

УДК 658.512:004

ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШАБЛОННОЙ ОСНАСТКИ В АВИАЦИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

М.В. Гришин¹, С.Н. Ларин², П.И. Соснин³

¹Ульяновское конструкторское бюро приборостроения, Ульяновск, Россия
likani7@mail.ru

²Научно-производственное объединение «МАРС», Ульяновск, Россия
larinmars@rambler.ru

³Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия
sosnin@ulstu.ru

Аннотация

Целью данной работы является совершенствование процессов проектирования шаблонной оснастки в условиях авиационных производств за счёт разработки средств онтологической поддержки. В статье в состав инструментально-технологических средств проектирования 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, которые проводились с семантическими моделями шаблонов и моделями программ числового программного управления, использующихся в их производстве. Для проведения экспериментов, создания онтологии и средств онтологического сопровождения предложено использовать вопросно-ответную моделирующую среду WIQA, средства которой были адаптированы к инструментальной поддержке жизненного цикла шаблонов.

Ключевые слова: онтология проектирования, классификатор, воздушное судно, шаблонная оснастка, WIQA.

Цитирование: Гришин М.В. Онтология проектирования шаблонной оснастки в авиационном производстве / М.В. Гришин, С.Н. Ларин, П.И. Соснин // Онтология проектирования. – 2016. – Т.6, №1(19). – С. 7-28. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-7-28.

Введение

За последние семьдесят лет развития отечественной авиационной отрасли в области технологической подготовки производства (ТПП) предприятий-изготовителей воздушных судов накопился немалый запас знаний в части проектирования и изготовления технологической оснастки (ТО), служащей для изготовления различной номенклатуры деталей.

В процессе ТПП новых изделий трудоёмкость проектирования и изготовления ТО (шаблоны, форм-блоки, контрольно-доводочные плазы, штампы и т.д.) может достигать в среднем до 50% от общей стоимости одного или нескольких образцов изделия.

Учитывая важность ТО для подготовки производства новых наукоемких изделий, на отечественных авиационных предприятиях к знаниям и опыту относятся как к исключительно полезным ресурсам. Большая часть информации, вложенной в такие ресурсы, представлена в виде электронных моделей деталей (ЭМД), электронных чертежей, технологических процессов, а также текстах различных регламентов, стандартов предприятия, технологических инструкций, ГОСТ, ОСТ и т.п.

Всё это аккумулировалось в течение долгого времени, прошло апробацию и согласование на практике. Как следствие, для подобных больших объёмов разнородных инженерных знаний возникает потребность в переработке для подтверждения необходимости использования одних и отказа от других знаний, оказавшихся устаревшими. При этом естественно использовать известные методы систематизации и классификации, переработки и сохранения, а также принципы повторного использования.

В тоже время, проектирование ТО – это творческий процесс, состоящий из набора событий и связанных с ним состояний и действий пользователя. В рамках этих событий происходит логическое развитие конструкции от технического задания или условий поставки, до готового решения в виде электронной модели оснастки и далее вплоть до изготовления ТО «в металле» [1]. Здесь также следует отметить тот факт, что для изготовления одной детали требуется несколько единиц ТО, обслуживающих различные этапы жизненного цикла конструкций. Важно и то, что перенос знаний в компьютерную среду, как правило, изменяет характер деятельности лиц, вовлечённых в процесс проектирования, по сравнению с профессиональной активностью в рамках твердотельных систем автоматизированного проектирования (САПР), так как компьютеризованные знания оказываются необходимыми и используются в различных и разнообразных «точках» производственного процесса.

В статье с ориентацией на проектирование шаблонной оснастки *авиационных деталей* предлагается унифицированная версия систематизации знаний, в основу которых положена онтология проектирования, реализованная в инструментальной моделирующей среде WIQA (Working In Questions and Answers) [2]. К специфике этого инструментария относится возможность нормативного отображения освоенного опыта проектирования на специализированную семантическую память. В число этих норм включены унифицированные модели понятий и модели прецедентов (деятельностных единиц повторного использования), что определило решение применить онтологическую систематизацию для интеграции знаний.

Предлагаемая версия онтологической систематизации доведена до практического применения как на этапах формирования и развития онтологии, так и на этапах использования шаблонов в изготовлении деталей, их контроле и взаимоувязке, причём в контексте сокращения времени и повышения качества проектирования ТО на основе повторного использования накопленных знаний и опыта.

1 Онтология как средство поддержки процессов проектирования

Реальность такова, что на современных российских машиностроительных предприятиях онтологические формы представления опыта и знаний практически не применяются, однако анализ ряда работ отечественных учёных в этом направлении говорит о положительной динамике интеграции прикладных онтологий как в производственный цикл изделий, так и в информационные системы предприятий. Одним из основных факторов, способствующих продвижению этой области, является то обстоятельство, что на предприятиях авиационной отрасли имеется острая нехватка инженеров среднего возраста. Возрастной разрыв специалистов инженерно-технического состава составляет от двадцати до двадцати пяти лет, и в тоже время старшее поколение покидает стены завода, унося колоссальный запас опыта и знаний с собой. Следует отметить, что особо опасна потеря опыта проектирования.

Другим принципиальным фактором внедрения онтологий в производственные процессы является их расширяющаяся информатизация, которая требует особого контроля интеграции этих процессов в единое и согласованное целое. На более детальных уровнях онтологическое сопровождение способствует повышению степени автоматизации действий специалистов в их коллективной и персональной деятельности, особенно там, где профессиональная дея-

тельность носит творческий характер. В первую очередь это относится к рабочим местам специалистов, которые вовлечены в проектную деятельность, для концептуальной систематизации которой оказываются полезными онтологии проектирования.

Под онтологией проектирования понимается формализованное описание знаний *субъектов проектирования о процессе проектирования* новых или модернизаций уже известных *артефактов*, включая знания о самом *объекте проектирования* и близких к нему по свойствам *артефактов*, а также *тезаурус* предметной области [3] (рисунок 1).

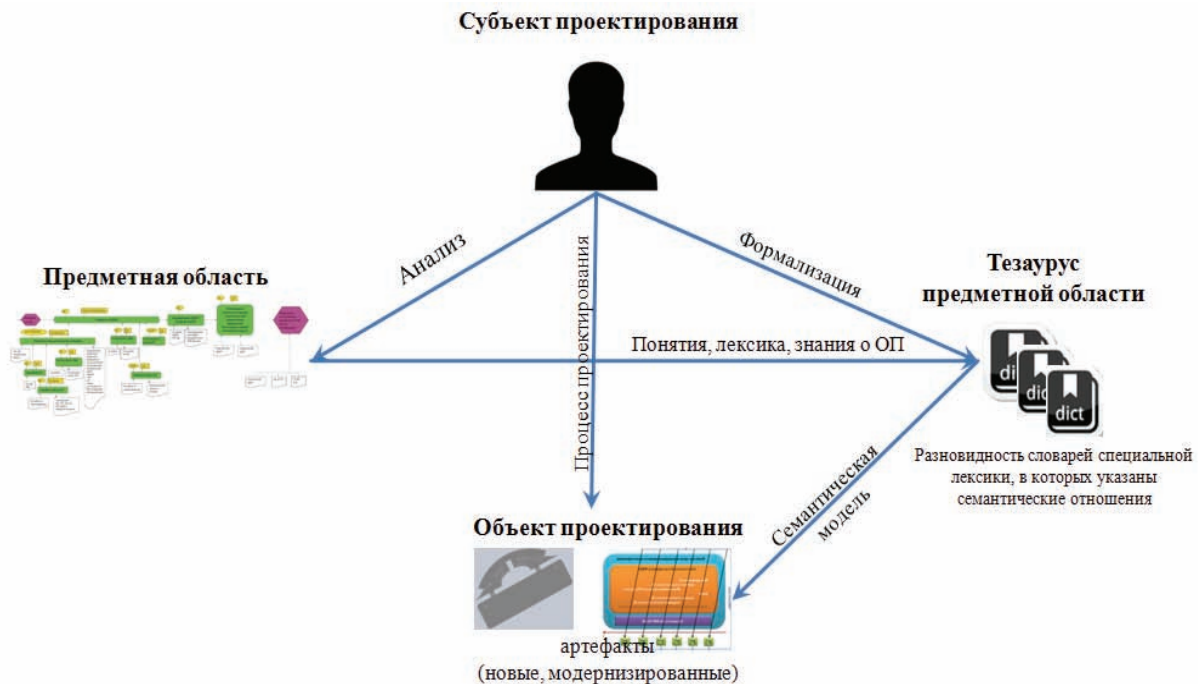


Рисунок 1 – Представление структурной схемы онтологии проектирования

Как видно из рисунка 1, онтология проектирования позволяет шире и детальнее представить процесс проектирования (в рассматриваемом случае шаблонной оснастки), оперируя понятиями и знаниями предметной области. Она позволяет не только сохранять и аккумулировать опыт, но также и экспериментировать с моделями шаблонов, создавая принципиально новые проектные решения и оценивать их «удачность» и «рациональность» применительно к производственным технологическим процессам. В качестве примера на рисунке 2 представлен вариант нового проектного решения, полученного в ходе экспериментов с проектной онтологией, рабочее название которому можно дать как *комбинированный шаблон* или *комбинированный шаблон обрезки и кондуктор* (ШОК). Следует отметить, что согласно [4] каждый тип шаблона независим сам по себе и их позиционирование друг относительно друга осуществляется либо по технологическим рискам, либо по базовым отверстиям (БО). Минусами такого подхода является то, что если проектировщиком будет допущена ошибка хотя бы в 2 мм, конечная деталь может получиться бракованной, а в случае, представленном на рисунке 2, введены дополнительные конструктивные элементы – шпильки, фиксирующиеся посредством шпилечных отверстий (ШО). В этом случае достигается достаточное базирование между ШОК (верхний), который контролирует выштамповку детали, и ШОК (нижний), служащим для контроля нижнего контура и его обрезки по шаблону.

Достоинством онтологического подхода является то, что ранние этапы проектирования осуществляются с активным применением естественно-профессионального языка, включа-

ющего специализированные термины, способствующие унификации понимания в порождаемых текстах и используемых рассуждениях.

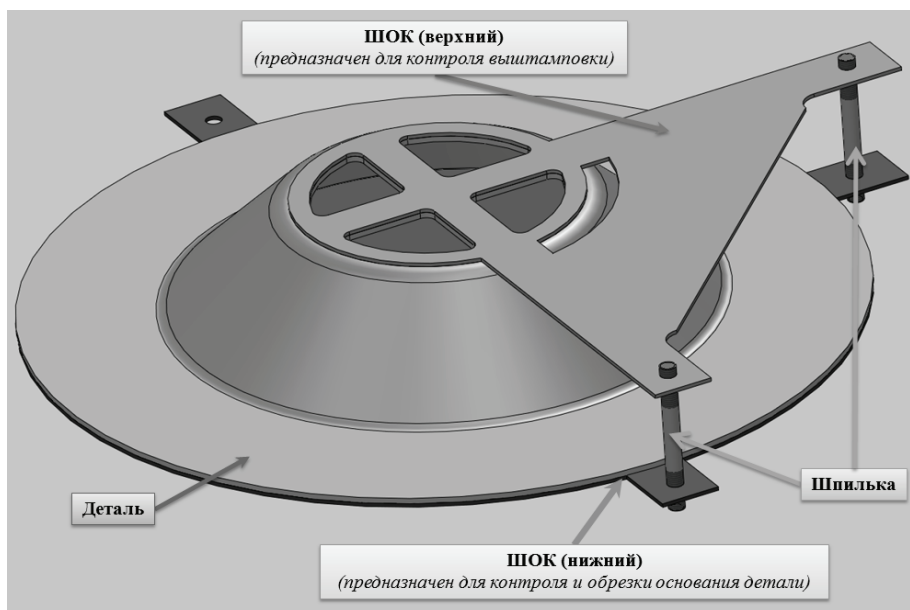


Рисунок 2 – Пример нового проектного решения «Комбинированный шаблон обрезки и кондуктор»

2 Применение проектной онтологии к жизненному циклу шаблонов в условиях авиационного предприятия

Несмотря на то, что на данный момент использование плазов в машиностроительном производстве практически сведено к нулю, а ЭМД используется как первоисточник информации для получения моделей и электронных документов системы бесплазовой подготовки производства, значительную часть шаблонов всё равно придётся делать (бесплазовое — не значит бесшаблонное), поскольку изготовление и контроль элементов конструкции на первых порах осуществляется по традиционной технологии. Отказ от шаблонов возможен только после переоснащения всех этапов производства (включая сборку) новым поколением программно-управляемого оборудования [5]. Более того, изготовление части деталей, особенно профилей жёсткости, стрингеров, лонжеронов, (составляющей до 40% номенклатуры изделий) экономически целесообразнее делать по традиционной технологии, нежели на станках с числовым программным управлением (ЧПУ).

Поэтому на сегодняшний день в авиастроительном производстве для изготовления, контроля и сборки деталей фюзеляжа, крыльев и элерона, включая детали их обшивки, широко используется шаблонное оснащение, в состав которого входят десятки тысяч шаблонов разной степени сложности и назначения. Этот факт обусловлен такими особенностями деталей названного класса, как сложность их геометрических форм, малая жёсткость, большие габариты, высокие требования точности изготовления и точности сопряжения. Кроме того, для увязки деталей, входящих в каждое плоское сечение конструкции самолёта, необходима система жёстких носителей, фиксирующих контуры внутренних деталей, входящих в состав данного сечения. Например, большие по величине детали приходится увязывать на листовых металлических контрольно-контурных шаблонах (ККШ). Отмеченные особенности неявно и обобщенно отражены на рисунке 3, на котором приведён и обозначен ряд шаблонов.

Исходя из сказанного, можно считать, что 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 наносятся различная надписи: название шаблона, шифр и номер чертежа изделия, марка и толщина материала и др.

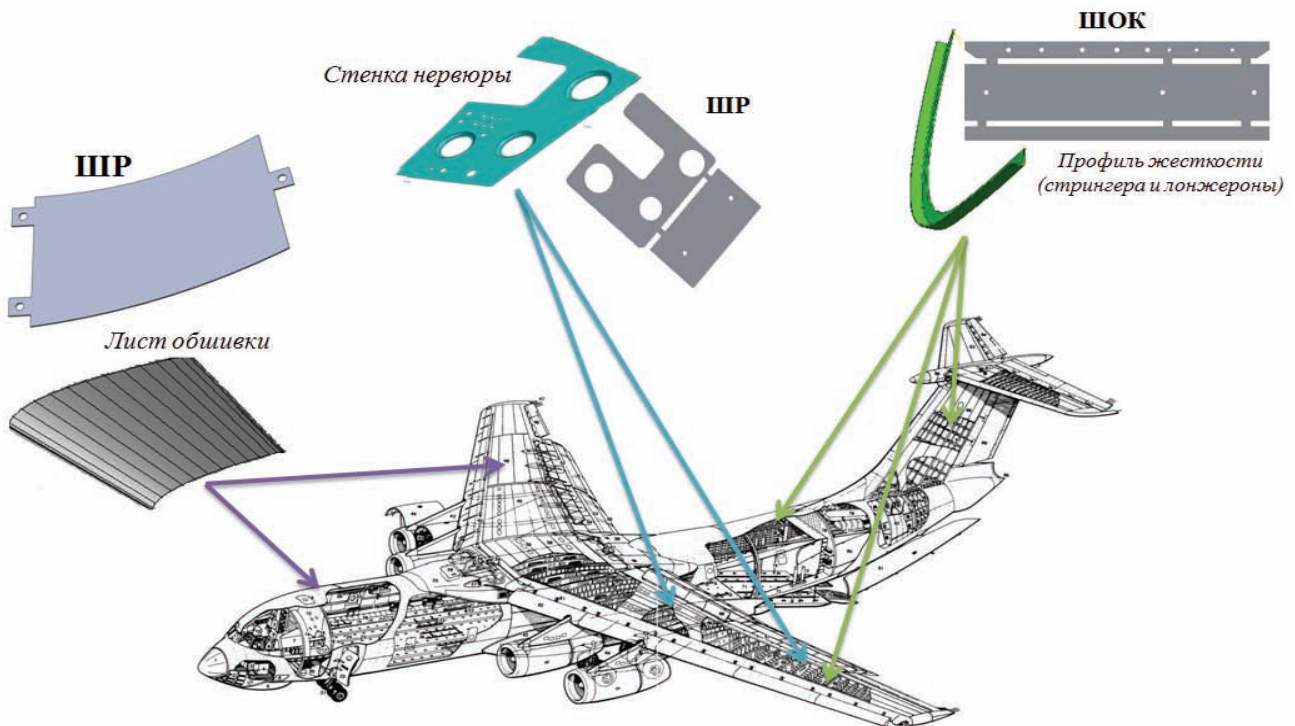
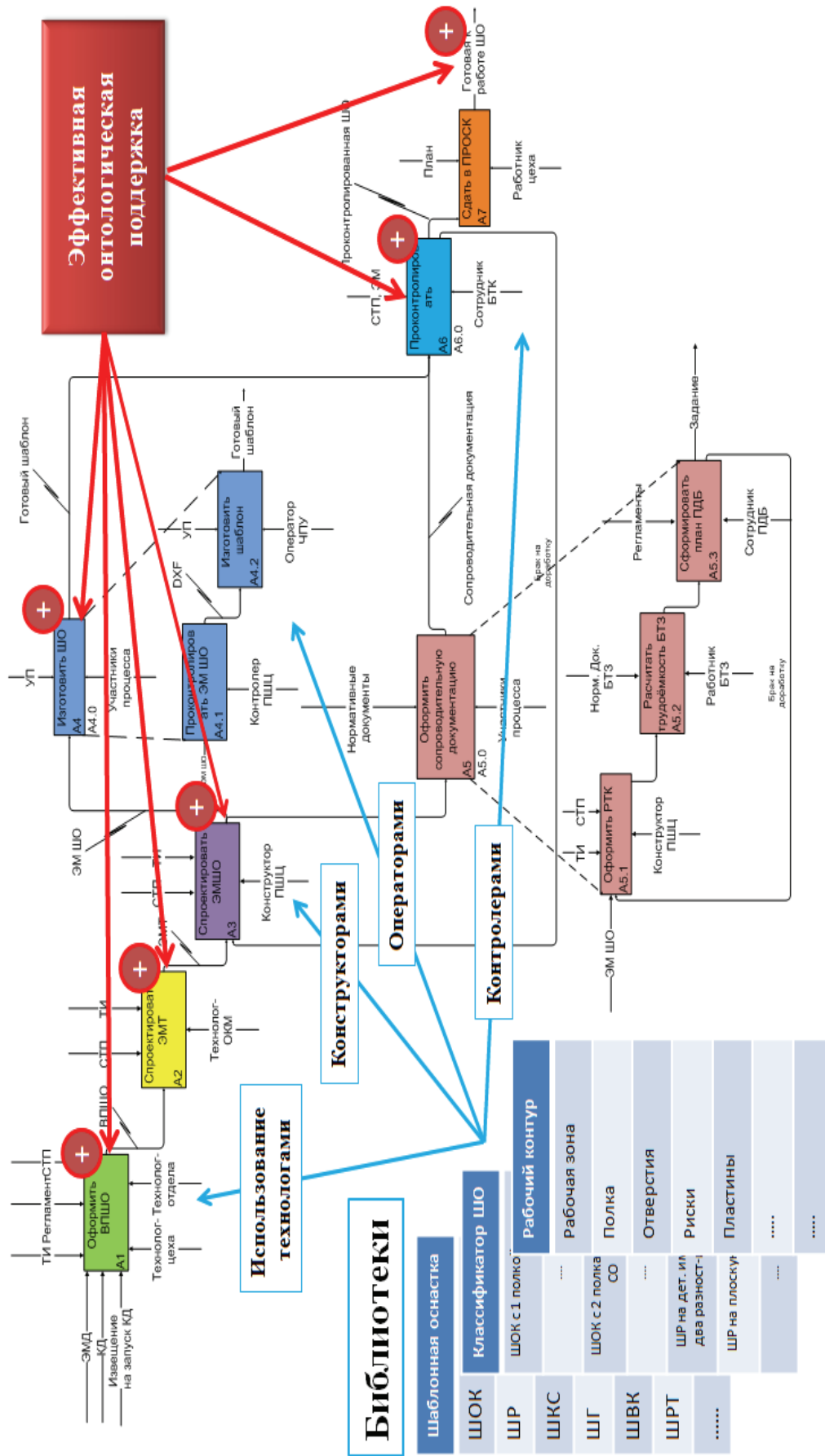


Рисунок 3 – Схема взаимосвязей деталей и шаблонов на примере Ил-76МД-90А

Геометрия любого конфигурируемого шаблона сложнее геометрии детали, для работы с которой он создан. Выбор и реализация той части структуры шаблона, которая дополняет включённую в шаблон форму (и размеры) определённого сечения детали, выводит на ряд проектных задач, допускающих альтернативные решения, причём на разных этапах жизненных циклов деталей и соответствующих им шаблонов. Такую особенность учитывает совокупность представленных средств структурного проектирования шаблонов. Схема комплексирования таких средств (в контексте жизненного цикла шаблона) приведена на рисунке 4.

При переходе к производству нового самолета шаблонную оснастку приходится создавать заново, используя освоенные шаблоны, модифицируя их, и разрабатывая новые. Такое положение дел указывает на целесообразность включения экспериментов (не с шаблонами, а с их моделями) в жизненный цикл проектирования шаблонов.

Для обеспечения онтологической поддержки процесса, любой шаблон представляется моделью прецедентного типа, в которой нормативно накапливается и интегрируется в единое целое то, что в проектировании шаблона будет полезным и удобным для повторного использования такой модели. Центральное место в ней занимает нормативная структура, составляющие которой заполняются предметным образом, а информационное содержание извлекается и оперативно используется в процессе проектирования соответствующего шаблона [6]. Для рационализации жизненного цикла шаблона действия по проектированию шаблона должны осуществляться в соответствии со стандартом [4]. Отличие лишь в том, что все эти действия выполняются под управлением (псевдокодовых) программ действий проектировщика в среде WIQA, причём отображения детали и исходной версии шаблона исполняют роль входных данных для осуществления действий непосредственно в моделирующей среде.



ВПШО – ведомость плазово-шаблонной оснастки; ЭМТ – электронная технологическая модель; ЭМ ШО – электронная модель шаблонной оснастки; ШР – шаблон развертки; ШКС – шаблон контура сечения; ШГ – шаблон гибки; ШВК – шаблон внутреннего контура; ШРТ – шаблон размерного травления; РТК – расчётно-технологическая карта; БТЗ – бюро труда и заработной платы; ПДБ – планово-диспетчерское бюро; ПРОСК – промежуточный склад; ПШЦ – плазово-шаблонный цех.

Рисунок 4 – Схема комплексов средств структурного проектирования шаблонов

2.1 Обзор редакторов онтологий

Онтологии как форма представления знаний используются в программировании. Наиболее широкое применение они нашли в построении семантической паутины, системах искусственного интеллекта, экспертных системах (в частности, медицинских) и прочих областях, где знаниями оперируют в близких онтологиям формате.

Количество общедоступных редакторов онтологий уже давно превысило 100. Широко используются, например, редакторы онтологий: Ontolingua, Protege, Magenta, OntoSaurus, OntoEdit, WebODE и др. (рисунок 5) [3].

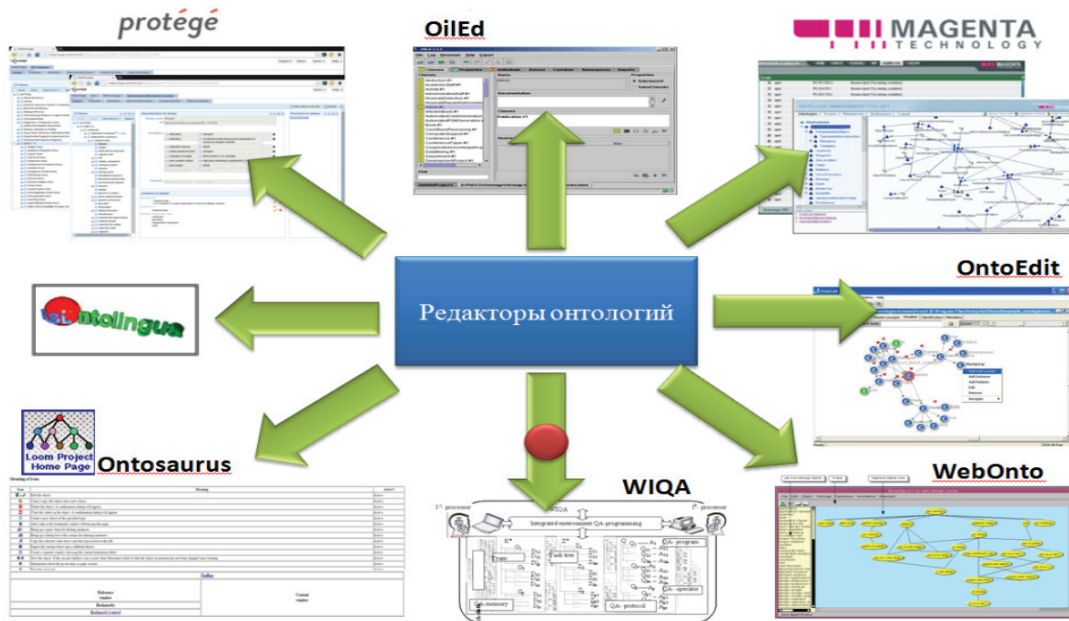


Рисунок 5 – Примеры редакторов онтологий

Большинству используемых в настоящее время редакторов онтологий присущи схожие недостатки, возникшие из-за стремления разработчиков к обеспечению кроссплатформенности своих приложений – с помощью использования соответствующих языков программирования, подобным языку Java, либо с помощью исполнения приложений в виде веб-сервисов и надстроек к уже существующим интегрированным средам разработки, таким как Eclipse [7].

Среди таких недостатков, в первую очередь, выделим следующие:

- отсутствие контекстной помощи в руководствах пользователя;
- отсутствие русифицированных руководств и интерфейсов онторедкторов;
- сложность процесса разработки в условиях обеспечения кроссплатформенности.

В целях устранения отмеченных недостатков в состав моделирующей среды WIQA включены онтологические средства, которые позволили существенно расширить потенциал онтологической систематизации и средства представления аксиоматики, дополнив её типовыми моделями прецедентов.

2.2 Отображение процесса проектирования на семантическую память

В соответствии с исходными установками предлагаемого подхода, созданная «онтология проектирования» предназначена для систематизации моделей шаблонов, которые разработаны и используются в производстве авиационных деталей [8].

В спецификациях «онтологии» и её материализации принципиальное место занимает вопросно-ответная память (QA-память) инструментария WIQA, обобщённо представленная на рисунке 6.

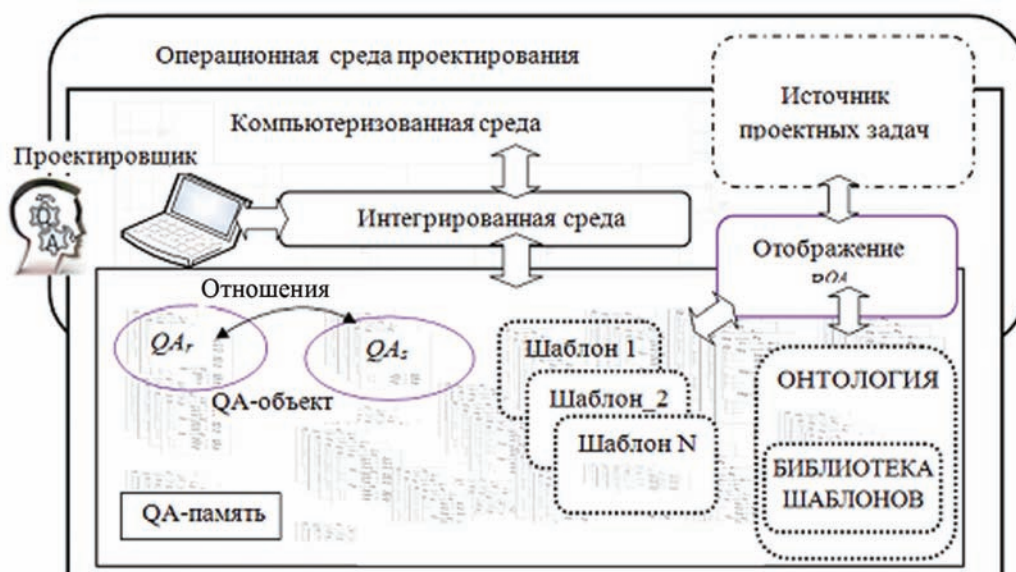


Рисунок 6 – Отображение процесса проектирования шаблонов на семантическую память моделирующей среды WIQA

QA-память – это подсистема инструментария WIQA, предназначенная для семантического моделирования составляющих процесса проектирования в решении задач. Конкретная вопросно-ответная модель (QA-модель) объекта загружается в ячейки QA-памяти, каждая из которых используется для хранения спецификации или совокупности спецификаций объекта моделирования. Типовая ячейка памяти приведена на рисунке 7 [8].



Рисунок 7 – Структура ячейки QA-памяти моделирующей среды WIQA

В число базовых атрибутов ячейки QA-памяти включены: уникальное имя модели (тип и индекс, присписываемый 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 8 [8].

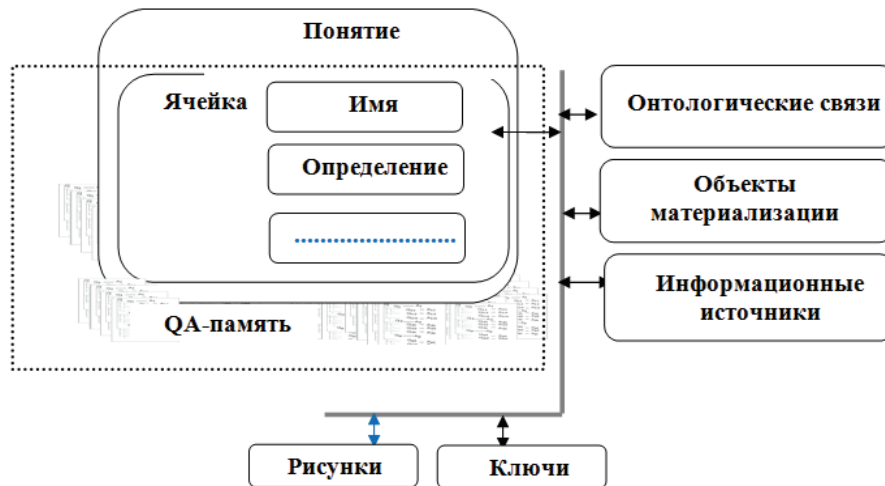


Рисунок 8 – Версия ячейки QA-памяти

С учётом структуры и семантики ячеек памяти и их настройки на онтологию предметной области проектирования шаблонов реализована и модель прецедента, схема которого приведена на рисунке 9.

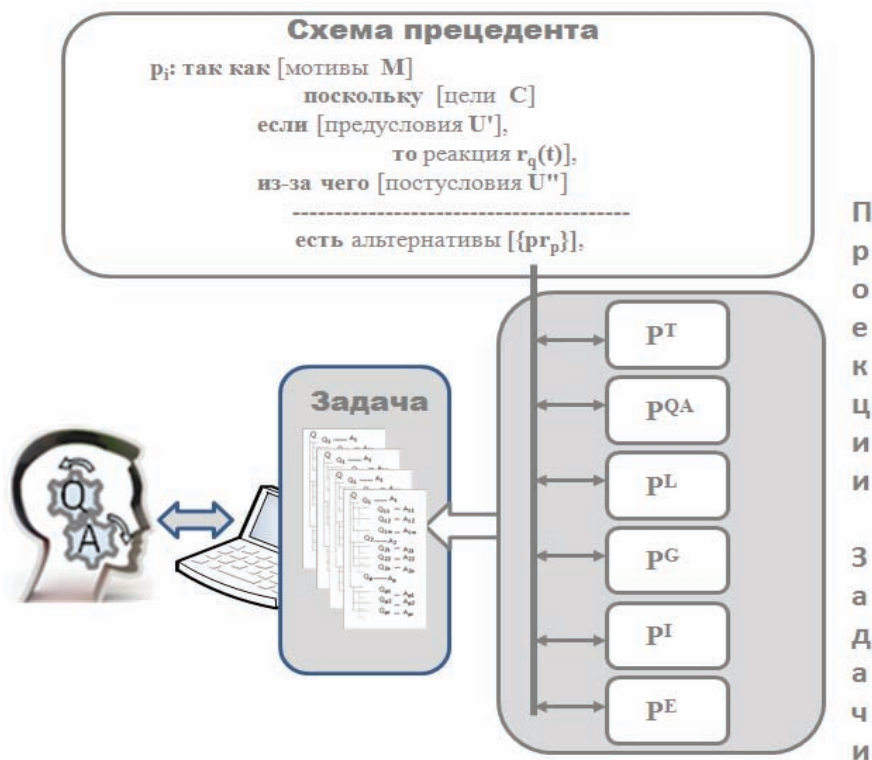


Рисунок 9 – Модель прецедента

Модель конкретного прецедента P_k включает: текстовую составляющую P_k^T , в виде постановки задачи; логическую составляющую P_k^L , формула которой представлена на рисунке 9; вопросно-ответную модель P_k^{QA} задачи Z_k ; графическое представление прецедента P_k^G ; исходный псевдокод P_k^I и исполняемый код P_k^E .

Нормативная модель прецедента построена таким образом, чтобы она раскрывала концептуальное содержание задачи и представляла её концептуальное решение (псевдокод ре-

шения). По этой причине в модели принципиальное место занимают конструкции на естественно-профессиональном языке L_P предметной области $\{Z_k\}$. Основными из этих конструкций являются текст T_k постановки задачи P_k^T и предложения $\{P_{ik}\}$ в модели P_k^{QA} , регистрирующей вопросно-ответный анализ этой задачи, в результате которого на все важные вопросы по её решению получены ответы, достаточные для построения логической схемы P_k^L и концептуально-алгоритмического решения P_k^I [9].

3 Разработка классификатора шаблонной оснастки

3.1 Исходные предпосылки

На текущий момент времени одним из узких мест в обеспечении проектирования и изготовления шаблонной оснастки является нормативно-техническая и организационная документация - стандарты предприятия, инструкции, положения, директивы и т.п., - основными недостатками которой можно считать:

- моральное устаревание (большинство документов имеют редакцию времен СССР);
- наличие в стандартах видов оснастки, которая не используется;
- отсутствие адаптации под современные средства информационных технологий;
- отсутствие классификации шаблонов по подтипам (имеется только общий, поверхностный классификатор видов шаблонов);
- отсутствие классификации элементов шаблонной оснастки.

Поэтому 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 10 представлены возможные вариации исполнения шаблонов ШОК и ШКС на уголкового профиля с отверстиями под заклепки.

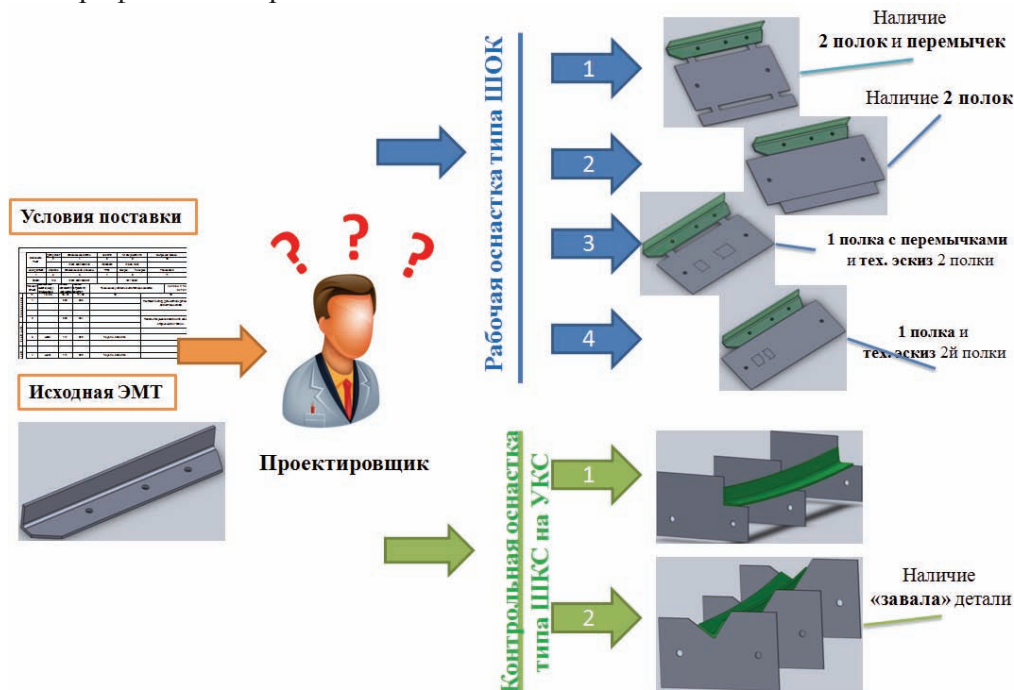


Рисунок 10 – Возможные вариации исполнения шаблонов к детали

Следует отметить, что все вариации исполнения шаблона на представленную деталь приемлемы, однако не все они удачны с точки зрения эксплуатации, металлоёмкости и трудоём-

кости исполнения. Например, 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 её в виде технологического эскиза на добавке. Аналогично поступают и с перемычками на шаблоне, когда контур рабочей полки прост и нет необходимости в дополнительных смотровых окнах, то добавок «вливаются» в зону рабочей полки шаблона.

Основываясь на изложенных положениях, не нашедших своё отражение ни в стандартах, ни в технологических инструкциях, разработан технологический классификатор шаблонной оснастки на основе существующего классификатора, описанного в [4].

3.2 Цели разработки классификатора и решение задач ТПП

Классификатор исполняет роль информационной основы для разработки комплекса программ автоматизированного проектирования шаблонной и объёмной технологической оснастки в авиационной промышленности [10, 11]. Его использование нацелено на:

- создание единого информационного языка для автоматизированных систем проектирования и тематического поиска изделий и конструкторско-технологических документов, *предотвращая разработку аналогичных*;
- определение объектов, процессов и направлений унификации и стандартизации; использование различными предприятиями и организациями электронной конструкторско-технологической документации, разработанной другими предприятиями, без её переформлирования, при проектировании, производстве, эксплуатации и ремонте;
- повышения уровня автоматизации проектно-конструкторских работ;
- применение кодов оснастки по классификатору технологической оснастки как опережающей информации при решении задач ТПП;

Применение классификатора в условиях ТПП создаёт предпосылки для решения следующих задач:

- анализ номенклатуры плоской шаблонной и объёмной 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 её проектирования;
- автоматизация проектирования электронных моделей оснастки и технологических процессов её изготовления.

3.3 Раскрытие древа классификатора

Классификатор построен по смешанному методу, основанному на дедуктивном логическом делении классифицируемого множества. Этим методом достигается конкретизация признаков классификации оснастки на каждой последующей ступени классификации [10-12].

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 объём 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 объём делимого множества, в классификаторе предусмотрена группировка под наименованием «Элементы». Такие 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.

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.

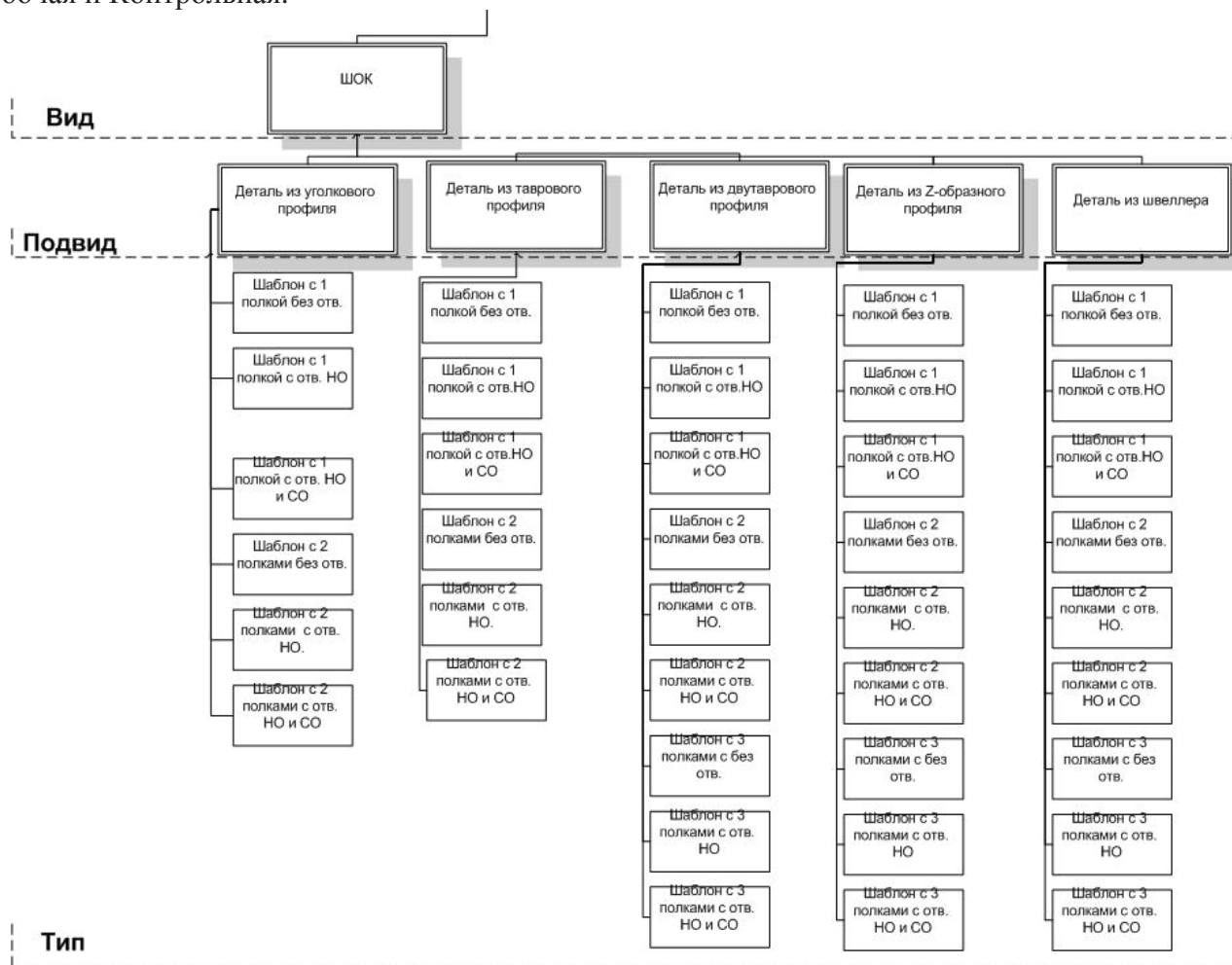


Рисунок 11 – Представление нижних уровней классификатора шаблонной оснастки

На первом уровне классификации при формировании классов «Рабочая оснастка» и «Контрольная оснастка» использован функциональный признак. Этот признак даёт представление об оснастке и отличает её от других классов изделий. Наименования, присвоенные классам по этому признаку, непосредственно отражают номенклатуру включённых в них типов оснастки. Наиболее общие признаки, использованные на верхних уровнях классификации, конкретизируются на последующих уровнях. Далее множество изделий классов, опре-

делённых по функциональному признаку подразделяется на подклассы, выделяемые по признаку геометрической формы (рисунок 11).

Признак «геометрическая форма» шаблона конкретизируется на последующих уровнях классификации следующим атрибутом: параметрический, конструктивный и наименование оснастки. Каждый подкласс состоит из нескольких групп, каждая группа – из подгрупп, подгруппа включает себя несколько видов, вид – множество подвидов, подвид определён несколькими типами, каждый тип состоит из группы комплексных элементов.

Результаты, полученные в разработке классификатора, послужили исходным информационным контентом, вложенным в представляемую версию онтологии проектирования шаблонов. Кроме того, было принято решение о включении классификатора в состав онтологии как её компонента, который интегрально представляет родовидовую систематизацию с учётом систематизации «часть-целое».

4 Разработка модели онтологии проектирования шаблонной оснастки

4.1 Структуризация онтологии проектирования шаблонов

Для реализации средств и обеспечения поддержки процесса проектирования моделей шаблонной оснастки была построена, проверена и использована концептуальная схема онтологии, которая обобщённо представлена на рисунке 12.

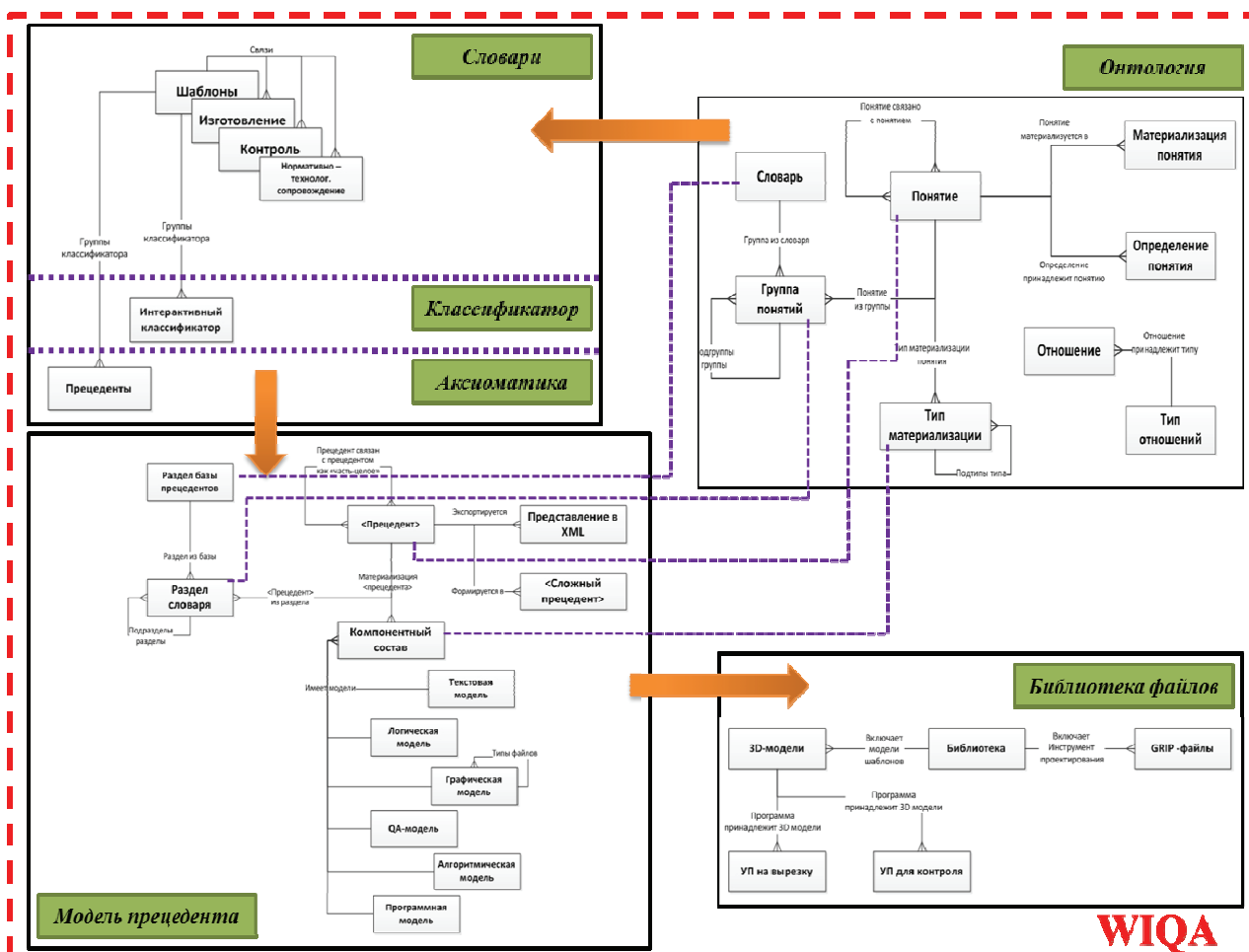


Рисунок 12 – Концептуальная схема онтологии проектирования шаблонной оснастки

В схеме выделены следующие разделы (секции) контролируемых понятий.

- *Шаблоны* – словарь, включающий в себя изготавливаемые в производстве шаблоны. На основе данных шаблонов формируется углублённый 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 типам полуфабрикатов «Профиль» и «Лист».
- *Контроль* – словарь, отвечающий за контроль изготавливаемой оснастки.
- *Нормативно-техническая документация* – секция, в которой собраны технологические инструкции 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.

В комплексе средств онтологической поддержки предусмотрена «Библиотека файлов», по своей сути являющаяся материализацией 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 онтологии используются контекстные связи между понятиями по определённым признакам, таким как: часть-целое, наследование, ассоциация и пр. В общем виде связи представлены на рисунке 13.

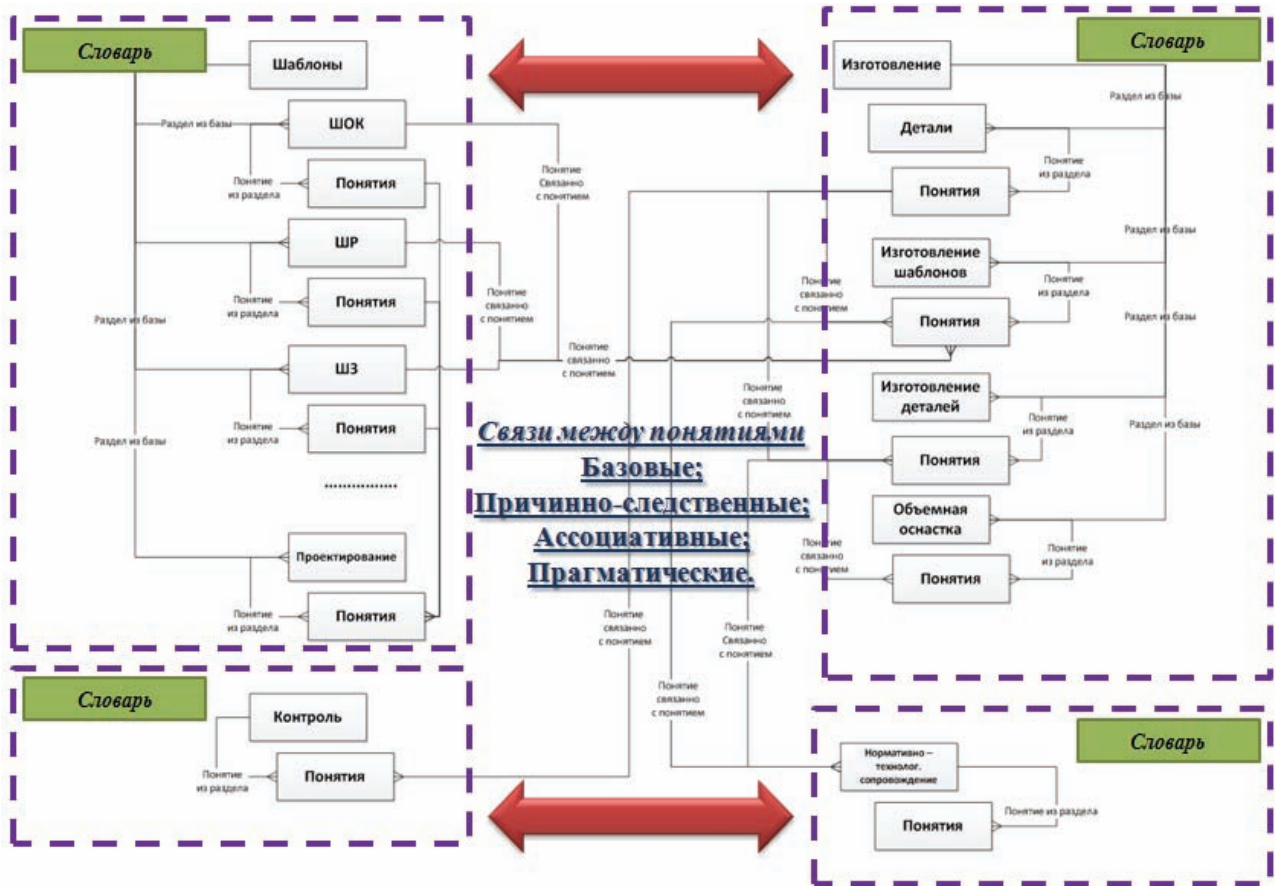


Рисунок 13 – Представление связей в онтологии проектирования шаблонной оснастки

Для представляемой онтологии принципиален поиск, обслуживающий автоматизированное взаимодействие с её содержимым. Поскольку в среднем для производства одного самолета требуется до 100 тыс. ед. шаблонной оснастки, то актуален вопрос о релевантном поиске среди образцов, зарегистрированных в онтологии. При обращении к поисковой системе пользователь должен иметь возможность получить в ответ ресурсы, релевантные смыслу запроса, и их поиск должен быть семантически ориентированным [13]. Другими словами, в таком поиске важна работа с семантическими описаниями шаблонов, раскрывающими действия и результаты по его созданию, что в конечном итоге выводит на их представления с помощью моделей прецедентов.

4.2 Представление шаблона в виде модели прецедента

Среда WIQA ориентирована на концептуальное моделирование в процессах решения проектных задач, в основу которого положено псевдокодовое программирование активности проектировщиков, что переносится и на программный доступ к составляющим онтологии, включая доступ по ссылкам к концептуальным моделям шаблонов [13].

Для представления каждого шаблона выбрана модель $M(Z_j)$ задачи Z_j его повторного использования проектировщиком, оказавшимся в определенной проблемной ситуации. Первая реакция проектировщика в проблемной ситуации «Обратиться к опыту и попытаться найти в нём подходящий прецедент» [13]. С каждым прецедентом связывают определённое типовое поведение в определённых условиях по образцу поведения, оказавшемуся (множественно) 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 14.

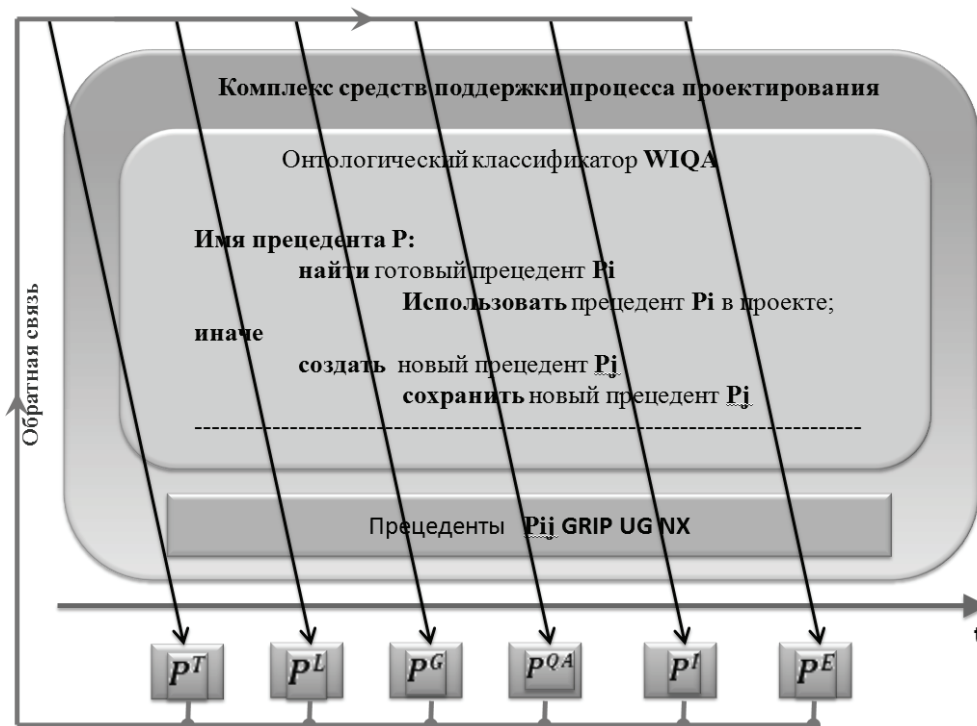


Рисунок 14 – Логическая модель прецедента

Логическая модель прецедента (шаблона) используется для его 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 определённый результат интеллектуального освоения реального прецедента. Так, при проектировании шаблона типа ШОК первичным становится его отображение в текстовой модели P^T в форме текстового запроса на проектирование шаблона, доставляющего основные исходные данные, например, «спроектировать шаблон обрезки и кондуктора на Z-образный профиль с тремя рабочими полками и отверстиями, без подсечек, с учётом добавочного материала».
 - Логическая модель P^L , конкретизирующая типовые модели в виде формулы логики предикатов, записанной на языке постановки задач P^T .
 - Графическая модель прецедента (шаблона) P^G , представляющая его материализацию в различных вариациях (рисунок 15).
 - Вопросно-ответная модель прецедента P^{QA} , соответствующая задаче $Z(P_i)$.
- В качестве примера рассмотрим вопросно-ответную модель с учётом разработанной классификации проектирования ШОК, упомянутого выше, для задачи $Z(P_i)$. Определим список (фрагмент) вопросов и ответов:

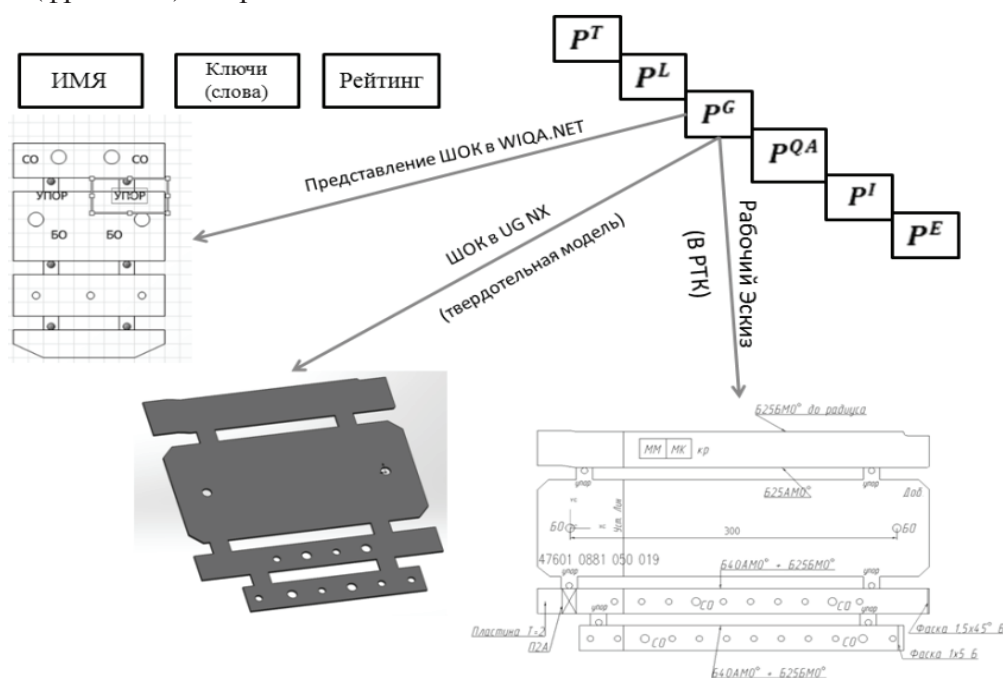


Рисунок 15 – Преставление графической модели прецедента

- 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.

- Модель P^I , представляющая вложенное в шаблон (прецедент) поведение в форме исходного кода его программы. Приведём для примера 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", "*"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", "Diameter=8")
DD_Create ("Ellipse", "ShapeName=SO2", "X=175", "Y=75", "Diameter=8").
```

- Модель P^E , выводящая на исполняемый код программы, реализующей образец шаблона (прецедента);
- Интегральная модель прецедента P^S в виде схемы, объединяющей все специализированные модели прецедента в единое целое.

С интегральной моделью прецедента, которая представлена на рисунке 16, связывается материальная форма образца прецедента, размещённая в онтологии прецедентов, разработанной в комплексе WIQA.

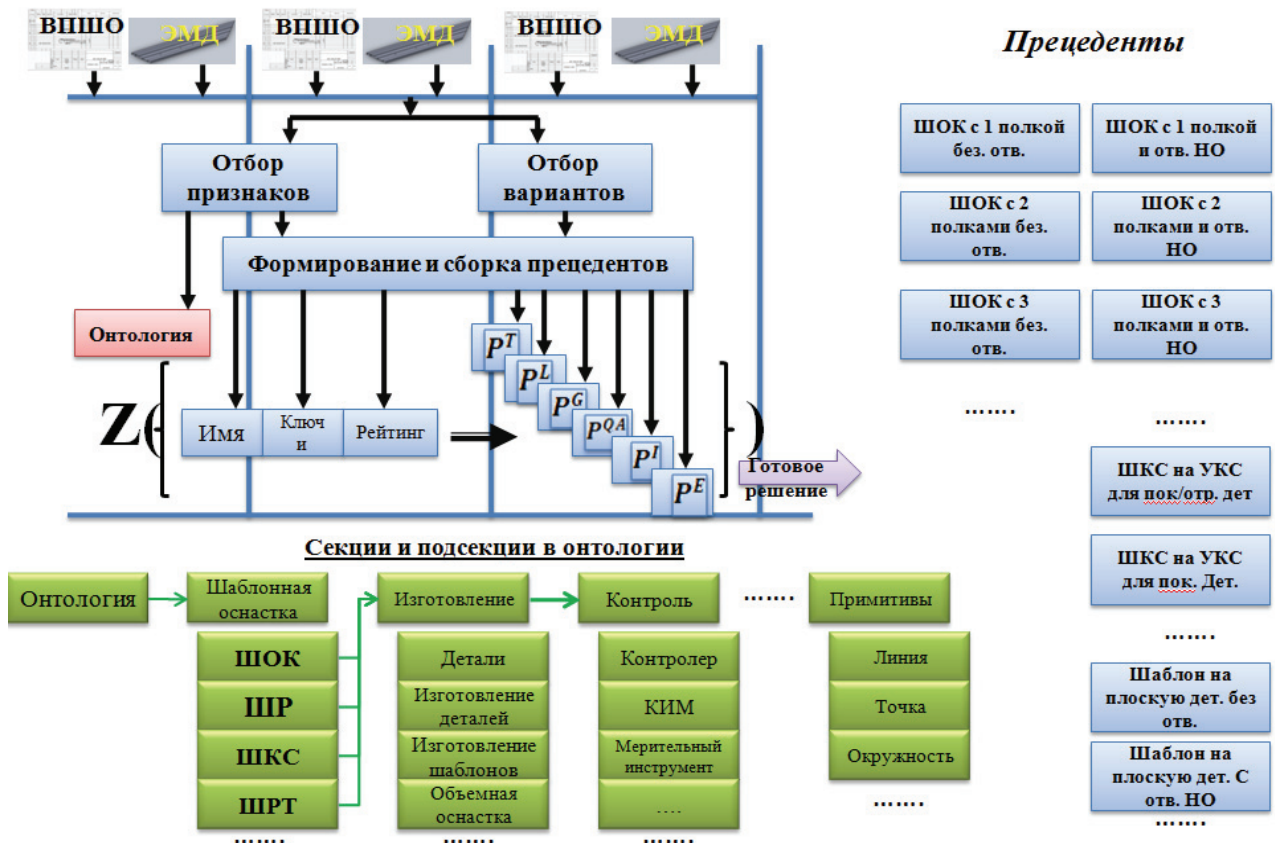


Рисунок 16 – Интегральная модель прецедента

Отметим, что специализированная модель может быть представлена исходным кодом того языка программирования, который используется при создании программного обеспечения. Однако для расширения возможностей повторного использования моделей типа P^I целесообразно использование псевдокодового языка L^{WIQA} [13].

5 Реализация средств поддержки процесса проектирования шаблонов в WIQA

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 (рисунок 17).

Среда WIQA ориентирована на концептуальное моделирование в процессах решения проектных задач [12], в основу которого положено псевдокодированное программирование активности проектировщиков [13], что переносится и на программный доступ к составляющим онтологии, включая доступ по ссылкам к концептуальным моделям шаблонов.

Благодаря инструментарию WIQA имеется возможность полного описания необходимой оснастки в онтологии словаря. На основе классифицированного шаблона и его составляющих элементов 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 слоты необходимых атрибутов (рисунки 18 и 19).

Отметим, что отношениям можно не только приписать имена, выводящие на их семантику, но и прокомментировать. Такая возможность особо полезна для прагматических отношений, в частности, инструментального типа (связывающего шаблон с инструментами для его обработки или процесс механической обработки со средствами его реализации).

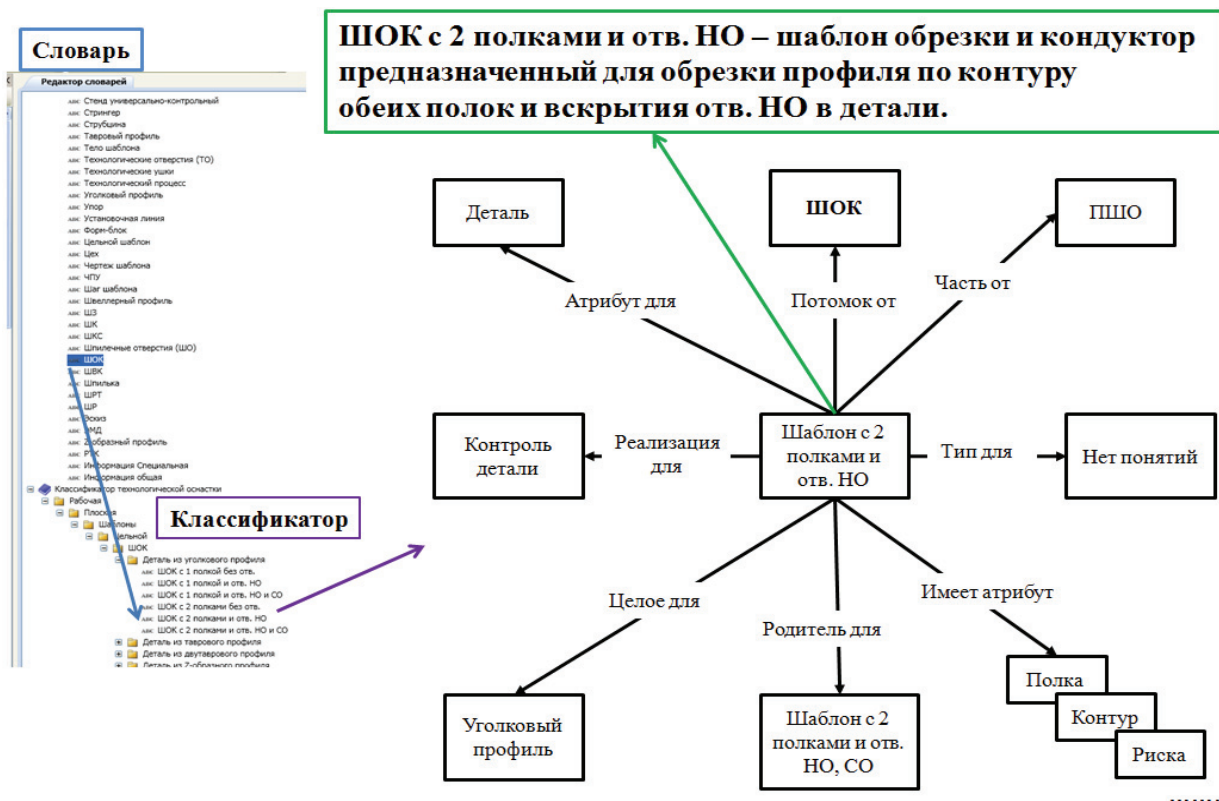


Рисунок 17 – Онтологический словарь в WIQA

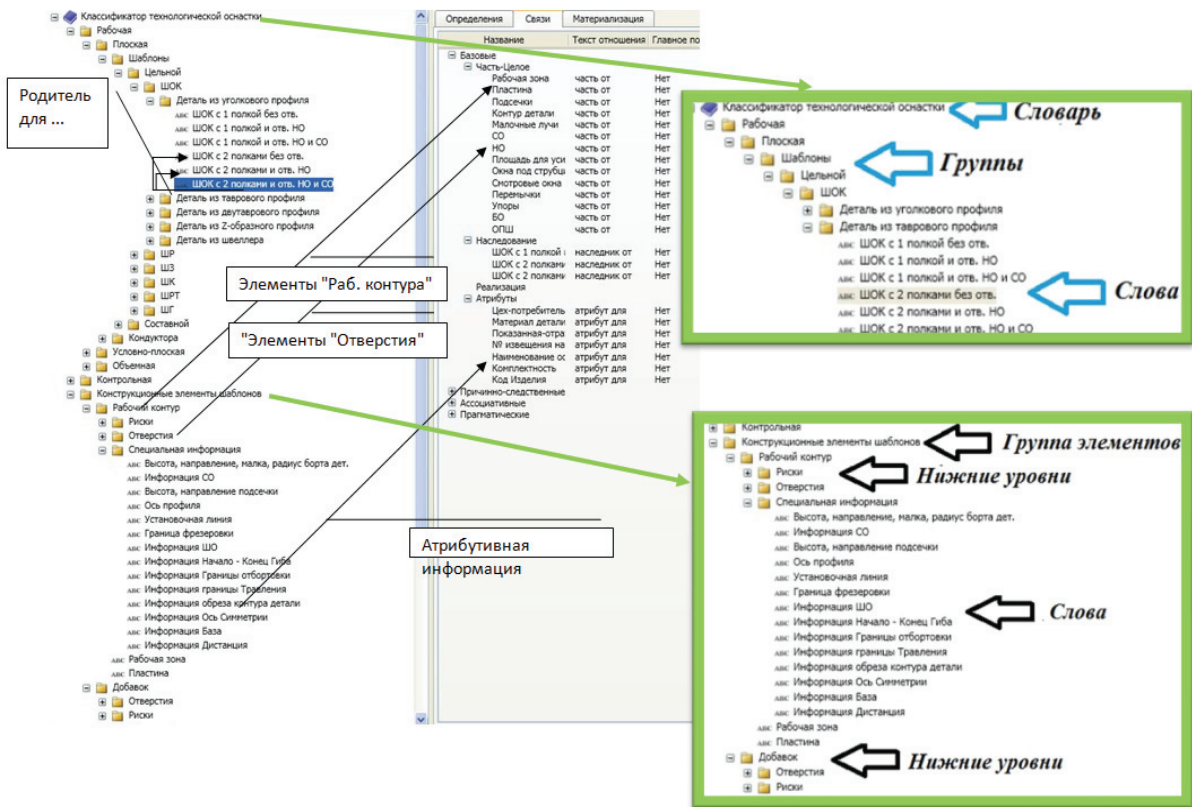


Рисунок 18 – Реализация классификатора шаблонной оснастки в WIQA

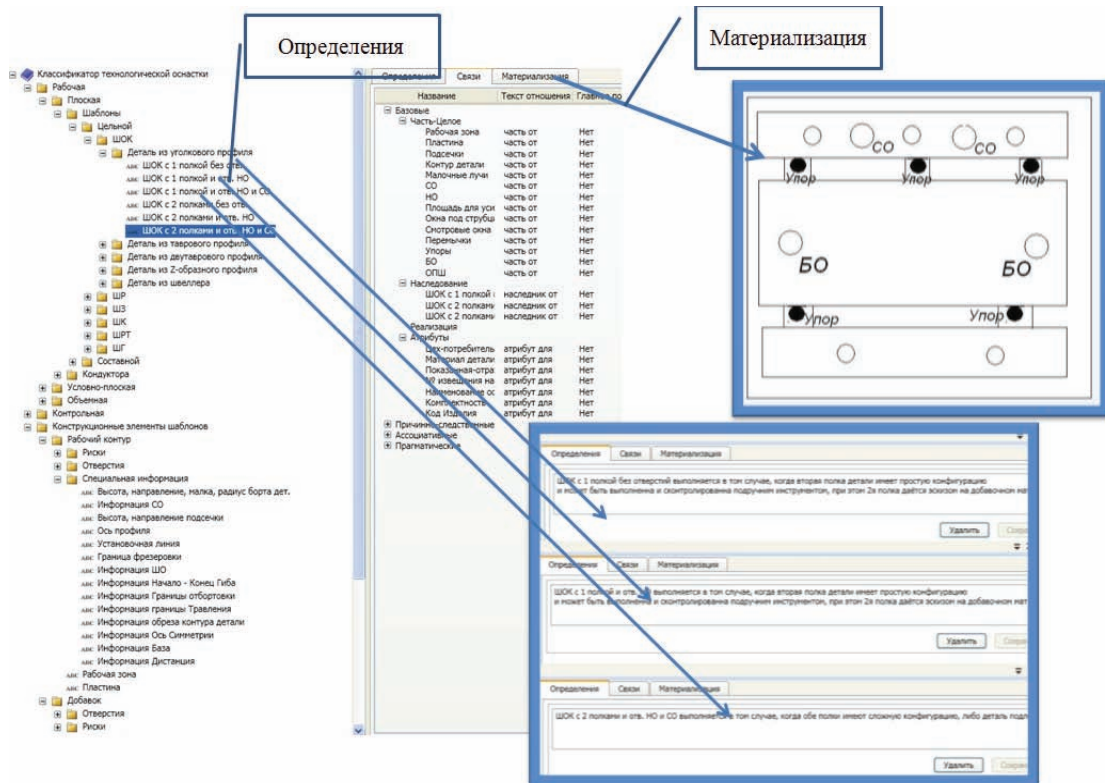


Рисунок 19 – Реализация определений и материализации в классификаторе шаблонной оснастки

Заключение

В статье представлен подход к созданию онтологии проектирования шаблонной технологической оснастки с помощью инструментария WIQA. Использование средств WIQA обеспечивает моделирование не только имеющихся шаблонов, но и создание новых шаблонов, с возможностью спецификации и аккумуляции их моделей в онтологическом словаре.

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. Интерактивная версия классификатора в виде проектной онтологии с программным доступом к её составляющим способствует повышению степени автоматизации проектно-конструкторской деятельности в разработке шаблонной оснастки.

Внедрение средств онтологической поддержки проектирования шаблонной оснастки обеспечивает:

- возможность повторного использования проектных решений;
- материализацию проектных решений как в онтологии, так и в САД-системе;
- создание под нужды производства принципиально новых проектных решений (прецедентов), не предусмотренных стандартами;
- аккумуляцию и передачу опыта по проектным решениям в онтологии;
- быстрое обучение пользователя в процессе работы.

Благодарности

Авторы выражают благодарность доценту кафедры «Самолетостроения» УлГТУ А.В. Лебедеву и инженеру-конструктору АО «УКБП» В.В. Плутяхину за оказанную помощь и консультации по формированию классификатора технологической оснастки.

Список источников

- [1] *Рыбаков, А.В.* Проектирование технологической оснастки на основе системы автоматизированной поддержки информационных решений / А.В. Рыбаков, С.А. Евдокимов, А.А. Краснов // Информационные технологии. – 2001. - №10. - С. 15-21.
- [2] *Соснин, П.И.* Вопросно-ответное программирование человеко-компьютерной деятельности / П.И. Соснин. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 240 с.
- [3] *Боргест, Н.М.* Онтология проектирования. Теоретические основы. Ч.1. Понятия и принципы / Н.М. Боргест. – Самара: СГАУ, 2010. – 91 с.
- [4] СТП 687.07.0873-2004. Система качества. Технологическая подготовка производства. Изготовление и применение плазово-шаблонной оснастки. – Ульяновск: ЗАО «Авиастар-СП», 2004. – 168 с.
- [5] *Самсонов, О.С.* Бесплазовое производство авиационной техники: проблемы и перспективы / О.С. Самсонов, Ю.Е. Тарасов // САПР и Графика. – 2000. - № 9. – С. 33–38.
- [6] *Соснин, П.И.* Структурное проектирование конфигурируемых шаблонов авиационных деталей / П.И. Соснин, О.Э. Чоракаев // Автоматизация процессов управления. – 2014. - №2 (36). – С. 99–107.
- [7] *Гончаренко, А.В.* Информационная система редактирования онтологий / А.В. Гончаренко, Б.С. Добронев // Молодежь и наука: Материалы VIII Всероссийской н.-т. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского. Отв. ред.: О.А. Краев. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. - <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section12.html>
- [8] *Гришин, М.В.* Онтология как средство проектирования шаблонной оснастки в условиях подготовки наукоемкого производства / М.В. Гришин, С.Н. Ларин, В.И. Кочергин // Автоматизация процессов управления. - 2015. - №1(39). - С. 89–98.
- [9] *Sosnin, P.* Pseudo-Code Simulation of Designer Activity in Conceptual Designing of Software Intensive Systems / P. Sosnin // Proc. of the 27th European Conference on Modelling and Simulation ECMS 2013, 2013, 85–92.
- [10] ОК 012-93 Классификатор ЕСКД. Введение. 1.79.100 (с изменениями) - <http://docs.cntd.ru/document/1200000470> (Дата обращения: 20.09.2015).

- [11] **Ширялкин, А.Ф.** Основы формирования многоуровневых классификаций естественного типа для создания эффективных производственных сред в машиностроении / А.Ф. Ширялкин – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 298 с.
- [12] **Соснин, П.И.** Концептуальное моделирование компьютеризованных систем / П.И. Соснин. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 198 с.
- [13] **Маклаев, В.А.** Создание и использование автоматизированной базы опыта проектной организации / В.А. Маклаев, П.И. Соснин. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 360 с.

ONTOLOGY OF DESIGNING INDUSTRIAL EQUIPMENT WITHIN THE AVIATION PRODUCTION

M.V. Grishin¹, S.N. Larin², P.I. Sosnin³

¹JSC Ulyanovsk instrument manufacturing design bureau, Ulyanovsk, Russia
likani7@mail.ru

²FRPC OJSC «RPA «Mars», Ulyanovsk, Russia
larinmars@rambler.ru

³Ulyanovsk state technical university, Ulyanovsk, Russia
sosnin@ulstu.ru

Abstract

The aim of this work is to improve the process of designing the template snap within the aviation industry by the development of tools for the ontological support. The offered means of the ontological support provide: the controlled accumulating the experience of templates' development in the form of precedent models prepared for the reuse; the systematization of templates' models with the use of the interactive classification and means that embeds in the ontology of designing; the controlled use of lexis, including the concept, in documents, developed in the process of the work. Means of the ontological support has been developed in the environment of the toolkit WIQA, that has been adopted the subject area of designing the template snap used in the aviation industry.

Key words: *ontology design, classifier, aircraft, patterned accessories, WIQA.*

Citation: Grishin MV, Larin SN, Sosnin PI. Ontology of designing industrial equipment within the aviation production. *Ontology of designing*. 2016; 6(1): 7-28. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-7-28.

References

- [1] **Rybakov AV, Evdokimov SA, Krasnov AA.** Proektirovanie tehnologicheskoy osnastki na osnove sistemy avtomatizirovannoy podderzhki informacionnyh reshenij [Tooling Design based automated support system information solutions]. *Informacionnye tehnologii* [Information Technology]. – 2001. - №10: 15-21. (In Russian).
- [2] **Sosnin PI.** Voprosno-otvetnoe programmirovaniye cheloveko-komp'yuternoj dejatel'nosti [Question-response programming human-computer activities]. – Ulyanovsk : UISTU, 2010. – 240 p. (In Russian).
- [3] **Borgest NM.** Ontologija proektirovaniya. Teoreticheskie osnovy. Ch. 1. Ponjatija i principy. [Ontology of designing. Theoretical basis. Part 1. Concepts and principles] – Samara : SSAU, 2010. – 91 p. (In Russian).
- [4] STP 687.07.0873-2004. Sistema kachestva. Tehnologicheskaja podgotovka proizvodstva. Izgotovlenie i primenie plazovo-shablonnoj osnastki. [Quality system. Technological preparation of production. Production and use of lofting template tooling] – Ulyanovsk: JSC «Aviastar-SP», 2004. – 168 p. (In Russian).
- [5] **Samsonov OS, Tarasov UE.** Besplazovoe proizvodstvo aviacionnoj tehniki: problemy i perspektivy [Unlofting production of aviation equipment: problems and prospects]. *SAPR i Grafika* [CAD and Graphics]. – 2000. - № 9: 33–38. (In Russian).
- [6] **Sosnin PI, Chorakaev OE.** Strukturnoe proektirovanie konfiguriruemyh shablonov aviacionnyh detalej [Structural design of configurable templates aircraft parts]. *Avtomatizacija processov upravlenija* [Automation of control processes]. – 2014. - №2 (36): 99–107. (In Russian).
- [7] **Goncharenko AV, Dobronec BS.** Informacionnaja sistema redaktirovaniya ontologij [Information system ontology editing] / *Molodezh' i nauka: Materialy VIII Vserossiyskoy. n.-t. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, posvjashhennoj 155-letiju so dnja rozhdenija K.Je. Ciolkovskogo* [Youth and science: Proc. of VIII All-Russian

- scientific and engineering. conf. students, graduate students and young scientists in the sacred 155-th anniversary of the birth of K.E. Tsiolkovsky] / Ed.: O.A. Kraev. - Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2012. (In Russian).
- [8] **Grishin MV, Larin SN, Kochergin VI.** Ontologija kak sredstvo proektirovanija shablonnoj osnastki v uslovijah podgotovki naukoemkogo proizvodstva [Ontology as a design template tooling in a preparation of high-tech manufacturing] / Avtomatizacija processov upravlenija [Automation of control processes]. - 2015. - №1(39): 89–98. (In Russian).
- [9] **Sosnin PI.** Pseudo-Code Simulation of Designer Activity in Conceptual Designing of Software Intensive Systems / Proc. of the 27th European Conference on Modelling and Simulation ECMS 2013. 2013, 85–92.
- [10] ОК 012-93 Klassifikator ESKD. Vvedenie. 1.79.100 [OC 012-93 Qualifier ESKD. Introduction. 1.79.100 (Amended)] - <http://docs.cntd.ru/document/1200000470> (Valid on: 20.09.2015). (In Russian).
- [11] **Shiryalkin AF.** Osnovy formirovanija mnogourovnevnyh klassifikacij estestvennogo tipa dlja sozdaniya jeffektivnyh proizvodstvennyh sred v mashinostroenii [Bases of formation of multi-level classification of the natural type to create efficient production environment in engineering] – Ulyanovsk: UISTU, 2009. – 298 p. (In Russian).
- [12] **Sosnin PI.** Konceptual'noe modelirovanie komp'juterizovannyh sistem [Conceptual modeling of computerized systems] / P.I. Sosnin. – Ulyanovsk: UISTU, 2008. – 198 p. (In Russian).
- [13] **Maklaev VA, Sosnin PI.** Sozdanie i ispol'zovanie avtomatizirovannoj bazy opyta proektnoj organizacii [Creation and use of an automated experience of the design organization] – Ulyanovsk: UISTU, 2012. – 360 p. (In Russian).

Сведения об авторах



Гришин Максим Вячеславович, 1990 г. рождения. Окончил Институт авиационных технологий и управления УлГТУ в 2011 г., к.т.н. (2015). Инженер-конструктор АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения». В списке научных трудов более 15 работ в области автоматизации проектирования технологической подготовки производства и прикладных онтологий.

Grishin Maxim Vyacheslavovich (b.1990) graduated from the Institute of Aviation Technology and Management UISTU in 2011, PhD (2015). He is design engineer at JSC Ulyanovsk instrument manufacturing design bureau. He is co-author more 15 scientific articles and abstracts in the field of CAD and ontology.



Ларин Сергей Николаевич, 1978 г. рождения. Окончил Институт авиационных технологий и управления УлГТУ в 2002 г., к.т.н. (2006). Заместитель начальника производственно-технологического комплекса АО «НПО «МАРС». В списке научных трудов более 80 статей в области автоматизации проектирования технологической подготовки производства.

Larin Sergey Nikolaevich (b. 1978) graduated from the Institute of Aviation Technology and Management UISTU in 2002, PhD (2006). He is Deputy Chief of industrial-technological complex FRPC OJSC «RPA «Mars». He is co-author more 80 scientific articles and abstracts in the field of CAD.



Соснин Петр Иванович, 1945 г. рождения. Окончил Ульяновский политехнический институт в 1968 г., д.т.н. (1994), профессор (1995), зав. кафедрой «Вычислительная техника» (с 1980 г.) Ульяновского государственного технического университета. В списке научных трудов более 400 статей, 12 монографий в области искусственного интеллекта и его приложений к автоматизации проектирования.

Sosnin Petr Ivanovich (b. 1945) graduated from the Ulyanovsk Polytechnic Institute (1968). His employment experience included the Ulyanovsk Polytechnic Institute and Ulyanovsk State Technical University. His special field of interests includes AI applications for computer aided design. P. Sosnin defended doctor degree in Moscow Aviation Institute (1994). He is the author of eight books and more than four hundred articles, including 12 books.