

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

© 2016 М.В. Гришин¹, А.В. Лебедев², П.И. Соснин³

¹АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»

²Институт авиационных технологий и управления, г. Ульяновск

³Ульяновский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 13.10.2016

В статье представляются средства поддержки конструкторской деятельности проектирования технологической оснастки в условиях технологической подготовки производства. Специфику подхода к проектированию оснастки определяет использование средств концептуального экспериментирования, в основу которого положено отображение состояний жизненного цикла оснастки на семантическую память вопросно-ответного типа и применение проектных онтологий, как средств аккумулирования и сохранения опыта в форме моделей прецедентов.

Ключевые слова: онтология, технологическая оснастка, классификатор, WIQA, концептуальный эксперимент, проектирование.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие онтологического подхода в России, фактически представляющего знания о реальной действительности идет уже на протяжении более чем пятнадцати лет. По сравнению с другими подходами, которые работают на поле представления знаний онтологию можно считать молодой, но в тоже время бурно развивающейся парадигмой, инструменты, методики и средства, которой успешно применимы не только в качестве поисковых запросов и систем, но в отраслях тяжелого машиностроения. Конечно, открытым остаются вопросы, такие как: «Какой эффект здесь могут дать онтологии? Как это уже соотносится с активно применяемыми средствами, в таких сложных областях, как, к примеру авиастроение, где очень много систем автоматизации проектирования, показавших свою эффективность?».

Вопросы на самом деле имеют очень простой ответ. Дело в том, что те подходы, которые развивались до появления онтологий, были связаны, прежде всего, и ориентировались, прежде всего, на эффективное применение вычислительной техники.

В тоже время разработка соответствующих средств хранения, например, информации, в значительной степени на это ориентировалась. Однако со временем семантическая составляющая, которую чувствует в первую очередь чело-

век, начинает преобладать, т.к. комплекс знаний, который вкладывается в технический объект, все более возрастает. Как следствие возникает необходимость в том, чтобы представление в информационных моделях этой составляющей было реализовано таким образом, чтобы не только повышалась эффективность работы компьютера, но и пользователь мог эффективно работать с этой информацией. В итоге онтология позволяет не просто аккумулировать наши знания, а зафиксировать опыт так, чтобы была возможность реализации его представления в разных формах объектов рассматриваемой предметной области, и зафиксировать так, чтобы этими знаниями мог воспользоваться и интерпретировать человек, и прямо интерпретировать и вычислительная техника. Эту особенность данного подхода авторы раскрывают в данной статье.

1. ОНТОЛОГИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ СОПРОВОЖДЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Со второй половины 70-х годов в СССР существовало множество школ, занимающихся поиском формальных связей и элементов формализации, которые позволили бы автоматизировать процессы технологической подготовки производства (ТПП).

Однако с появлением персональной техники и повсеместное ее внедрение в ТПП предприятий, как и мощных систем автоматизации проектирования (САПР), привело к тому, что работы в плане формализации знаний до недавнего времени вестись перестали. Бытовал всем известный подход: «есть проектировщик, он все сделает сам». Диалоговый режим – все очень просто». По-

Гришин Максим Вячеславович, кандидат технических наук, инженер-конструктор отдела систем контроля. E-mail: likani7@mail.ru

Лебедев Анатолий Валерьевич, доцент кафедры «Самолетостроение». E-mail: aw_lebedev@mail.ru

Соснин Петр Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная техника». E-mail: sosnin@ulstu.ru

вышение уровня автоматизации инженерного труда является важнейшим фактором снижения издержек и трудоемкости при проектировании изделий (как за счет снижения времени, так и за счет снижения проектных ошибок), однако формализация и интеллектуализация инженерного труда в ТПП, является не менее важной целью т.к. они вносят новый «кирпичик» в инженерные знания и в формальные знания технических ассоциаций. Выбор использования онтологии как инструмента для достижения оговоренной выше цели вполне закономерен: этот аппарат, близкий и понятный любому неподготовленному пользователю.

Сама онтология представляет собой попытку общей формализации знаний о предметной области и ее составляющих на основе некой концептуальной схемы [1].

В тоже время применительно к машиностроительной отрасли и к конструкторской деятельности в области ТПП, по мнению авторов более рационально использовать онтологию проектирования, позволяющую более детально рассмотреть как объекты проектирования, так и сам процесс и как следствие зафиксировать больше полезного опыта, который можно не просто аккумулировать и сохранять, но и использовать в экспериментах, для поиска новых и модернизации старых проектных решений.

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 [1, 7] (рис. 1).

Как видно из рис. 1, онтология проектирования позволяет не только детально рассматривать процессы и объекты, но и экспериментировать с моделями объектов проектирования, создавая принципиально новые проектные решения, и

оценивать их «удачность» и «рациональность» применительно к производственным технологическим процессам. Также следует отметить, что при применении проектных онтологий к производственной области, а именно к проектированию технологической оснастки, особую роль играют концептуальные эксперименты. Концептуальный эксперимент – это мысленный эксперимент, содержание и процесс которого оперативно отображается на семантическую память, а результаты отображения используются по ходу экспериментирования с полезными целями [8] (рис. 2).

Реализация прикладных-проектных онтологий в информационной среде осуществляется, как известно, с помощью специальных инструментов называемых редакторами онтологий. На сегодняшний день существует более 100 различных редакторов, таких как, Protégé, OilEd, Magenta, Ontosaurus и пр., отличающихся по функциональному использованию и возможностям, однако их анализ позволяет выделить группу недостатков [2, 4]:

- существующие редакторы зачастую обладают плохо проработанным руководством пользователя и контекстной помощью;
- отсутствие русифицированных руководств и интерфейсов;
- высокие требования к квалификации пользователя, для работы с приложениями;
- воспрепятствование тому, чтобы онтологии использовались пользователем в качестве вспомогательных средств при работе над иным проектом;
- слабые возможности материализации проектных решений или их отсутствие;
- сложность процесса разработки и отладки в условиях обеспечения кроссплатформенности;
- меньшая скорость работы приложения по сравнению с аналогами, написанными для одной платформы, существование особых требований для работы приложений, например, наличия виртуальной Java-машины, соединения с Ин-

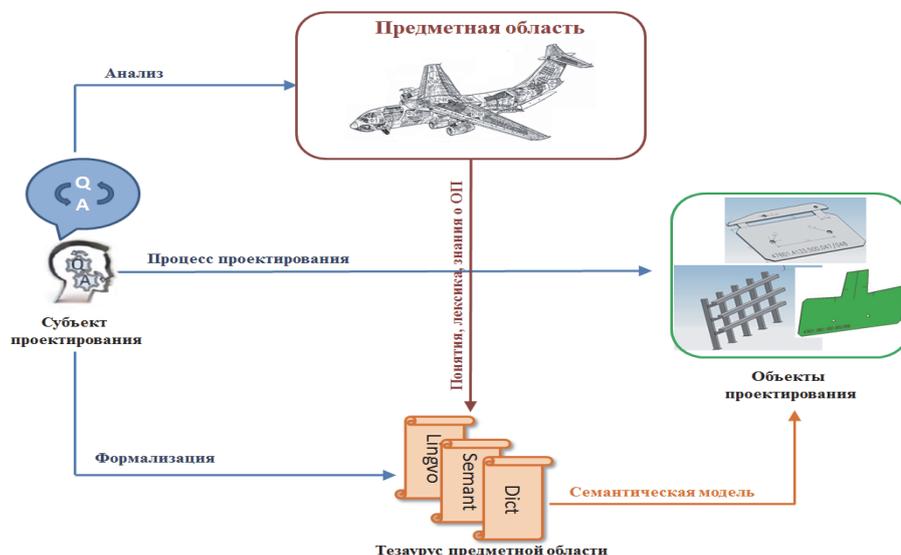


Рис. 1. Представление структурной схемы онтологии проектирования



Рис. 2. Представление схемы концептуального эксперимента

тернетом либо необходимой интегрированной среды разработки и т.д.

Принципиальным недостатком здесь можно считать слабые возможности материализации проектных решений, т.к. результатом конструкторской деятельности (в рассматриваемом случае в ТПП) должен быть объект (или артефакт), представляющий собой чертеж и/или 3-D модель оснастки, готовые к изготовлению изделия в металле, а также имеющий возможность для повторного использования и экспериментов в целом, в своем роде представляющий полноценную единицу опыта деятельности проектировщика.

Исходя из выше изложенного, авторами выбрана в качестве основного инструмента разработки онтологии как средств поддержки конструкторской деятельности вопросно-ответную модулирующую среду WIQA (Work in Question Answer).

Возвращаясь к концептуальным экспериментам, стоит упомянуть их специфику, т.к. в проекте концептуальное экспериментирование связывается с проведением экспериментов по образцу экспериментов в научной экспериментальной деятельности, в которых выделяется [8]:

- для профессиональных задач, исполняемых специалистом, осуществляется их отображение на семантическую память, в ячейках которой можно регистрировать вопросно-ответные рассуждения, сопровождающие процесс решения

задачи с учетом семантики, уровень которой достаточен для решения задачи;

- если в процессе рассуждений, появляется вопрос, который требует проверки на соответствие требованиям задачи, то такая проверка осуществляется в форме эксперимента на понятийном (концептуальном) уровне, в чем-то подобно мысленному эксперименту;

- если требуется проверка алгоритмики действий специалиста, то она осуществляется с использованием специализированного псевдо-кодового языка, определенном над семантической вопросно-ответной памятью;

- в любом случае концептуального экспериментирования, экспериментально проверяемая задача, интерпретируется как прецедент, то есть подготавливается для повторного использования (для повторной проверки эксперимента, например, коллегами по совместной работе, или для типового использования в профессиональной деятельности).

Графически концептуальное экспериментирование в QA-среде представлено на рис. 3.

В спецификациях «онтологии» и её материализации принципиальное место занимает вопросно-ответная память (QA-память) инструментария WIQA, обобщённо представленная на рис. 4. 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 [9].

С учётом структуры и семантики ячеек памяти и их настройки на онтологию предметной области проектирования шаблонов реализована и модель прецедента, схема которого приведена на рис. 5.

Модель конкретного прецедента P_k включает:

- текстовую составляющую P_k^T , в виде постановки задачи;

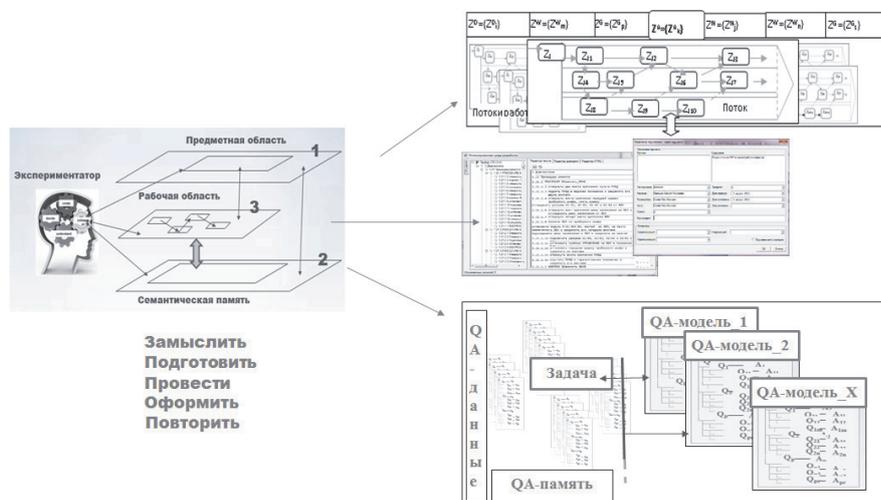


Рис. 3. Концептуальное экспериментирование в QA-среде



Рис. 4. Представление QA-памяти

- логическую составляющую P_k^L ;
- вопросно-ответную модель P_k^{QA} задачи Z_k ;
- графическое представление прецедента P_k^G ;
- исходный псевдокод P_k^I ;
- исполняемый код P_k^E .

Ориентация в WIQA на разработку проекта привела к решению связать типовую единицу системности профессионального опыта с онтологией проекта, а интеграцию таких онтологий, то есть интеграцию $\{O_{mk}\}$, связать с персональной онтологией O_k профессионального опыта субъекта Sb_i . Это же решение позволило отделить построение онтологий от действий по их интеграции, что и привело к нормативной концептуальной структуре «онтологии проекта», представленной на рис. 6 в виде, который принято называть framework [9].

Отметим, что отношения можно не только приписать имена, выводящие на их семантику, но и прокомментировать. Такая возможность особо полезна для прагматических отношений, например, инструментального типа (связывающего

объект с инструментами для его обработки или процесс со средствами его реализации).

Учёт «материализации» повышает ответственность субъекта Sb_i за выбор слов, используемых им в решении задач, способствует предотвращению ошибок, а также вводит в онтологию дополнительную систематизацию. Отметим, что список «типов материализации» открыт для включения новых составляющих.

Отметим, что комплекс WIQA в плане эффективной онтологической поддержки обеспечивает:

- контролируемую лексику;
- понимание и его конструктивное выражение;
- концептуальное экспериментирование;
- развитие опыта и его совершенствование;
- документирование;
- систематизацию моделей опыта;
- программный доступ к содержимому онтологии.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАТОРЫ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ПРЕЦЕДЕНТОВ В ОНТОЛОГИИ

Использование прецедентного подхода при проектировании объектов (в нашем случае электронных моделей оснастки (ЭМО)), является вполне удачным решением исходя из того, что во многих областях (к примеру, программировании) используется принцип повторного использования. С вновь созданной моделью прецедента, которая включает, как было описано выше, несколько подмоделей можно вполне удачно экспериментировать, оценивая «удачность» проектного решения.

Вместе с тем, возникает, немаловажные проблемы, а именно структуризации и систематизации моделей прецедентов, их группировки по определенным критериям и признакам, для удобства поиска, использования и создания новых, ранее не существовавших решений. Для этой цели авторами предлагается использовать технологические классификаторы, как отдельную сек-

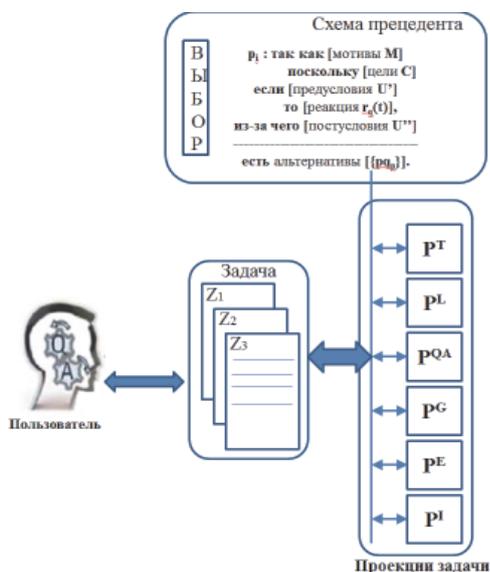


Рис. 5. Представление структурной схемы прецедента



Рис. 6. Концептуальная схема онтологии

цию (или словарь) разрабатываемой онтологии.

Основываясь на ряде уже проделанных работ [2-4,6,10] в плане поддержки процесса проектирования шаблонной оснастки, разработанный классификатор показал свою рациональность.

Обобщая указанные выше работы можно сказать, что классификатор - представляет собой систематизированный свод наименований классификационных группировок объектов классификации - изделий технологической оснастки. В классификаторе оснастки под изделием понимается различного рода оснастка [3]. В Классификатор включены классификационные характеристики изделий - технологической 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 [5, 11].

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.

Формирование классификации предшествовало ее погружению в структуры Словаря проектной онтологии, в которых сохранены особенности построения классификации для ее расширения, т.е. множество шаблонов является открытым (рис. 7).

Однако, если говорить о стапельно-сборочной оснастке (ССО), построение технологического

классификатора принимает несколько иной вид. Дело в том, что при осуществлении классификации формообразующей оснастки классификация осуществляется «от заготовки детали». К примеру, шаблон-обрезки и кондуктор (ШОК) используется для изготовления деталей, использующих в качестве заготовки профиль (уголки, швеллеры, тавры и пр.) и в большинстве случаев для листовых деталей не применяется. Аналогично обстоит ситуация с шаблоном развертки (ШР) который используется в основном для листовых деталей. В случае ССО классифицирование осуществляется от сборочных единиц конструкции изделия и идет вниз в классы ССО и их составляющие.

Таким образом, построение классификатора ССО необходимо предварить построением технологического классификатора сборочных единиц изделия. Структура такого классификатора не повторяет типовую структуру изделия (изделие – агрегат – отсек – панель – узел – деталь), а классифицирует СБЕ с точки зрения требований к точности изготовления, методов и технологий сборки, габаритов СБЕ, её жесткости и формы.

Необходимо также отметить, что, в отличие от классификации оснастки для изготовления деталей, пусть и несовершенной, но описанной в СТП, классификации ССО в виде какого-либо определяющего документа не существует. Различные подходы к классификации ССО, зачастую не учитывающие вышеприведенные требования, изложены в [12-14] и многочисленных других работах, посвященных агрегатно-сборочному производству, проектированию и монтажу сборочных приспособлений в аэрокосмической промышленности.

В классификаторе ССО каждый уровень классификации вплоть до суперкласса представляет собой группу прецедентов т.к. каждая СБЕ собирается в какой-либо ССО или без применения ССО (за исключением внестapelной сборки, которая тоже сама по себе может являться частным прецедентом). Первое приближение разрабатываемого классификатора ССО представлено на рис. 8.

Отметим, что использование классификаторов в онтологии как средств структуризации

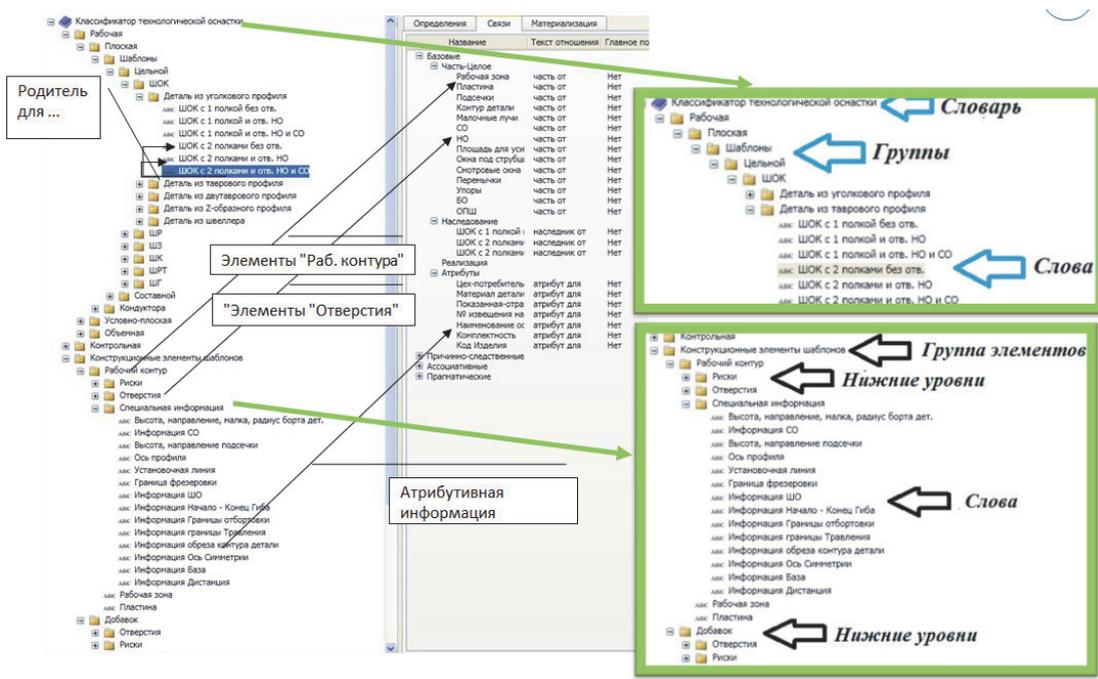


Рис. 7. Представление классификатора в WIQA

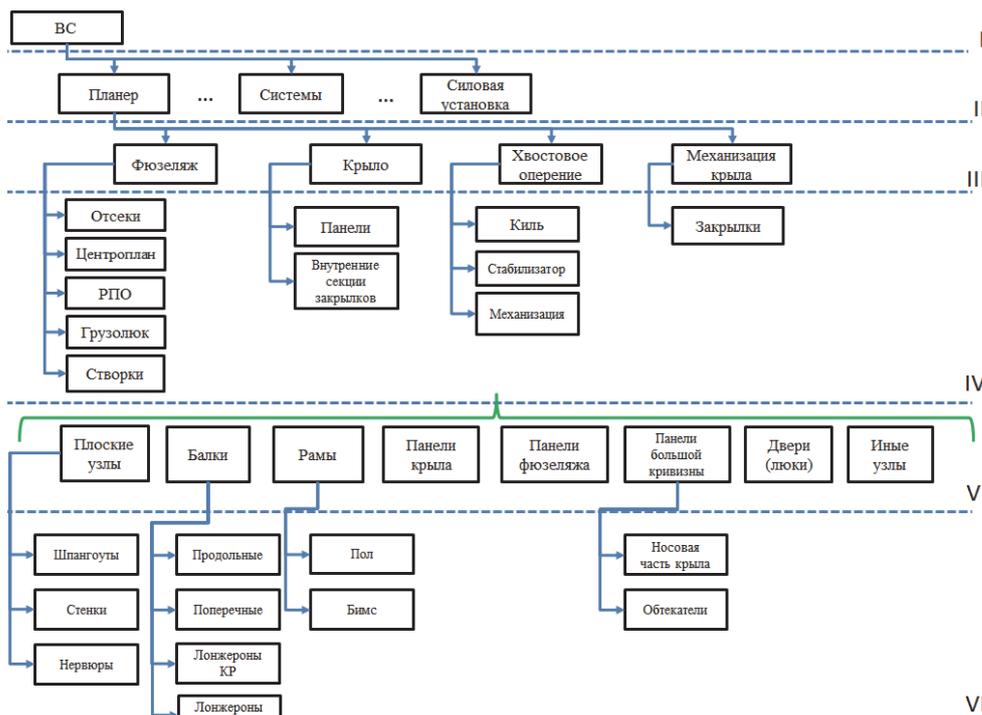


Рис. 8. Представление концепции разрабатываемого классификатора под ССО

и систематизации проектных решений полезно как с точки зрения повторного использования, так и разработки принципиально новых таксономических единиц.

3. МЕСТО ПРОЕКТНОЙ ОНТОЛОГИИ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

При проектировании технологической оснастки для изготовления деталей и СБЕ конструктор

руководствуется различными нормативными документами - ГОСТами, 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, некоторые стандарты, регламентирующие проектирование оснастки, содержат ряд требований зависящих от нескольких параметров изготавливаемых деталей или СБЕ. В конструкции самолета всегда можно

найти типовые сборки, геометрию которых можно задать единой вариационной или параметрической моделью. При каждом изменении параметров сборки перестраиваются и чертежи и/или 3D-модели элементов технологической оснастки. Но действия, поддающиеся формализации, экономически выгоднее возложить на ЭВМ, освободив конструктора для решения более сложных задач.

Полезность применения онтологии и концептуальных экспериментов в ЖЦ проектирования и изготовления оснастки очевидна: подобный подход обеспечивает не только выбор оптимальной конструкции с точки зрения изготовления и использования оснастки в производстве, но и снижает риск конструкторских ошибок при

проектировании и способствует более четкой и грамотной постановке задачи на разработку на стадиях формирования ТЗ.

ЖЦ проектирования оснастки в укрупненном виде представлен на рис. 9.

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 и значений терминов. Использование комплекса WIQA в условиях ЖЦ проектирования и изготовления ТО представлено на рис. 10.

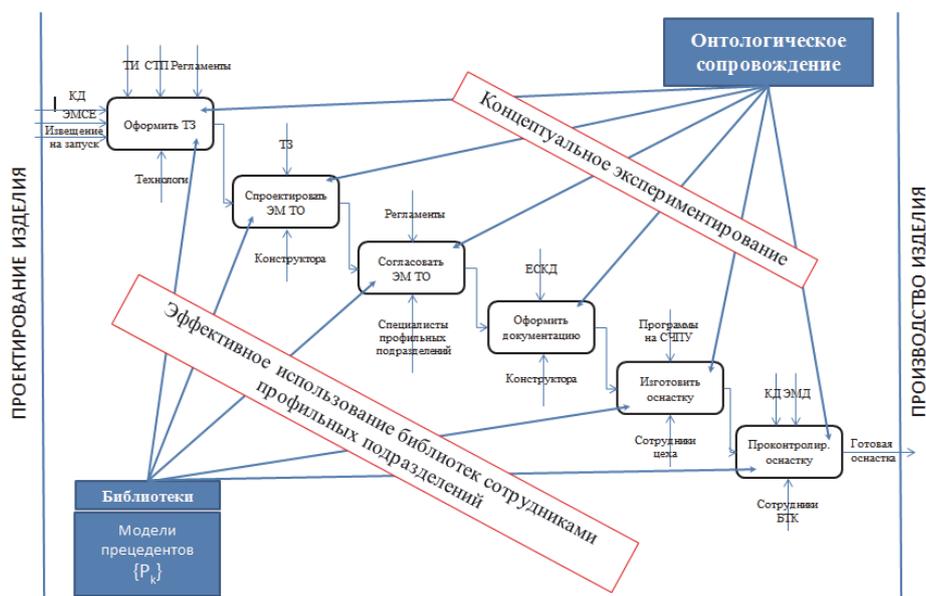


Рис. 9. Укрупненное представление ЖЦ проектирования и изготовления оснастки в условиях ТПП

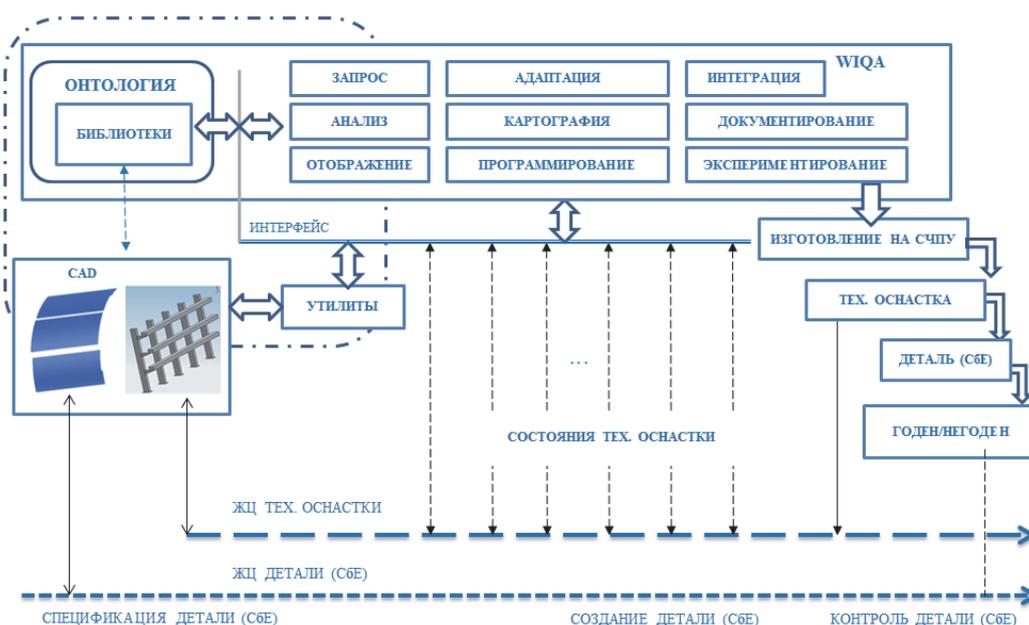


Рис. 10. Место инструментария WIQA в ЖЦ проектирования и изготовления оснастки

ВЫВОДЫ

В статье представлен подход к проектированию стапельно-сборочной оснастки с помощью онтологической поддержки и концептуальных экспериментов при помощи инструментария WIQA. Использование средств WIQA обеспечивает использование не только имеющихся, но и создание новых проектных решений сборочной оснастки, с возможностью спецификации и аккумуляции их моделей в системе онтологии.

Модельное представление оснастки полезно для их повторного использования в задачах, когда модели приходится адаптировать к изменившимся условиям производства, например, при создании новых образцов или модификаций авиационной техники, изменения серийности выпускаемой продукции. Использование проектной онтологии с программным доступом к ее составляющим способствует повышению уровня автоматизации проектно-конструкторских работ в разработке оснастки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боргест Н.М.* Онтология проектирования. Теоретические основы. Часть 1. Понятия и принципы. Самара: СГАУ, 2010. 91 с.
2. *Гришин М.В., Ларин С.Н., Соснин П.И.* Онтология проектирования шаблонов авиационных деталей // Матер. 5-й Международ. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2015). Минск: БГУИР, 2015. С. 381 – 384.
3. *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.
4. *Гришин М.В., Ларин С.Н., Соснин П.И.* Онтология проектирования шаблонной оснастки в авиационном производстве // Онтология проектирования 2016. Т. 6. №1(19). С. 7-28..
5. ОК 012-93 Классификатор ЕСКД, введение. 1.79.100 (с изменениями).
6. *Павлов П.Ю., Соснин П.И., Лебедев А.В.* Онтологическая структуризация в параллельном инжиниринге проектирования сборочных приспособлений для летательных аппаратов. // Известия Самарского научного центра РАН. Самара. 2016. Т. 18. № 1(2). С. 373–377.
7. *Попов П.М.* Правила разработки тезауруса - информационного языка автоматизированных систем. Составление дескрипторного словаря функций авиационного производства. Ульяновск: УлГТУ, 1998. 28 с.
8. *Соснин П.И.* Онтологическая поддержка концептуального экспериментирования в вопросно-ответных моделирующих средах // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям»: науч. издание в 4-х т. М.: Физматлит, 2014. Т. 1. С. 488–495
9. *Соснин П.И., Маклаев В.А.* Инструментальные средства для спецификации концептуализаций в проектировании автоматизированных систем // Онтология проектирования, 2012. № 2. С. 59-52.
10. *Соснин П.И.* Персональная онтология профессионального опыта // Матер. 4-й Международ. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2014). Минск: БГУИР, 2014. С. 147 – 154.
11. *Ширялкин А.Ф.* Основы формирования многоуровневых классификаций естественного типа для создания эффективных производственных сред в машиностроении. Ульяновск: УлГТУ, 2009. 298 с.
12. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / *Пекари А.И., Тарасов Ю.М., Кривов Г.А и др.* М.: Аграф-пресс, 2006. 304 с.
13. Современные технологические процессы сборки планера самолета / Колл. авторов [под ред. Ю.Л. Иванова]. М.: Машиностроение, 1999. 304 с.
14. Технология сборки самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей ВУЗов / *В.И. Ершов, В.В. Павлов, М.Ф. Каширин, В.С. Хухорев.* М.: Машиностроение, 1986. 456 с.

ONTOLOGICAL SUPPORT DESIGN ACTIVITIES IN THE PROCESS OF PREPARATION OF PRODUCTION ON THE BASIS OF THE CONCEPT OF EXPERIMENTS

© 2016 M.V. Grishin¹, A.V. Lebedev², P.I. Sosnin³

¹JSC «Ulyanovsk Instrument Manufacturing Design Bureau»

²Institute of Aviation Technology and Management, Ulyanovsk

³Ulyanovsk State Technical University

The article represented a means to support the design activities of designing production tools in terms of technological preparation of production. The specificity of the approach to the design of equipment defines the use of conceptual experimentation, which is based on the mapping of states template lifecycle on the semantic memory of question-answer type and application of the design of ontology's as a means of accumulation and preservation of experience in the form of case models.

Keywords: ontology, technological equipment, classifier, WIQA, conceptual experiment, design.

Maxim Grishin, Candidate of Technics, Design Engineer at the In-Service and Maintenance Test Equipment Department. E-mail: likani7@mail.ru

Anatoly Lebedev, Associate Professor at the Aircraft Manufacturing Department. E-mail: aw_lebedev@mail.ru

Petr Sosnin, Doctor of Technics, Professor, Head at the Computer Science Department. E-mail: sosnin@ulstu.ru