=CSYS1

```

\$\$ ОТСТУП ПЕРВОГО И ПОСЛЕДНЕГО ШКС \$\$

```

OTS:
OTSA=10
OTSB=10
PARAM/'Укажите отступ', $
'Отступ для 1 ШКС', OTSA, $
'Отступ для n ШКС', OTSB, RESP
IFTHEN/OTSA<0 OR OTSB<0
MESSG/'Неверное число'
JUMP/OTS:
ENDIF

```

\$\$ РАСЧЕТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ШКС \$\$

```

DOSI=&LENGTH(OLN)
DOSI=DOSI-OTSB
$$DOSI=DOSI-10
RPL=DOSI/NSHKS
RMSHKS=(DOSI+RPL)/NSHKS

```

\$\$ СОЗДАНИЕ ПЛОСКОСТИ \$\$

```

VPLN=PLANE/PERPTO, OLN, THRU, TPT1
PLN(1)=PLANE/ PARLEL, VPLN, TPT2, OTSA
BLANK/VPLN

```

```

MASK/70
IDENT/'Укажите тело детали', TDET, RESP

```

```

PT2XRSK=POINT/-10,0,0
CSYS1=CSYS/PT2XRSK, OLN
&WCS=CSYS1

```

\$\$ СОЗДАНИЕ ПЕРВОГО СЕЧЕНИЯ \$\$

```

SECT/TDET, WITH, PLN(1), CNT, NKRS
MATRSK=MATRIX/ZXROT, 180
CSYS1=TRANSF/MATRSK, CSYS1
&WCS=CSYS1

```

\$\$ ВЫБОР ТИПА ШКС \$\$

```

TIPSHKS:CHOOSE/'Выберите тип ШКС', $
'ПОК/ОТР', $
'ПОКАЗАННАЯ ДЕТАЛЬ', DEFLT, 1, RESP
JUMP/TIPSHKS:, TIPSHKS:,,, ПОКОТР:, ПОКДЕТ:, RESP

```

\$

\$\$ ПОК И ОТП ДЕТАЛЬ \$\$

\$

POKOTR:

\$ ПЕРВОЕ СЕЧЕНИЕ \$

\$\$ ВЫБОР ЛИНИЙ РАБОЧЕГО КОНТУРА \$\$

MASK/3, 8

&WLAYER=1

SP1L1:IDENT/'Выберите первую линию первого сечения',SPL(1), RESP

JUMP/SP1L1:, ERRV:., SP1L3:., RESP

SP1L3:IDENT/'Выберите вторую линию первого сечения',SPL(3), RESP

JUMP/SP1L3:, ERRV:., PRVIB:., RESP

\$\$ ПРОВЕРКА ВЫБОРА \$\$

PRVIB:

PTRSK=POINT/INTOF, SPL(1), SPL(3)

CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PTRSK

&WCS=CSYS1

LOG:

PT(1)=POINT/ENDOF, XSMALL, SPL(1)

CRD_PR=&POINT(PT(1))

IFTHEN/CRD_PR(1)>-1

SPL(4)=SPL(1)

SPL(1)=SPL(3)

SPL(3)=SPL(4)

JUMP/LOG:

ENDIF

\$\$\$\$\$ ПОСТРОЕНИЕ КОНТУРА \$\$\$\$\$

LN(1)=LINE/PTRSK, PT(1)

PT(3)=POINT/PT(1), VECT, LN(1), YLARGE, 15

LN(5)=LINE/PT(1), PT(3)

PT(2)=POINT/ENDOF, XLARGE, SPL(3)

LN(3)=LINE/PTRSK, PT(2)

PT(4)=POINT/PT(2), VECT, LN(3), YLARGE, 15

LN(15)=LINE/PT(2), PT(4)

PT(8)=POINT/PT(4), DELTA, 35, 0, 0

PT(5)=POINT/PTRSK, DELTA, 0, -75, 0

PT(6)=POINT/PT(5), DELTA, 0, -45, 0

PT(7)=POINT/PT(5), DELTA, 200, 0, 0

LN(19)=LINE/PT(7), PT(5)

LN(17)=LINE/PT(8), PT(4)

PT(9)=POINT/PT(8), DELTA, 0, -300, 0

LN(20)=LINE/PT(9), PT(8)

\$\$ ПОСТРОЕНИЕ БО \$\$

PT(10)=POINT/INTOF, LN(19), LN(20)
 PT(11)=POINT/PT(10), DELTA, -50, 0, 0
 CR(1)=CIRCLE/CENTER, PT(11), RADIUS, 4

PT(12)=POINT/PT(6), DELTA, 200, 0, 0
 PT(13)=POINT/PT(6), DELTA, -200, 0, 0
 LN(21)=LINE/PT(12), PT(13)
 PT(14)=POINT/INTOF, LN(20), LN(21)
 LN(22)=LINE/PT(14), PT(13)

PT(23)=POINT/PT(3), POLAR, 15, 200
 LN(7)=LINE/PT(3), PT(23)

PT(24)=POINT/PT(23), DELTA, 0, -105, 0
 LN(9)=LINE/PT(23), PT(24)

PT(25)=POINT/PT(24), POLAR, 100, -45
 LN(23)=LINE/PT(24), PT(25)

PT(26)=POINT/INTOF, LN(22), LN(23)
 LN(11)=LINE/PT(26), PT(24)
 LN(13)=LINE/PT(26), PT(14)

\$\$ ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТРАЖЕНИЕ \$\$

MAT=MATRIX/MIRROR, LN(20)
 LN(2)=TRANSF/MAT, LN(1)
 LN(4)=TRANSF/MAT, LN(3)
 LN(6)=TRANSF/MAT, LN(5)
 LN(8)=TRANSF/MAT, LN(7)
 LN(10)=TRANSF/MAT, LN(9)
 LN(12)=TRANSF/MAT, LN(11)
 LN(14)=TRANSF/MAT, LN(13)
 LN(16)=TRANSF/MAT, LN(15)
 LN(18)=TRANSF/MAT, LN(17)
 CR(2)=TRANSF/MAT, CR(1)

\$\$\$\$\$\$\$\$ ПИСКИ ПЕРВОГО ШИКС \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$

\$\$ ПИСКИ РАБОЧЕГО КОНТУРА \$\$

&WLAYER=2
 RLN(6)=LINE/PT(1), PERPTO, LN(1)
 RLN(7)=LINE/PT(2), PERPTO, LN(3)

RPN(1)=POINT/PT(1), VECT, RLN(6), YSMALL, 15
 RPN(2)=POINT/PT(2), VECT, RLN(7), YSMALL, 15

RLN(1)=LINE/PT(1), RPN(1)

RLN(3)=LINE/PT(2), RPN(2)

RLN(2)=TRANSF/MAT,RLN(1)
RLN(4)=TRANSF/MAT,RLN(3)

\$\$ ОСЬ ШАБЛОНА \$\$

RPN(3)=POINT/PT(8), DELTA, 0, -35, 0
RLN(5)=LINE/PT(8), RPN(3)

CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PT(11)
&WCS=CSYS1

\$\$ СОЗДАНИЕ ТЕЛА ПЕРВОГО ШКС \$\$

&WLAYER=3
SOLEXT/LN(1..18), CR(1), CR(2), HEIGHT, 2, \$
AXIS, 0,0, -1

\$\$\$ ИНФОРМАЦИЯ ПЕРВОГО ШКС \$\$\$

\$\$ ИНФОРМАЦИЯ БО \$\$

&WLAYER=4
&CSIZE=5

PT(27)=POINT/CENTER, CR(1)
PT(28)=POINT/CENTER, CR(2)
INF(1)=LDIM/HORIZ, 50, -12, PT(27), PT(28)

INF(2)=NOTE/-10, 0, 'БО'
&COLOR(INF(2))=216
INF(3)=NOTE/110, 0, 'БО'

\$\$ ИНФОРМАЦИЯ ОСИ ШАБЛОНА \$\$

PT(29)=POINT/PT(11), DELTA, 40, 65, 0
CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PT(29)
&WCS=CSYS1
INF(9)=NOTE/0, 0, 'Ось шаблона'
MAT=MATRIX/XYROT, 90
INF(4)=TRANSF/MAT, INF(9)
CSYS1=CSYS/CSYS1, ORIGIN, PT(11)
&WCS=CSYS1
DELETE/INF(9)

DELETE/LN(19..30), PT(1..26), PT2XRSK, \$
PTYRSK, PTXRSK, RLN(6), PT(29), \$
RLN(7), RPN

\$\$ ИНФОРМАЦИЯ БАЗЫ \$\$

INF(5)=NOTE/50, -2, 'База 0'

\$\$ ИНФОРМАЦИЯ ВИДА \$\$

IFTHEN/VID==1

INF(6)=NOTE/50, 7, 'Вид против полета'

ELSE

INF(6)=NOTE/50, 7, 'Вид по полету'

ENDIF

\$\$ ИНФОРМАЦИЯ ДИСТАНЦИИ \$\$

INF(7)=NOTE/50, 17, 'Дистанция 0'

BLANK/PT(27), PT(28)

\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ СЛЕДУЮЩИЙ ШКС \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$

\$\$ ВЫБОР ЛИНИЙ РАБОЧЕГО КОНТУРА \$\$

SSECH=1

DISTB=0

PLON:IFTHEN/SSECH<>NSHKS

DISTK=DISTF(PTRSK, OLN)

SSECH=SSECH+1

PLN(1)=PLANE/PARLEL, PLN(1), TPT2, RMSHKS

ORG(1..10)=SECT/TDET, WITH, PLN(1), CNT, NKRS

LLL=1

KKK=1

ST1EP1:IFTHEN/KKK<=NKRS

ANLSIS/ARCLLEN, ORG(KKK), MMETER, MMM

IFTHEN/MMM>=8

MASS(LLL)=ORG(KKK)

KKK=KKK+1

LLL=LLL+1

JUMP/ST1EP1:

ELSE

KKK=KKK+1

JUMP/ST1EP1:

ENDIF

ENDIF

NNN=1

PT(22)=POINT/ENDOF, XLARGE, MASS(1)

CRD_N=&POINT(PT(22))

AS1SA:

NNN=NNN+1

IFTHEN/NNN<=4

PT(23)=POINT/ENDOF, XLARGE, MASS(NNN)

CRD_PR=&POINT(PT(23))

IFTHEN/CRD_N(2)>CRD_PR(2)

SPL(1)=MASS(NNN)

- 1.1.1.1.3.02. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.3.03. Шаблон с 1й полкой с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.3.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.03. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.3.04. Шаблон с 2мя полками без отверстий.
 - 1.1.1.1.3.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.04. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.3.05. Шаблон с 2мя полками с отв. НО.
 - 1.1.1.1.3.05. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.05. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.3.06. Шаблон с 2мя полками с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.3.06. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.06. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.3.07. Шаблон с 3мя полками без отверстий.
 - 1.1.1.1.3.07. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.07. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.3.08. Шаблон с 3мя полками с отв. НО.
 - 1.1.1.1.3.08. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.08. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.1.09. Шаблон с 3мя полками с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.3.09. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.09. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.1.4. Деталь из Z-образного профиля;
 - 1.1.1.1.1.4.01. Шаблон с 1й полкой без отверстий.
 - 1.1.1.1.1.4.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.1.4.02. Шаблон с 1й полкой с отв. НО.
 - 1.1.1.1.1.4.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.1.4.03. Шаблон с 1й полкой с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.1.4.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.03. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.1.4.04. Шаблон с 2мя полками без отверстий.
 - 1.1.1.1.1.4.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.04. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.1.4.05. Шаблон с 2мя полками с отв. НО.
 - 1.1.1.1.1.4.05. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.05. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.1.4.06. Шаблон с 2мя полками с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.1.4.06. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.06. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.1.4.07. Шаблон с 3мя полками без отверстий.
 - 1.1.1.1.1.4.07.0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.07.1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.1.4.08. Шаблон с 3мя полками с отв. НО.
 - 1.1.1.1.1.4.08.0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.08.1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.1.4.09. Шаблон с 3мя полками с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.1.4.09. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.1.4.09. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.1.5. Деталь из швеллера;
 - 1.1.1.1.1.5.01. Шаблон с 1й полкой без отверстий.

- 1.1.1.1.5.01. 0000. Без добавка.
- 1.1.1.1.5.01. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5.02. Шаблон с 1й полкой с отв. НО.
 - 1.1.1.1.5.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.5.02. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5.03. Шаблон с 1й полкой с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.5.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.5.03. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5.04. Шаблон с 2мя полками без отверстий.
 - 1.1.1.1.5.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.5.04. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5.05. Шаблон с 2мя полками с отв. НО.
 - 1.1.1.1.5.05. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.5.05. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5.06. Шаблон с 2мя полками с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.5.06. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.5.06. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5.07. Шаблон с 3мя полками без отверстий.
 - 1.1.1.1.5.07. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.5.07. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5.08. Шаблон с 3мя полками с отв. НО.
 - 1.1.1.1.5.08. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.5.08. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5.09. Шаблон с 3мя полками с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.1.5.09. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.5.09. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.2 ШР;
 - 1.1.1.1.2.1. Плоская деталь;
 - 1.1.1.1.2.1.01. Шаблон без отверстий;
 - 1.1.1.1.2.1.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.1.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.1.02. Шаблон с отв. НО;
 - 1.1.1.1.2.1.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.1.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.1.03. Шаблон с отв. СО;
 - 1.1.1.1.2.1.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.1.03. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.1.04. Шаблон с отв. СО и НО;
 - 1.1.1.1.2.1.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.1.04. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.2. Глухая отбортовка (рифт);
 - 1.1.1.1.2.2.01. Шаблон без отверстий;
 - 1.1.1.1.2.2.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.2.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.2.02. Шаблон с отв. НО;
 - 1.1.1.1.2.2.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.2.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.2.03. Шаблон с отв. СО;
 - 1.1.1.1.2.2.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.2.03. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.2.04. Шаблон с отв. СО и НО;
 - 1.1.1.1.2.2.04. 0000. Без добавка.

- 1.1.1.1.2.2.04. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.2.3. Деталь с N-м количеством бортов;
 - 1.1.1.1.2.3.01. Шаблон без отверстий;
 - 1.1.1.1.2.3.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.3.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.3.02. Шаблон с отв. НО;
 - 1.1.1.1.2.3.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.3.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.3.03. Шаблон с отв. СО;
 - 1.1.1.1.2.3.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.3.03. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.3.04. Шаблон с отв. СО и НО;
 - 1.1.1.1.2.3.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.3.04. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.2.4. Деталь на вытяжку;
 - 1.1.1.1.2.4.01. Шаблон без отверстий;
 - 1.1.1.1.2.4.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.4.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.4.02. Шаблон с отв. НО;
 - 1.1.1.1.2.4.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.4.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.4.03. Шаблон с отв. СО;
 - 1.1.1.1.2.4.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.4.03. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.4.04. Шаблон с отв. СО и НО;
 - 1.1.1.1.2.4.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.4.04. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.2.5. Гнутая деталь;
 - 1.1.1.1.2.5.01. Шаблон без отверстий;
 - 1.1.1.1.2.5.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.5.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.5.02. Шаблон с отв. НО;
 - 1.1.1.1.2.5.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.5.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.5.03. Шаблон с отв. СО;
 - 1.1.1.1.2.5.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.5.03. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.5.04. Шаблон с отв. СО и НО;
 - 1.1.1.1.2.5.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.5.04. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.2.6. Смешанный тип;
 - 1.1.1.1.2.6.01. Шаблон без отверстий;
 - 1.1.1.1.2.6.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.6.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.6.02. Шаблон с отв. НО;
 - 1.1.1.1.2.6.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.6.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.6.03. Шаблон с отв. СО;
 - 1.1.1.1.2.6.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.6.3. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.6.04. Шаблон с отв. СО и НО;
 - 1.1.1.1.2.6.04. 0000. Без добавка.

- 1.1.1.1.2.6.04. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.2.7. Замкнутый контур (борта со всех сторон);
 - 1.1.1.1.2.7.01. Шаблон без отверстий;
 - 1.1.1.1.2.7.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.7.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.7.02. Шаблон с отв. НО;
 - 1.1.1.1.2.7.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.7.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.7.03. Шаблон с отв. СО;
 - 1.1.1.1.2.1.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.1.03. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.2.7.04. Шаблон с отв. СО и НО;
 - 1.1.1.1.2.1.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.2.1.04. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.3 ШЗ;
 - 1.1.1.1.3.1. Плоская деталь;
 - 1.1.1.1.3.1.00. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.1.00. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.1.3.2. Глухая отбортовка (рифт);
 - 1.1.1.1.3.2.00. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.3.2.00. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.4 ШК;
 - 1.1.1.1.4.0.00. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.4.0.00. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.5 ШРТ;
 - 1.1.1.1.4.0.00. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.1.4.0.00. 1000. С добавком.
- 1.1.1.1.6 ШГ;
- 1.1.1.2. Составной.
 - 1.1.1.2.1 ШОК;
 - 1.1.1.2.1.1. Деталь из углового профиля;
 - 1.1.1.2.1.1.01. Шаблон с 1й полкой без отверстий.
 - 1.1.1.2.1.1.01. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.2.1.1.01. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.2.1.1.02. Шаблон с 1й полкой с отв. НО.
 - 1.1.1.2.1.1.02. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.2.1.1.02. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.2.1.1.03. Шаблон с 1й полкой с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.2.1.1.03. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.2.1.1.03. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.2.1.1.04. Шаблон с 2мя полками без отверстий.
 - 1.1.1.2.1.1.04. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.2.1.1.04. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.2.1.1.05. Шаблон с 2мя полками с отв. НО.
 - 1.1.1.2.1.1.05. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.2.1.1.05. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.2.1.1.06. Шаблон с 2мя полками с отв. НО и СО.
 - 1.1.1.2.1.1.06. 0000. Без добавка.
 - 1.1.1.2.1.1.06. 1000. С добавком.
 - 1.1.1.2.1.2. Деталь из таврового профиля;
 - 1.1.1.2.1.2.01. Шаблон с 1й полкой без отверстий.
 - 1.1.1.2.1.2.01. 0000. Без добавка.

Приложение 7

Представление потока работ многономенклатурного
машиностроительного предприятия

$$\mathbf{R}^{KTP} = \mathbf{R}_{Z_1}^K \cup \mathbf{R}_{Z_2}^{TO} \cup \mathbf{R}_{Z_3}^{TC}, \quad (2.11)$$

где

$\mathbf{R}_{Z_1}^K$ – конструкторская деятельность;

$\mathbf{R}_{Z_2}^{TO}$ – деятельность по освоению новых и модернизируемых средств технологического оснащения в авиационном производстве;

$\mathbf{R}_{Z_3}^{TC}$ – деятельность по обеспечению высоких технико-экономических показателей авиационных изделий.

Деятельность по освоению новых и модернизируемых средств технологического оснащения в авиационном производстве $\mathbf{R}_{Z_2}^{TO}$ представляет следующее множество

$$\mathbf{R}_{Z_2}^{TO} = \{ \mathbf{Z}_m^{TP}; \mathbf{Z}_m^{TC}; \mathbf{Z}_m^{O\Phi}; \mathbf{Z}_m^{Y\Pi} \}, \quad (2.12)$$

где

\mathbf{Z}_m^{TP} – обеспечение производства комплектом технологических процессов;

\mathbf{Z}_m^{TC} – обеспечение производства средствами технологического оснащения;

$\mathbf{Z}_m^{O\Phi}$ – создание необходимых организационных форм производства;

$\mathbf{Z}_m^{Y\Pi}$ – управление технологической подготовкой производства;

m – количество задач.

Каждое множество задач объединяет совокупности работ.

$$\mathbf{Z}_m^{TP} = \mathbf{P}^{tk} \cup \mathbf{P}^{tp} \cup \mathbf{P}^{mn} \cup \mathbf{P}^{tn} \cup \mathbf{P}^{yp}, \quad (2.13)$$

где

\mathbf{P}^{tk} – отработка конструкции изделия на технологичность,

$$P^{tk} = \{P_i^{tk} | i = 1, 2, \dots, n\};$$

$$P^{tp} - \text{разработка технологических процессов, } P^{tp} = \{P_i^{tp} | i = 1, 2, \dots, n\};$$

$$P^{mn} - \text{разработка материальных нормативов, } P^{mn} = \{P_i^{mn} | i = 1, 2, \dots, n\};$$

$$P^{tn} - \text{разработка трудовых нормативов, } P^{tn} = \{P_i^{tn} | i = 1, 2, \dots, n\};$$

$$P^{yp} - \text{разработка управляющих программ для станков с ЧПУ,}$$

$$P^{yp} = \{P_i^{yp} | i = 1, 2, \dots, n\}.$$

$$Z_m^{TC} = P^{tz} \cup P^{do} \cup P^{to} \cup P^{vo}, \quad (2.14)$$

где

P^{tz} – разработка технологических заданий на средства технологического оснащения, $P^{tz} = \{P_i^{tz} | i = 1, 2, \dots, n\};$

$$P^{do} - \text{КД на средства ТО, } P^{do} = \{P_i^{do} | i = 1, 2, \dots, n\}.$$

P^{to} – разработка технологических процессов на изготовление средств ТО, $P^{to} = \{P_i^{to} | i = 1, 2, \dots, n\};$

$$P^{vo} - \text{наладка и внедрение средств ТО, где } P^{vo} = \{P_i^{vo} | i = 1, 2, \dots, n\}.$$

$$Z_m^{O\Phi} = P^{rm} \cup P^{rp} \cup P^{zo}, \quad (2.15)$$

где

$$P^{rm} - \text{расчет производственных мощностей, } P^{rm} = \{P_i^{rm} | i = 1, 2, \dots, n\};$$

$$P^{rp} - \text{разработка технологических планировок, } P^{rp} = \{P_i^{rp} | i = 1, 2, \dots, n\};$$

$$P^{zo} - \text{расчет загрузки оборудования, } P^{zo} = \{P_i^{zo} | i = 1, 2, \dots, n\}.$$

$$Z_m^{y\Pi} = P^{nr} \cup P^{prt} \cup P^{prk} \cup P^{kr}, \quad (2.16)$$

где

$$P^{nr} - \text{нормирование технологических работ, } P^{nr} = \{P_i^{nr} | i = 1, 2, \dots, n\};$$

P^{prt} – планирование работ по технологической подготовке производства новых изделий, $P^{prt} = \{P_i^{prt} | i = 1, 2, \dots, n\};$

P^{prk} – планирование работ по конструкторским изменениям, $P^{prk} = \{P_i^{prk} | i = 1, 2, \dots, n\};$

$$P^{kr} - \text{контроль и регулирование работ, } P^{kr} = \{P_i^{kr} | i = 1, 2, \dots, n\};$$

i – количество технологических решений;

n – количество планово-учетных единиц аппаратного обеспечения системы.

Деятельность по обеспечению высоких технико-экономических показателей серийных изделий $R_{Z_3}^{TC}$ представляет следующее множество:

$$R_{Z_3}^{TC} = \{ Z_m^{TH}; Z_m^{CTП}; Z_m^{CTO}; Z_m^{COФ}; Z_m^{CY} \}, \quad (2.17)$$

где

Z_m^{TH} – повышение уровня технологичности изделий, находящихся в серийном производстве;

$Z_m^{CTП}$ – совершенствование технологических процессов;

Z_m^{CTO} – совершенствование средств технологического оснащения;

$Z_m^{COФ}$ – совершенствование организационных форм;

Z_m^{CY} – совершенствование управления ТПП.

Каждое множество задач обеспечения технико-экономических показателей объединяет совокупности работ.

$$Z_m^{TH} = P^{sp} \cup P^{pp} \cup P^{at} \cup P^{rm}, \quad (2.18)$$

где

P^{sp} – выборка системы показателей технологичности,

$$P^{sp} = \{ P_l^{sp} | l = 1, 2, \dots, j \};$$

P^{pp} – расчет показателей технологичности, где $P^{pp} = \{ P_l^{pp} | l = 1, 2, \dots, j \};$

P^{at} – анализ технологичности конструкции, $P^{at} = \{ P_l^{at} | l = 1, 2, \dots, j \};$

P^{rm} – разработка и внедрение мероприятий по повышению технологичности конструкции изделия, $P^{rm} = \{ P_l^{rm} | l = 1, 2, \dots, j \}.$

$$Z_m^{CTП} = P^{tp} \cup P^{vpt} \cup P^{td} \cup P^{nr}, \quad (2.19)$$

где

P^{tp} – разработка и внедрение типовых и групповых технологических процессов, $P^{tp} = \{ P_l^{tp} | l = 1, 2, \dots, j \};$

P^{vpt} – внедрение прогрессивных технологий, $P^{vpt} = \{ P_l^{vpt} | l = 1, 2, \dots, j \};$

P^{td} – контроль за соблюдением технологической дисциплины, $P^{td} = \{ P_l^{td} | l = 1, 2, \dots, j \};$

P^{nr} – проведение научно-исследовательских и экспериментальных работ в области совершенствования технологических процессов, где $P^{nr} = \{ P_l^{nr} | l = 1, 2, \dots, j \}.$

$$Z_m^{CTO} = P^{yo} \cup P^{cyo} \cup P^{os} \cup P^{am} \cup P^{mp} \cup P^{nro}, \quad (2.20)$$

где

P^{yo} – унификация средств технологического оснащения,

$$P^{yo} = \{ P_l^{yo} | l = 1, 2, \dots, j \};$$

P^{cyo} – внедрение систем универсальной сборной и переналаживаемой оснастки, где $P^{cyo} = \{P_l^{cyo} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

P^{os} – внедрение станков с ЧПУ, $P^{os} = \{P_l^{os} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

P^{am} – внедрение автоматических манипуляторов и роботов, $P^{am} = \{P_l^{am} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

P^{mp} – повышение уровня механизации производства, $P^{mp} = \{P_l^{mp} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

P^{nro} – проведение научно-исследовательских работ в области совершенствования средств технологической оснастки, $P^{nro} = \{P_l^{nro} | l = 1, 2, \dots, j\}$.

$$Z_m^{CO\Phi} = P^{gm} \cup P^{ay}, \quad (2.21)$$

где

P^{gm} – внедрение групповых методов обработки, $P^{gm} = \{P_l^{gm} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

P^{ay} – организация автоматизированных и комплексно-автоматизированных участков, цехов и производств, где $P^{ay} = \{P_l^{ay} | l = 1, 2, \dots, j\}$.

$$Z_m^{CY} = P^{at} \cup P^{aso} \cup P^{atp} \cup P^{ayt}, \quad (2.22)$$

где

P^{at} – создание автоматизированной системы проектирования технологических процессов, $P^{at} = \{P_l^{at} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

P^{aso} – создание автоматизированной системы средств технологического оснащения, $P^{aso} = \{P_l^{aso} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

P^{atp} – создание автоматизированной системы технологической подготовки производства, $P^{atp} = \{P_l^{atp} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

P^{ayt} – создание автоматизированной системы управления технологическими процессами, $P^{ayt} = \{P_l^{ayt} | l = 1, 2, \dots, j\}$;

j – количество мероприятий по совершенствованию ТПП;

l – уровень детализации технологических работ в соответствии с единой системой технологической документации.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора по
управлению программами ОАО «Ил»

С.Н. Артюхов

2015 г.



А К Т

о внедрении результатов диссертационной работы
ГРИШИНА МАКСИМА ВЯЧЕСЛАВОВИЧА,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук

Диссертационная работа Гришина Максима Вячеславовича на тему: «Средства онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки в условиях авиационных производств» была выполнена в рамках выпуска изделий авиационной техники гражданского и двойного назначения.

Результаты теоретических исследований, практических экспериментов, научно-технических разработок были использованы при проектировании и изготовлении технологической оснастки в рамках технологической подготовки производства.

Главный технолог ОАО «Ил» Подтыльный А. В. составил настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы аспиранта Ульяновского государственного технического университета Гришина М.В., использованы при производстве таких воздушных судов как Ил-76МД-90А, Ил-78МД, а в перспективе Ил-112, Ил-114-100 и ПТС «Ермак», разрабатываемых ОАО «ОКБ «Ил», а именно:

- онтология проектирования прецедентно-ориентированной модели предметной области разработки шаблонной оснастки;
- интерактивная классификация шаблонной оснастки;
- методики онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки с учетом контролируемого накопления опыта разработок шаблонов в форме моделей прецедентов;
- программные модуля отвечающие за формирование 3-D модели шаблона, разработанные как надстройка системы UG NX на основе языка графического моделирования (GRIP).

Разработанные Гришиным М. В. технические решения позволили создать комплекс средств онтологической поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки. Внедрение данного комплекса обеспечило улучшение характеристик технологической подготовки производства, а именно:

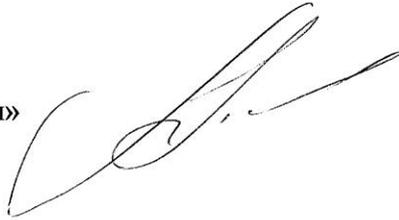
1. Применение методов классификации и систематизации по отношению к имеющимся типам шаблонов позволило сократить металлоемкость изготовления шаблонной оснастки на 25% в среднем.

2. Моделирование шаблонов на основе применения онтологий, прецедентных моделей и языка псевдокодированного моделирования позволяет сократить производственный цикл в среднем на 20 %.

3. Приложения GRIP, реализующие проектирование шаблонов в рамках САПР «UG NX», позволяют сократить время проектирования в 1,5-2 раза.

Применение предложенных в работе принципов, методик и базовых алгоритмических решений при совершенствовании процесса проектирования шаблонной оснастки приносит значительные положительные эффекты в технологическую подготовку производства авиационных предприятий.

Главный технолог ОАО «Ил»



А. В. Подтыльный