

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« _____ » « _____ » 2022 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Красноярск 2022

Студенту: Герилович Александру Геннадьевичу,
группа: MT20-04M.

Направление: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Тема выпускной квалификационной работы: «Применение технологии управления знаниями в САПР для разработки 3D моделей волноводных трактов»

Утверждена приказом по университету № 4108/С от 15.03.2022

Руководитель ВКР: Максим Васильевич Лихачев, канд.техн.наук, доцент МБК «Прикладная физика и космические технологии».

Исходные данные для ВКР: Является деталь, входящая в состав антенно-фидерных трактов входящих в систему передачи данных космического аппарата. Такая система передачи данных построена с применением волноводов. Для проведения испытаний необходим персональный компьютер с установленным необходимым программным обеспечением САПР CATIAV5 для достоверности полученных данных.

Перечень разделов ВКР.

1 Постановка задачи.

2 Модуль конструирования волноводов.

3 Оценка эффективности процесса конструкторско-технологической подготовки производства волноводов КА за счет применения технологии управления знаниями в САПР с помощью использования 3D шаблонов.

Перечень графического материала: слайды презентации в количестве 12 шт.

Руководитель ВКР

подпись

М.В.Лихачев

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

А.Г.Герилович

инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 2022 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Применение технологии управления знаниями в САПР для разработки 3D моделей волноводных трактов» содержит 63 страницы текстового документа, 16 иллюстраций, 8 таблиц, 36 использованных источников.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ВОЛНОВОД, САПР CATIAV5, НАПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОДА, ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ, ШАБЛОН ВОЛНОВОДА.

Цель: повышение эффективности процесса конструкторско-технологической подготовки производства волноводов космических аппаратов (КА) за счет применения технологии управления знаниями в САПР с помощью использования 3D шаблонов.

Для достижения поставленной задачи необходимо:

- изучение принципов работы CAD – системы CATIA — Product Knowledge Template;
- изучение и анализ технологии управления знаниями (Knowledge Based Engineering).
- построение рабочего шаблона;
- оценка эффективности применения метода построения 3D шаблонов с применением CAD - систем.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы было выполнено:

- анализ методик построения шаблона;
- построена онтология шаблона;
- построена база данных шаблона волновод.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Волновод как объект исследования, обзор методов и средств автоматизации	10
1.1 Постановка задачи, основные понятия, термины и определения	10
1.2 Волновод и его применение, преимущества и недостатки, типы и изготовление волноводов	11
1.3 Описание и состав программы САТІА	16
1.4 Онтология построения шаблона, параметры, задаваемые при выборе типа волновода	17
1.5 Инжиниринг, основанный на знаниях. Основные, понятия, определения и структура инженерии знаний	22
1.5.1 Основные определения	22
1.5.2 Развитие методологий Knowledge Based Emgineering	22
1.5.3 Параметрическое моделирование с Knowledge Based Emgineering	24
1.5.4 Методологии управления знаниями в инженерном проектировании ..	27
1.5.5 Цель применения Knowledge Based Emgineering	28
1.5.6 Преимущества Knowledge Based Emgineering	28
1.6 Шаблоны Knowledge Based Emgineering	29
1.6.1 Концепция шаблонов	29
1.6.2 Экземпляры шаблона	32
1.6.2 Процесс проектирования на основе шаблонов	33
1.6.3 Управление шаблонами	34
1.6.4 Дерево построения 3D-модели	35
1.7 Автоматизация конструкторской деятельности. САD-системы	35
1.7.1 Применение технологии Knowledge Based Emgineering в САПР САТІА V5 для построения интеллектуальных шаблонов	36
1.7.2 Способы построения конструкторских решений с применением САПР	37

1.8 Выводы по главе 1	39
2 Модуль конструирования волноводов.	40
2.1 Общее описание принципов работы системы	40
2.2 Настройка системы САТІА.....	41
2.3 Требования к моделям приборов.....	43
2.4 Дерево построения изделия волновод.....	45
2.4. Структура и состав шаблона.....	47
2.5 Выводы по главе 2.....	49
3 Оценка эффективности процесса конструкторско-технологической подготовки производства волноводов космических аппаратов за счет применения технологии управления знаниями в САПР с помощью использования 3D шаблонов.	51
3.1 Исходные данные	51
3.2 Временные затраты на формирование новой 3D-модели в зависимости от метода построения.....	53
3.3 Модификация построенной 3D-модели	54
3.4 Анализ результатов исследования.....	55
3.5 Выводы по главе 3	55
Заключение	57
Список использованных источников	59

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни высокотехнологичные отрасли, такие как автомобилестроение или аэрокосмическая промышленность, разрабатывают продукты, которые становятся все более и более сложными и объединяют в себе различные дисциплины. Возрастающая сложность продуктов, короткие циклы разработки и жесткая конкуренция приводят к увеличению сложности разработки продуктов.

Несколько десятилетий назад компьютеры использовались для помощи разработчикам в выполнении нескольких задач, таких как проектирование (автоматизированное проектирование), производство (автоматизированное производство) или анализ (автоматизированное проектирование). Компьютеры дали возможность создавать более сложные продукты и решать новые задачи с применением САПР (Система автоматического проектирования).

Одна из этих проблем касается сотрудничества между инженерами, конструкторами. Жизненный цикл промышленной продукции сложен и включает в себя видения разных инженеров с разными знаниями и опытом, которые в зависимости от обстоятельств занимаются разными видами деятельности в течение многих лет. Кроме того, у них разные взгляды на изготовление продукта в соответствии с их фундаментальными знаниями. Эти взгляды переводятся в различные модели продукта, которые необходимо включить в подробное описание проектируемого продукта. Более того, эти инженеры могут находиться в разных точках мира. Это привело к появлению платформ для совместной работы, которые позволяют нескольким заинтересованным сторонам (или даже командам) эффективно работать вместе над проектом. В области инженерии сотрудничество необходимо для успешного своевременного и качественного выпуска продукта.

Однако взаимодействие между несколькими инженерами с разными точками зрения является источником конфликтов и недопонимания, например, из-за различий в лексике предметной области. Эта работа была проведена в

рамках отраслевого соглашения по обучению через. Помимо совместной работы, еще одним ключевым фактором и проблемой в современном дизайне продуктов является возможность повторного использования существующих знаний в дизайне, продуктах или процессах. Стандартизация и использование общих деталей и платформ является ключевым фактором эффективности в ряде высокотехнологичных отраслей, таких как автомобилестроение. Диверсификация продукции и увеличение модельного ряда стимулировали появление новых инструментов информационных технологий (ИТ) и повлияли на процесс разработки продукции. Одним из основных изменений в этой области за последние годы стало появление инженерии, основанной на знаниях (КВЕ). КВЕ — это большая область на пересечении систем автоматизированного проектирования (САПР), искусственного интеллекта и программирования. КВЕ направлен на облегчение повторного использования знаний между проектами. Это приводит к ускорению проектирования и, следовательно, к сокращению времени и затрат на проектирование продукта. Из различных инструментов, предоставляемых КВЕ, эта работа сосредоточена на инженерных шаблонах, основанных на знаниях.

Тема: применение технологии управления знаниями в САПР для разработки 3D моделей волноводных трактов.

Цель: повышение эффективности процесса конструкторско-технологической подготовки производства волноводов космических аппаратов (КА) за счет применения технологии управления знаниями в САПР с помощью использования 3D шаблонов.

Задачи:

- изучение принципов работы САД –системы CATIA — Product Knowledge Template;
- изучение и анализ технологии управления знаниями (Knowledge Based Engineering).
- построение рабочего шаблона;

– оценка эффективности применения метода построения 3D шаблонов с применением САД - систем.

Объект исследования.

Технология разработки 3D моделей волноводных трактов.

Предмет исследования.

применение технологии управления знаниями в САПР для разработки 3D моделей волноводных трактов.

1 Волновод как объект исследования, обзор методов и средств автоматизации

1.1 Постановка задачи, основные понятия, термины и определения

Сегодня в эпоху жесткой конкуренции, где на предприятиях машиностроения все обусловлено контрактами с конкретными сроками без применения новейших информационных технологий, систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяющих сузить временные рамки от проекта до стадии изготовления и минимизировать вероятность ошибки при проектировании невозможно обеспечить конкурентоспособность изготавливаемой и выпускаемой продукции.

В системах САПР выполняется наиболее творческая работа инженеров - конструкторского проектирования.

Задача настоящей дипломной работы является разработка базы параметрических 3D параметрических шаблонов волноводных трактов с применением САПР верхнего уровня, CATIA V5 с использованием модуля Knowledge Template содержащего в себе инструменты технологии (КВЕ).

В данной работе сборочной единицей является радиотехническое изделие – волновод с входящими в его состав деталями.

Изделие – это любой предмет производства (или их набор), подлежащий изготовлению на предприятии (деталь, сборочная единица и др.) [2]. Изделие является результатом производственного процесса [3,4]. Состав и устройство изделия определяется конструкторской документацией.

Деталь – не специфицированное изделие, изготовленное из однородного материала, без применения сборочных операций [2]. Может быть компонентом изделия, входя в его состав непосредственно или через сборочную единицу [3]

Сборочная единица – специфицированное изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями [4].

1.2 Волновод и его применение, преимущества и недостатки, типы и изготовление волноводов

Волновод — Искусственный или естественный направляющий канал с однородным поперечным сечением, для передачи высокочастотных волн, таких как микроволны, радиоволны, инфракрасные волны путем последовательных отражений от внутренних стенок.

Обычно волноводы представляют собой полые металлические трубы, изготовленные из меди, алюминия или латуни, нередко покрытые на внутренней поверхности золотом или серебром для лучшего распределения электромагнитной энергии (микроволн).

Применение волноводов.

Волноводы используются для направления и распространения электромагнитных волн из одной точки в другую. Обычно они используются для передачи высокочастотных волн, таких как микроволны, радиоволны, инфракрасные волны и т. д.

Преимущества волноводов:

- волноводы просты в изготовлении;
- они могут работать с очень большой мощностью (в киловаттах);
- потери мощности в волноводах очень незначительны;
- энергия микроволн при прохождении по волноводу испытывает меньшие потери, чем по коаксиальному кабелю.

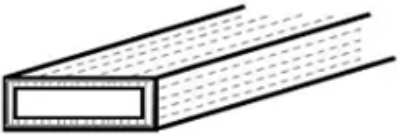
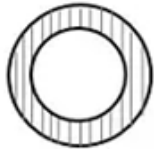
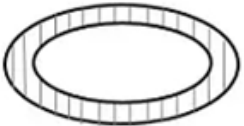
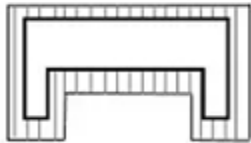
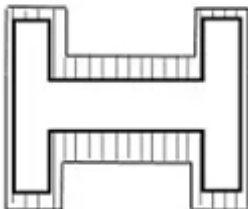
Недостатки волноводов:

- высокая стоимость изготовления. Для его монтажа требуются специальные муфты;
- имеет жесткую конструкцию и недостаточно гибкую;
- несколько больше по размеру в сравнении с другими линиями передач.

Типы волноводов.

Волноводы в зависимости от их поперечного сечения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Типы сечения волноводов

Тип волновода	Внешний вид волновода
Прямоугольный волновод.	
Круглый волновод.	
Эллиптический волновод.	
Одинарный ребристый волновод.	
Двойной ребристый волновод.	

Изготовления волноводов.

По методу изготовления волноводы делятся на две группы:

- полученные методом скрутки и гнутья трубы;
- полученные методом механической обработки.

Типы волноводов, изготовленные из трубы:

- прямой;
- прямая скрутка - волновод состоит из прямого участка переходящего в скрутку;
- изгиб односторонний;
- двойной изгиб – волновод состоит из прямых участков и двух загибов.

Угол и сторона изгиба в зависимости от конструкторской документации;

- скрутка плюс загиб. Волновод состоит из прямых участков, изгибов плавно переходящих в скрутку;
- два загиба плюс скрутка. Волновод состоит из прямых участков двух изгибов плавно переходящих в скрутку.

Типы волноводов, изготовленные методом механической обработки:

- изгиб односторонний;
- двойной изгиб;
- изгиб плюс кручение.

Этот тип волновода характерен тем, что сборка состоит из сборочных единиц полученных методом механической обработки.

Предметом исследования данного дипломного проекта является сборочная единица переходной корпус входящий в сборку волноводного тракта полученного путем мех. обработки, показанный на рисунке 1 с входящими в его состав сборочными единицами приведенных ниже в таблице 2.

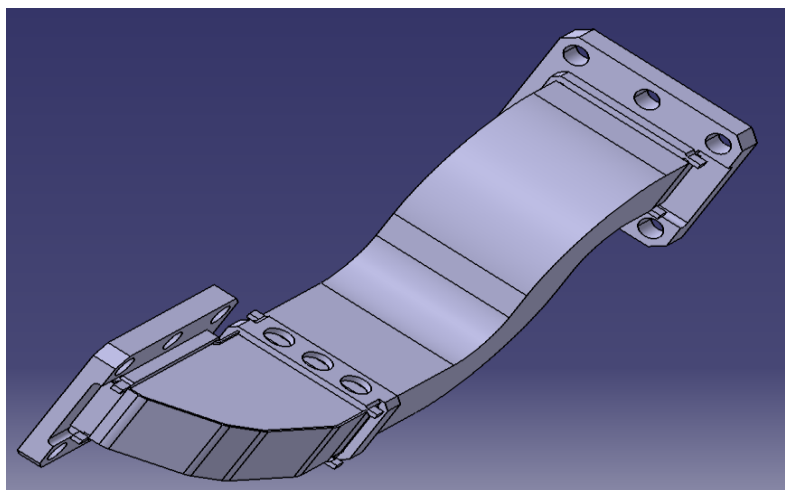
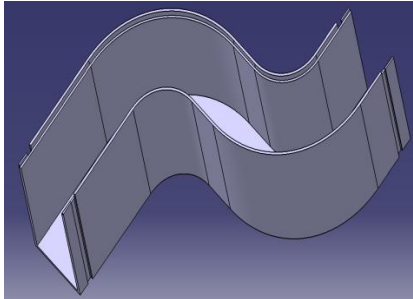
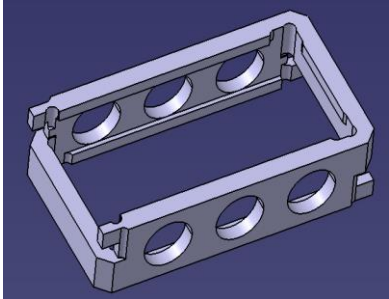
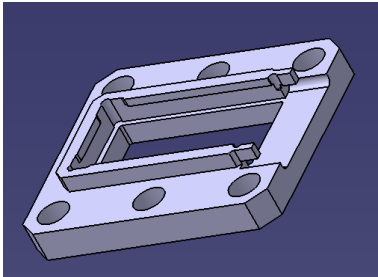
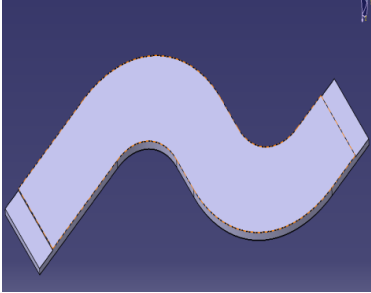
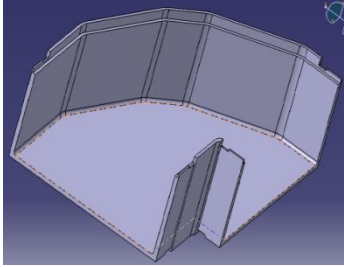


Рисунок 1 - Модель детали волновод

Таблица 2 - Конструктивно функциональные детали, входящие в сборочную единицу волновод

Название детали	Изображение детали
Волноводный тракт.	
Соединительная муфта.	
Соединительные фланцы.	

Окончание Таблицы 2

Крышка волноводного тракта;	 A 3D CAD model of a wavy waveguide cover. The cover is light blue and follows a wavy path. It has a flat top surface and a slightly raised edge. The background is dark blue.
Угловой переходной корпус	 A 3D CAD model of an angular transition body. The body is light blue and has a complex, angular shape. It consists of several rectangular sections joined together. The background is dark blue.

Исходя из того что структура волноводов обладает высокой степенью сходства состоят из канала, корпуса и крышки. Но размерное значение каждого элемента конструкции (ширина и глубина канала; длинна, ширина и высота корпуса) является индивидуальным. Далее в процессе анализа была построена онтология детали волновод и выдвинута гипотеза о целесообразности применения САПР верхнего уровня, CATIA V5 с использованием модуля Knowledge Template содержащего в себе инструменты технологии (КВЕ) по созданию параметрических шаблонов.

CATIA — Product Knowledge Template (PKT) позволяет пользователям легко и в интерактивном режиме собирать инженерные ноу-хау и методологию для высокоэффективного повторного использования [28]. Инструменты, задействованные в модуле (PKT) позволяют интерактивно создавать шаблоны элементов, деталей и сборок, которые инкапсулируют геометрические спецификации, связанные параметры и отношения (знания) для ассоциативного повторного использования [30,31].

1.3 Описание и состав программы САТІА

САТІА — это программное обеспечение для автоматизированного трехмерного проектирования, первоначально разработанное Dassault Aviation для собственных нужд [15,16,28]. Версия 5 САТІА представляет собой систему автоматизированного проектирования/производства/инженерии. Он состоит из различных рабочих столов, которые предназначены для конкретных задач, таких как проектирование деталей и сборок, черчение, анализ конечных элементов, цифровой макет, механическая обработка или программное обеспечение знаний. Важным аспектом САТІА V5 является дизайн, основанный на функциях. САТІА V5 позволяет параметрическое и ассоциативное проектирование с использованием функций. Это означает, что функции могут быть легко изменены путем изменения значения параметров. Модификация признака подразумевает обновление дочерних признаков за счет ассоциации. Этот процесс управляется системой и, таким образом, освобождает проектировщика от управления зависимостями. Следовательно, он может сосредоточиться на дизайне. Функция — это эффективный способ представить дизайнерские замыслы дизайнеров. Результатом проектирования, основанного на функциях, является дерево спецификаций, которое представляет эволюцию проекта.

Продолжая параметрическое проектирование, САТІА V5 предлагает рабочую среду проектирования на основе знаний (КВЕ). Эта система позволяет хранить знания в моделях. Она предоставляет пользовательские параметры, формулы, которые позволяют динамически вычислять значения параметров, правила, которые содержат определенные действия, запускаемые в соответствии с определенными условиями, и проверки, которые предоставляют обратную связь разработчику, если текущая конфигурация действительна в соответствии с заданными требованиями. Инструментальные средства КВЕ также позволяют оптимизировать параметры или определять шаблоны знаний.

1.4 Онтология построения шаблона, параметры, задаваемые при выборе типа волновода

Онтология предоставляет систему отношений, с помощью которых можно моделировать предметную область.

Методология создания онтологий состоит из следующих шагов, которые будут повторяться:

- определить предметную область и объем онтологии;
- возможность повторного использования существующих онтологий;
- определение классов и иерархию классов;
- определите отношения между классами;
- создание образца.

Методология построения шаблона.

Она включает в себя идентификацию процесса разработки онтологии, основанного на прототипах жизненного цикла онтологии и самой методологии. На этапе идентификации описываются задачи по построению онтологии.

Входная онтология построения детали волновод показана на рисунке 2 соответствующий детали волновод. В этом графическом представлении онтологии показана в виде иерархической структуры изделия или как ее ещё можно назвать «скелетон» детали. Онтология построена на параметрах в зависимости от требований к геометрической форме и элементов входящих в сборочную единицу волновод.

В этой области шаблоны используются в качестве строительных блоков, которые могут принимать различные формы благодаря их параметрическому определению КВЕ. Затем эти строительные блоки можно комбинировать вместе для создания различных конфигураций. Это позволяет быстро тестировать несколько вариантов дизайна на ранних этапах проектирования. Сгенерированные варианты можно оптимизировать с помощью многопрофильной оптимизации и дизайна. Является перспективной

методологией в сфере проектирования сложных изделий. Он направлен на решение проблем проектирования, затрагивающих несколько дисциплин, прибегая к методам оптимизации. Благодаря разработанному в настоящее время и использованию примитивов высокого уровня (шаблонов) они решают проблему автоматизации с помощью различных инструментов анализа. Шаблоны КВЕ используются для захвата и записи знаний для обработки и создания геометрии.

Построение структуры шаблона происходит последовательно. На первом этапе выбираем тело волновода, которое автоматически генерируется в зависимости от его типа. А элементы, такие как соединительная муфта и фланец берутся из библиотеки, которая меняется в зависимости от выбранного типа волновода. Более подробно это будет рассмотрено и описано во второй главе.

Шаблоны знаний — это приложения КВЕ, которые обычно постоянно развиваются. Это подразумевает управление версиями, конфигурациями шаблонов и другими вопросами управления данными о продуктах. Кроме того, шаблон может состоять из множества взаимосвязанных элементов. Это приводит к напряженным отношениям, которые также должны быть обработаны.

Требования, предъявляемые к волноводам полученных методом загиба трубы, формируются в зависимости от выбранного типа волновода и представлены в таблице 3.

Таблица 3 - требования, предъявляемые в зависимости от типа волновода

Тип волновода	Предъявляемые требования
Прямой	Общая длинна.
Прямая скрутка	Общая длинна, длинна скрутки, длинна участка до начала скрутки и после, угол скрутки.

Окончание Таблицы 3

Изгиб односторонний	Длинна участка до начала изгиба и после, угол изгиба, радиус внутри и снаружи изгиба.
Два изгиба односторонних	Длинна участка до начала изгиба и после, длинна среднего участка, углы изгиба, радиусы внутри и снаружи изгибов.
Скрутка плюс загиб	Длинна участков до начала загиба и скрутки, угол загиба и скрутки, длинна скрутки.
Загиб скрутка загиб	длинна участков до начала загибов и скрутки, длинна скрутки, угол скрутки и загиба.

Требования, предъявляемые к волноводам изготовленных методом механической обработки, формируются так же от в зависимости от типа волновода и представлены в таблице 4.



Рисунок 2 - Онтология построения шаблона деталь волновод

1.5 Инжиниринг, основанный на знаниях. Основные, понятия, определения и структура инженерии знаний

1.5.1 Основные определения

Шаблоны знаний или КВЕ — это интеллектуальные приложения, предназначенные для хранения ноу-хау и облегчения их повторного использования. Шаблон знаний может быть, например, моделью САД, определенной с помощью элементов КВЕ, таких как формулы или сценарии, для создания динамических компонентов, которые могут адаптироваться к различным контекстам

Шаблоны — это эффективные решения для совместного использования, например, интеллектуальных моделей САПР между несколькими сборками, такими как автомобили в пределах модельного ряда.

Шаблоны КВЕ — это новейшая технология, которая, несмотря на свои преимущества, в настоящее время используется в небольших масштабах в различных отраслях. Препятствием к их принятию является их содержание.

Дизайн — это процесс создания, который в промышленности относится к изобретению и разработке продукта или услуги. Компьютерное проектирование

САД — это использование компьютерных технологий и программного обеспечения для помощи людям в проектной деятельности, такой как архитектура, искусство или инженерия. В центре внимания этой работы находится область инженерии и дизайна продукта

1.5.2 Развитие методологий Knowledge Based Engineering

Было замечено, что приложения КВЕ касаются требований к выявлению, фиксации, структурированию, формализации и внедрению знаний. Но платформы КВЕ поддерживают только реализацию, а не процесс разработки КВЕ. Для управления, защиты и обновления знаний для разработки и

обслуживания системы КВЕ необходимо использовать надежную методологию МОКА (методология и инструменты, ориентированные на приложения, основанные на знаниях) является одним из лучших примеров таких конкретных методологий, предлагающих решения, которые фокусируются на сборе, структурировании, формализации и реализации [6]. МОКА — это европейский исследовательский проект, который был разработан в качестве международного стандарта для разработки систем КВЕ [23]. МОКА можно рассматривать как переход между исходными знаниями и платформой КВЕ, и это широко используемая методология в и аэрокосмической промышленности. МОКА может использоваться для декомпозиции и накопления знаний, которые могут быть связаны с заранее организованной сетью предметной области, к которой могут относиться пользователи с различных точек зрения. МОКА может предоставить основу для сбора и представления знаний.

Фреймворк МОКА работает на двух уровнях: неформальном уровне и формальном уровне. Структура неформального уровня проста и ориентирована на представление и формализацию знаний на языке, понятном человеку, не являющемуся экспертом в языке формализации. Кроме того, рамки неформального уровня позволяют подтвердить полученные знания. Кроме того, этот уровень создает платформу для обмена взглядами и мнениями инженера по знаниям, эксперта и разработчика программного обеспечения. Неформальная модель предлагает реалистичный подход от понятных человеку знаний к формальному представлению в формальной модели. Неформальное знание помогает связать исходное неочищенное знание с текстовой документацией. Неформальная модель представляет собой взаимосвязанный набор форм ICARE: Иллюстрация, Ограничения, Действия, Правила и Объекты. Знания, связанные с составом проектируемого продукта и процессом его проектирования, собираются в виде форм. Форма иллюстрации означает общие знания, описание и комментарии. Формы ограничений используются для воспроизведения взаимосвязанности между сущностями. Формы действий могут выражать этапы разрешения кризиса в процессе проектирования.

Моделирование организованного знания может быть разрешено формой Правил. Формы сущностей используются для определения структуры, функций и поведения продукта иллюстрирует неофициальную структуру модели. Структура формального уровня создает форму кодирования для представления и хранения знаний в компьютере [16]. Сегодня демонстрация формального языка является устоявшейся сферой. В области инженерных знаний, преобразование признанных требований в МОКА в достаточное формальное представление знаний имеет решающее значение [74]. Преобразование неформальной модели в формальную модель может быть выполнено с помощью диаграмм UML (универсальный язык моделирования) в соответствии с правилами, указанными в формальной модели МОКА.

Методология МОКА состоит из шести шагов: определить, обосновать, зафиксировать, формализовать, упаковать и активировать. Несмотря на то, что МОКА была самой успешной методологией на протяжении многих лет, в ней отсутствуют некоторые составляющие:

- МОКА ориентирована на продукт, а не на процесс;
- МОКА ориентирована только на поддержку инженера по знаниям, но не на конечного пользователя (даже несмотря на то, что конечный пользователь является типичным экспертом в предметной области, обладающим знаниями);
- МОКА предлагается как нейтральная методология, механизм представления знаний и вспомогательные инструменты не полностью признаны;
- МОКА не может учитывать сохранение и повторное использование знаний.

1.5.3 Параметрическое моделирование с Knowledge Based Engineering

Благодаря начальной работе твердотельное моделирование заложило основу в 1970-х годах [18]. С тех пор исследователи сосредоточили свое

внимание на разработке методов моделирования. В этом процессе расширенное параметрическое моделирование было впервые представлено в 1980-х годах и стало новой парадигмой для проектирования механических систем САПР. Но Robert Stails [18] утверждает, что настоящее параметрическое моделирование зародилось несколькими десятилетиями ранее. Моделирование и проектирование продукта в подходе параметрического моделирования основано на размерах и построено на наборе математических уравнений для облегчения автоматического повторного использования существующего процесса проектирования на основе результатов инженерного анализа. В подходе параметрического моделирования параметры могут быть изменены оператором по мере необходимости для создания предпочтительной части с использованием метода, основанного на истории, который ведет учет того, как была создана модель. Когда оператор изменяет параметры в модели и регенерирует деталь, программа повторяет операции из истории, используя новые параметры, для создания нового твердого тела. Параметрический дизайн можно рассматривать как мощный, простой и профессиональный экспертный метод последовательного проектирования продукта [35].

В 1989 году Martin и Van [18] обсуждали разработку и модификацию параметрических твердотельных моделей с помощью графического взаимодействия. Их целью было определить взаимосвязь геометрических свойств конструктивного твердого геометрического примитива. Вдохновленные вышеупомянутой исследовательской работой Suzukietal. [18] подробно описал важность геометрических ограничений и рассуждений в САД-системах в 1990 году. Вскоре исследования по параметрическому моделированию постепенно сосредоточились на 3D-моделях. В 1993 году Ререс [18] спроектировал методологию, позволяющую проектировщику строить геометрическую модель с помощью изменений размеров, которые распространяются на модель конечных элементов в средстве моделирования конечных элементов, основанном на трехмерных ограничениях. Позже, с использованием искусственного интеллекта, подход к параметрическому

моделированию поднял САПР на новый уровень. Было предложено множество исследований систем параметрического моделирования для различных экспертных систем для повышения эффективности проектирования. Используя преимущества предварительно созданной базы знаний, Lin и Hsu [13] и Bor-Tsuen Linetal [13] предложили автоматизированную систему проектирования волоочильных штампов. Точно так же Wuetal. разработали полуавтоматическую систему проектирования параметрических литников для литья под давлением [13]. Myung и Han [14] предложили структуру, которая параметрически моделирует станок, поскольку коммерческие САД-системы не могут справиться с параметрическим проектированием моделей сборки. Эта система состоит из коммерческого программного обеспечения САПР с программным интерфейсом API и оболочки экспертной системы. Недавно Gui и Guan [14] использовали параметрическое моделирование в программном обеспечении САТІА для построения 3D-модели планера БПЛА (беспилотного летательного аппарата) и избежали недостатков подхода 3D-моделирования, таких как большие затраты времени, низкая эффективность и плохое взаимодействие. Карлос [9] представил методологию параметрического проектирования под названием «Процедуры проектирования», которая может преодолеть топологические и геометрические ограничения традиционных параметрических моделей. Несколько примеров параметрических моделей, непосредственно управляемых деревом построения САПР, представлены в ссылках. Несколько примеров параметрических моделей, непосредственно управляемых деревом построения САПР, представлены в ссылках. Несколько примеров параметрических моделей, непосредственно управляемых деревом построения САПР, представлены в ссылках.

1.5.4 Методологии управления знаниями в инженерном проектировании

Чтобы обеспечить структурированный способ выявления, сбора, структурирования и формализации инженерных знаний, было создано несколько методологий. Эти методологии предоставляют инструменты и определяют процессы для руководства и обеспечения разработки систем, основанных на знаниях (KBS). KBS — это компьютерные системы, которые могут делать выводы, объяснять или поддерживать решения, используя инструменты искусственного интеллекта для знаний.

Жизненный цикл КВЕ, согласно в методологии МОКА. Жизненный цикл состоит из шести фаз:

- признание потребности;
- определение проблемы;
- захват и моделирование знаний от экспертов предметной области;
- преобразование знаний в формальную модель на основе языка моделирования МОКА, который основан на UML;
- разработать программные приложения для системы на основе формальной модели;
- распространение и поддержка системы КВЕ среди конечных пользователей.

В более общем плане КВЕ показывает свои преимущества в сокращении времени проектирования и, таким образом, экономит время для творческих или инновационных задач, а также дает возможность создавать большее количество концепций дизайна с одной и той же моделью.

Благодаря КВЕ также можно создавать универсальные интеллектуальные модели САПР, чтобы их можно было использовать в различных контекстах. В 2007 применили методологию МОКА для облегчения создания генеративных

моделей в CATIA V5. Формы МОКА использовались для сбора знаний, тогда как формализация и упаковка знаний были реализованы в CATIA V5.

1.5.5 Цель применения Knowledge Based Engineering

КВЕ используется в основном для поддержки и улучшения проектирования сложных механических систем путем автоматизации повторяющихся и непроизводственных операций. Это также позволяет повысить качество продукции вследствие уменьшения влияния человеческого фактора. Следовательно, КВЕ позволяет получить конкурентное преимущество. Это достигается за счет фиксации и повторного использования знаний. Сила КВЕ в разработке продуктов обеспечивается инструментами автоматизации, такими как сценарии или правила, которые обеспечивают интеллектуальное решение и решение для хранения знаний. Используя автоматизацию, КВЕ также позволяет легко создавать различные варианты дизайна из одной модели.

1.5.6 Преимущества Knowledge Based Engineering

КВЕ предоставляет различные преимущества по сравнению с традиционными компьютерными информационными системами.

Наиболее очевидным преимуществом использования системы КВЕ является сокращение времени выполнения задачи. Это особенно заметно при разработке продуктов со следующими свойствами:

- продукты с высокой степенью сходства между собой (Чем выше сходство, тем больше параметров можно использовать повторно);
- продукты, требующие большого количества проектных конфигураций.

Экспертные системы на основе правил были первой КВЕ. КВЕ может помочь пользователям в принятии более эффективных решений, позволяя им работать на более высоких уровнях знаний, производительности и

согласованности что может привести к сокращению на проектирование до 80% что показано на рисунке 5 за счет заранее построенных шаблонов, модулей тем самым позволяет больше времени уделять творческой работе. Точно так же полезен, когда знания недоступны или когда данные должны быть эффективно сохранены для будущего использования. Он также предоставляет единую платформу для крупномасштабных знаний. Наконец, используя сохраненные данные, KBS может генерировать новые знания.

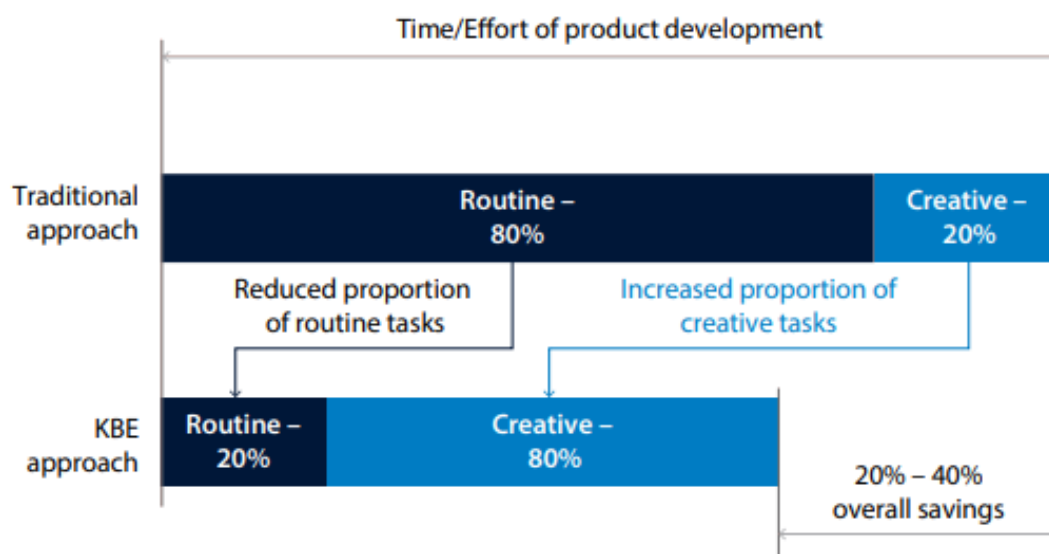


Рисунок 5 - Преимущество инженерии с применением КВЕ перед традиционным методом проектирования

1.6 Шаблоны Knowledge Based Engineering

1.6.1 Концепция шаблонов

Инженерные шаблоны, основанные на знаниях, — это интеллектуальные и генеративные приложения, предназначенные для хранения проектных знаний и восстановления их простым, быстрым и удобным способом [33]. У них есть возможность адаптироваться к данному контексту в отношении некоторых предоставленных входных данных из контекста, чтобы выполнять функцию,

такую как предоставление геометрии или выполнение некоторых вычислений. Это достигается благодаря элементам КВЕ, например, формулам, правилам, сценариям и т. д. Шаблоны можно рассматривать как готовые к использованию модели, на которые можно ссылаться и которые можно использовать из библиотек так же, как элементы дизайна САПР.

Использование шаблонов знаний было вызвано многочисленными факторами. Шаблоны используются для хранения и повторного использования определенных ноу-хау или лучших практик внутри компании. Эти знания могут относиться к компоненту или процессу. Аспекты, связанные с производственным процессом, также могут быть интегрированы в шаблон. Еще один аспект заключается в том, что шаблоны могут содержать обходные пути для конкретных проблем проектирования, которые могут возникнуть в конкретной конфигурации. Эти обходные пути могут быть активированы благодаря правилам и, таким образом, позволяют инженерам не сталкиваться с общими проблемами. Механизмы шаблонов также можно использовать для предоставления стандартизированных моделей. Стандартизация и использование общих деталей и платформ является ключевым фактором эффективности в автомобильной ракетной - космической промышленности. Таким образом, один документ-шаблон может содержать несколько стандартизированных конфигураций детали. Это упростит обслуживание набора стандартных моделей одного типа, так как все варианты будут собраны в рамках одной модели [37].

Шаблон можно рассматривать как блок с входными данными, которые устанавливаются в процессе создания образца и выходными данными.

Входы и выходы могут быть различных типов, таких как элементы геометрии или параметры. В основном содержание шаблона можно разделить на три части. Сначала «адаптер», который собирает входные данные шаблона. Модель адаптера, которую также иногда называют деревом построения или «скелетом», состоит из базовых геометрических элементов (точки, линии, плоскости), которые определяют «функциональную» часть шаблона.

Основными компонентами шаблона является «функциональная» часть, которая реализует функцию шаблона, например, расчет или генерация геометрии для шаблона САПР. Он управляется ссылками на модель адаптера и, таким образом, трансформируется вместе с ней. «Выходная» часть — это интерфейс, который предоставляет ссылки на указанные элементы внутри функциональной части. Использование шаблонов знаний было вызвано многочисленными факторами. Шаблоны используются для хранения и повторного использования определенных ноу-хау или лучших практик внутри компании. Эти знания могут относиться к компоненту или процессу. Аспекты, связанные с производственным процессом, также могут быть интегрированы в шаблон. Еще один аспект заключается в том, что шаблоны могут содержать обходные пути для конкретных проблем проектирования, которые могут возникнуть в конкретной конфигурации. Эти обходные пути могут быть активированы благодаря правилам и, таким образом, позволяют инженерам не сталкиваться с общими проблемами. Механизмы шаблонов также можно использовать для предоставления стандартизированных моделей. Стандартизация и использование общих деталей и платформ является ключевым фактором эффективности в автомобильной промышленности. Таким образом, один документ-шаблон может содержать несколько стандартизированных конфигураций детали. Это упростит обслуживание набора стандартных моделей одного типа, так как все варианты будут собраны в рамках одной модели.

Шаблоны — это элементы, которые эволюционируют в течение своего жизненного цикла. Шаблоны предназначены для выполнения функции. Они являются подходящим подходом для интеграции проверенных концепций в новые продукты. Итак, первый шаг — разработать структуру и содержимое шаблона, чтобы обеспечить функциональность. После создания он тестируется, чтобы исправить любую проблему, прежде чем запускать его в производство.

Шаг сбора направлен на сбор ресурсов шаблона, которые являются элементами, связанными с дизайном шаблона, такими как контексты

тестирования или документация шаблона. Затем следует этап развертывания, на котором шаблон предоставляется инженерам, которые могут использовать его в своем проекте. Следующий шаг касается обслуживания шаблона. Шаблоны можно обновлять для различных целей, например для исправления.

1.6.2 Экземпляры шаблона

Создание экземпляра — это процесс, состоящий в создании копии шаблона и помещении его в определенный контекст[21]. Контекст определяет, где используется шаблон. Это может быть сборка, деталь, процесс или даже другой шаблон, где последний приведет к переплетению шаблонов. В процессе создания экземпляра назначаются входы экземпляра шаблона. На рисунке 6 представлена структура, полученная в результате создания экземпляра шаблона. Полученный результат является экземпляром шаблона который получает входные данные из различных источников, называемых «внешними спецификациями».



Рисунок 6 - Шаблон САПР в контексте с потоком ссылок

Источниками данных являются концептуальная модель, представляющая собой модель очень высокого уровня, содержащую глобальную структуру продукта. Спецификации конструкции связаны с требованиями, например, к длине детали. Компоненты — это другие элементы, присутствующие в контексте, такие как детали САПР [13]. Как только экземпляр находится в контексте и назначены входные данные, он адаптируется в соответствии с входными данными. Поток ссылок представляет собой обмен данными между различными частями. Благодаря элементам КВЕ, таким как формулы и правила, будет настроена модель адаптера, содержащая базовую геометрию. Затем элементы, присутствующие в строительной части, будут следовать модификациям модели адаптера, считывая данные из опубликованных элементов, на которые они ссылаются, и таким образом генерировать или адаптировать свою геометрию в случае экземпляра шаблона CAD.

Разработчик шаблона может предоставить важные компоненты или данные шаблона, чтобы их можно было быстро идентифицировать как пользователей шаблона. Поток данных (стрелки) основан на «публикациях», которые являются формальными выходными данными. Цель использования публикаций — предоставить именованную ссылку на элемент в документе, который можно легко распознать и указать.

1.6.2 Процесс проектирования на основе шаблонов

Использование шаблонов знаний влияет на дизайн продуктов. Далее более детально это будет рассмотрено на создании шаблона переходного корпуса. В этой области шаблоны используются в качестве строительных блоков, которые могут принимать различные формы благодаря их параметрическому определению КВЕ. Это позволяет быстро тестировать несколько вариантов дизайна на ранних этапах проектирования.

1.6.3 Управление шаблонами

Шаблоны знаний — это приложения КВЕ, которые обычно постоянно развиваются [24]. Это подразумевает управление версиями, конфигурациями шаблонов и другими вопросами управления данными о продуктах. Кроме того, шаблон может состоять из множества взаимосвязанных элементов. Это приводит к напряженным отношениям, которые также должны быть обработаны.

Использование шаблонов приводит к созданию нескольких экземпляров, расположенных в разных контекстах. Когда входные данные экземпляра шаблона установлены, он создает новые отношения между экземпляром и элементами, присутствующими в контексте. Управление результирующими ссылками представляет собой еще один очень важный аспект управления шаблонами.

Шаблоны модифицируются в течение их жизненного цикла. Эти изменения повлияют на связанные документы. Однако обновление связанных документов не всегда заключается в обновлении значений параметров, а также в изменении геометрии.

В некоторых случаях новая версия шаблона, полученная в результате обновления, должна быть распространена, т. е. ее экземпляры также должны быть обновлены, чтобы воспользоваться преимуществами изменений. Распространение последних версий шаблона также уменьшит количество различных используемых версий шаблона, что облегчит обслуживание. Однако обновление экземпляра шаблона может повлиять на контекст, в котором он используется, посредством модификации входных/выходных данных шаблона

Этот аспект также следует учитывать при обновлении экземпляра шаблона.

Управление обновлениями решает многие проблемы. Как упоминалось ранее, количество параметров и ссылок в больших сборках или шаблонах КВЕ может достигать нескольких тысяч. Экземпляры шаблонов подвержены такому

же поведению. Таким образом, обслуживание в целом является сложной задачей из-за большого объема данных.

1.6.4 Дерево построения 3D-модели

Конструкторская 3D-модель изделия - полностью описывается «конструкторским» деревом построения, показывающее последовательность построения, информацию о конструкции изделия и установленными взаимосвязями между процессами ее построения [19].

Электронная 3D-модель, как конструкторское решение, обладает конструктивно-функциональной целостностью, последовательно закладываемой в процессе ее построения [17].

1.7 Автоматизация конструкторской деятельности. САД-системы

Система автоматизированного проектирования (САПР) определяется как любая проектная деятельность, которая включает эффективное использование компьютера для создания, изменения, анализа или документирования инженерного проекта.

Цель САПР – это оптимизация использования труда проектировщиков, конструкторов и других специалистов для повышения эффективности процесса проектирования (сокращение временных затрат и трудоемкости) одновременно с улучшением качества результатов проектной деятельности [34]

Есть несколько веских причин для использования САД-системы для поддержки функции инженерного проектирования:

Повысить производительность дизайнера. Это достигается путем оказания помощи дизайнеру в концептуализации продукта и его компонентов. В свою очередь, это помогает сократить время, необходимое дизайнеру для синтеза, анализа и документирования проекта.

Чтобы улучшить качество проектирования, использование САД-системы с соответствующими аппаратными и программными возможностями позволяет проектировщику выполнить более полный инженерный анализ и рассмотреть большее количество и разнообразие вариантов проектирования.

Совершенствовать конструкторскую документацию. Графический вывод системы САПР приводит к лучшему документированию проекта, чем то, что практично при ручном черчении. Инженерные чертежи превосходны, среди чертежей больше стандартизации, меньше ошибок в чертежах и больше разборчивости.

Создать производственную базу данных. В процессе создания документации для проектирования изделия (геометрическая спецификация изделия, размеры компонентов, спецификации материалов, спецификация и т. д.) также создается большая часть необходимой базы данных для изготовления изделия.

1.7.1 Применение технологии Knowledge Based Engineering в САПР CATIA V5 для построения интеллектуальных шаблонов

Современные САПР верхнего уровня на примере CATIA V5 содержат в себе инструменты технологии Knowledge Based Engineering (КВЕ) [11],[12].

Пользователи могут внедрять знания в свой дизайн с помощью формул, правил, реакций и проверок, которые можно использовать в любое время.

Особенности продукта:

- собирает и выделяет инженерные знания в виде встроенных проектных спецификаций;
- обеспечивает простое определение и понимание ноу-хау;
- поддерживает расширенный реляционный дизайн;
- использует капитал знаний для автоматизации задач проектирования;

- использует ноу-хау, чтобы направлять и помогать пользователям на различных этапах проектирования;
- разделяет и обеспечивает соблюдение правил проектирования и ограничений.

1.7.2 Способы построения конструкторских решений с применением САПР

Способы построения:

- библиотека 2D-фрагментов и 3D-моделей

Простейшим средством построения являются построение модели методом прямого моделирования [14], где все элементы геометрии связаны по какому-либо (зачастую, конструктивному) признаку. Такие библиотеки не имеют дерева построения, что затрудняет редактирование. Построение геометрии осуществляется в построении граней, вершин, прямых, и.т.д.

- библиотека шаблонов 3D-моделей.

Более сложным инструментом построения 3D моделей за счет построения связей, зависимостей, задания формул и правил. Библиотеки шаблонов имеют дерево построения, что дает пользователю просматривать всю хронологию построения изделия, сборки. Библиотеки шаблонов представляют геометрию в параметризованном виде, позволяя избавить инженера от необходимости ручной доработки выбранного элемента библиотеки [11, 15]. Закладывание условий и ограничений на параметры позволит задавать определенный класс компонент с общей спецификой. При работе с такой библиотекой пользователь выбирает нужный шаблон и задает значения исходя из технического задания вследствие чего, получая на выходе конкретное решение (экземпляр), которое также можно модифицировать в дальнейшем.

- специализированная пользовательская библиотека

Так как первый и второй метод построения обеспечивает лишь традиционный и параметрический подход к построению 3D-моделей, они не способны в полной мере собрать в себя конструкторские решения [16], – это обеспечивается специализированными пользовательскими библиотеками – гибкими функциональными приложениями. Формирование таких библиотек трудоемкий и сложный процесс как показано для сравнения в таблице 5. Создание это процесс в некоторых случаях требующий навыков программирования. Очевидно, что процесс построения таких инструментов достаточно трудоемок [15], однако они являются мощным инструментом, и служит для решения узких и конкретных задач в узкой конструкторской деятельности.

Таблица 5 - Сравнение способов построения в САПР.

	Традиционный способ (прямое моделирование).	Библиотека шаблонов.	Специализированная библиотека.
Трудоемкость создания.	Низкая.	Средняя.	Высокая.
Навык программирования при создании.	Не требуется.		Необходим.
Подход к построению геометрии.	Традиционное моделирование.	Смешанное (Традиционное так и с применением баз знаний)	Применение баз знаний.

Из таблицы 5 видно, что первый тип построения обеспечивает минимальную автоматизацию при выборе хранящихся в ней компонентов, при этом автоматизация модификации и редактирования не поддерживается – пользователь при необходимости самостоятельно редактирует выбранный элемент, однако при этом обобщение проектных решений может проводиться по любому признаку (на усмотрение инженера).

Второй тип библиотек обеспечивает модифицируемость элементов за счет задания шаблона как в явном так и в неявном виде в неявном виде (параметризованно), т.е. модифицируется только результирующая 3D-модель, но не ее структура (ввиду отсутствия условных ветвлений), а следовательно проектные решения обобщаются до уровня геометрического подобия. Группа шаблонов также может обобщаться по любому признаку.

Третьему типу библиотек свойственна высокая степень автоматизации при выборе элементов с их последующим редактированием и модификацией за счет поддержки условных ветвлений, позволяющие изменять не только геометрию, но и скрываемую за нею структуру конструкторского решения. Такие библиотеки наиболее эффективно обобщают решения до уровня структурного подобия [15].

1.8 Выводы по главе 1

Выводы по главе 1:

– технологическая документация, описывающая изделия (внешний вид, требования, предъявляемые к изделию) содержит в себе всю информацию необходимую для начала этапа проектирования.

– рассмотренные методы построения 3D-модели имеют ряд как сильных, так и слабых сторон. В процессе анализа выделяться конструирование с применением баз знаний и применение специализированных библиотек.

Вследствие анализа методов построения 3D-моделей решение принимается, что для проверки гипотезы и продолжения эксперимента целесообразен подход, с использованием инженерии знаний обеспечивающий полное построение 3D-модели в зависимости от требований которые формируются следующим образом:

Визуализация структуры проектируемого изделия в виде дерева построения иерархической структуры 3D-модели.

2 Модуль конструирования волноводов

2.1 Общее описание принципов работы системы

Сборка волновода в системе моделируется в виде набора подборок-секций, создаваемых с использованием шаблонов CATIA. Каждая секция содержит волноводную трубу и до двух фланцев или соединительные муфты. Бывают два типа шаблонов: односторонние и двусторонние. При вставке одностороннего шаблона указывается одна система координат фланца, а при вставке двустороннего – две противоположные. Односторонний шаблон с одной стороны устанавливается либо на фланец прибора, либо на конец предыдущей секции. Положение второго конца секции в этом случае определяется её размерами, заданными в процессе конфигурирования. Двусторонний шаблон требует указания двух противоположных фланцев, и его геометрия, в основном, определяется положением этих фланцев. Сборка волновода может содержать только одну двустороннюю секцию. Если изменить взаимное положение приборов, соединенных волноводом, то перестроится только двусторонняя секция. Односторонние секции при этом перемещаются как одно целое.

Дальнейшее конфигурирование шаблона осуществляется путем модификации параметров в разделе дерева сборки «Параметры». Большинство параметров опубликовано для быстрого доступа.

Сборка секции волновода (фланец-трубу-фланец) вставляется в сборку всего волновода в виде сборки CATIA (CATProduct). Реализовать вставку нескольких деталей секции на одном уровне или вставку компонента не позволяет функционал CATIA. СТП 161 [16] допускает вставку вспомогательных подборок с суффиксом «MB». Структура модели со вспомогательными подборками корректно обрабатывается модулем формирования электронной структуры изделия системы Smarteam. Для этого вспомогательной подборке должен быть назначен атрибут «phantomassembly».

2.2 Настройка системы CATIA

Для функционирования системы CATIA необходимо произвести следующие настройки как показано на рисунке 7,8,9,10.

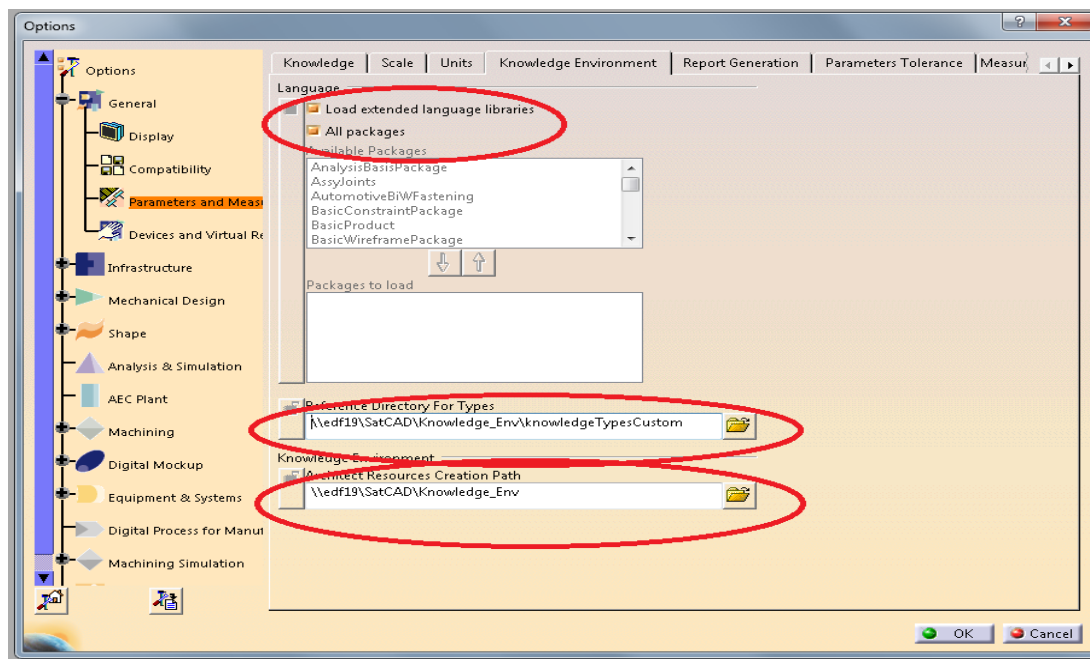


Рисунок 7 - Настройка системы CATIA

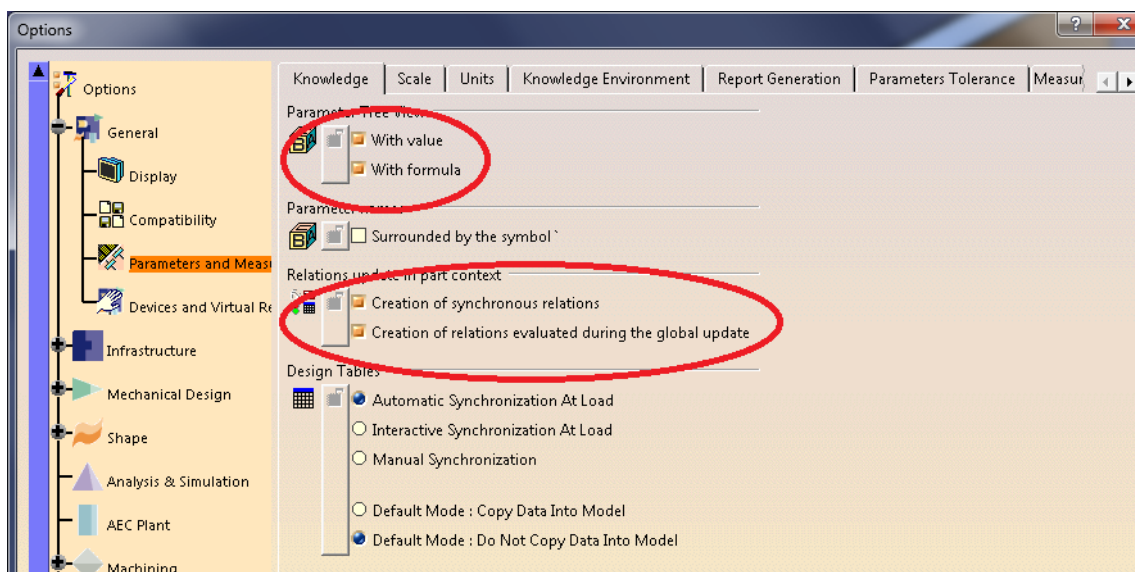


Рисунок 8 - Настройка системы CATIA

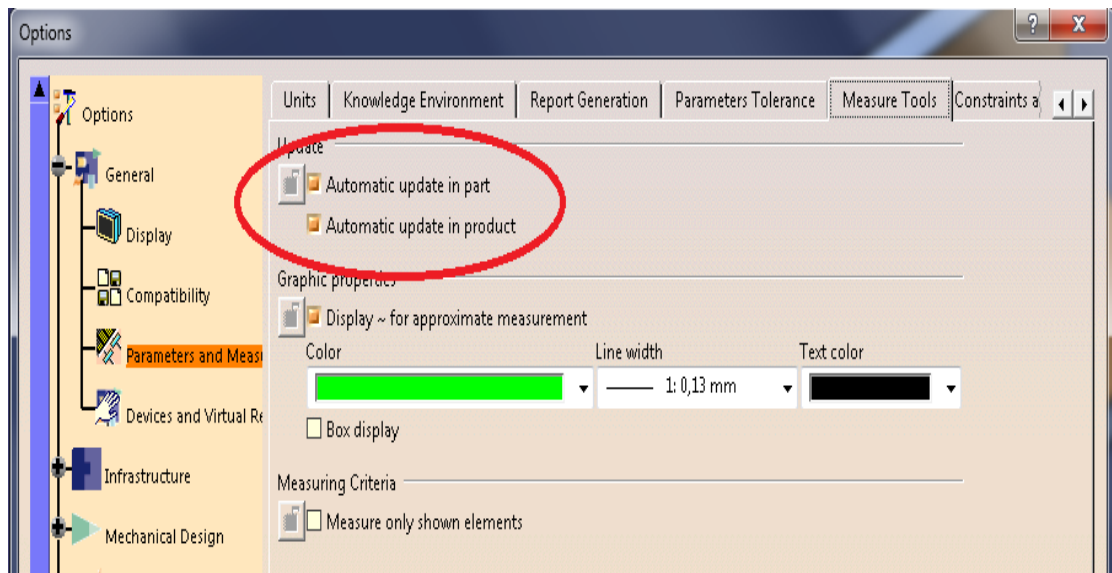


Рисунок 9 - Настройка системы САТИА

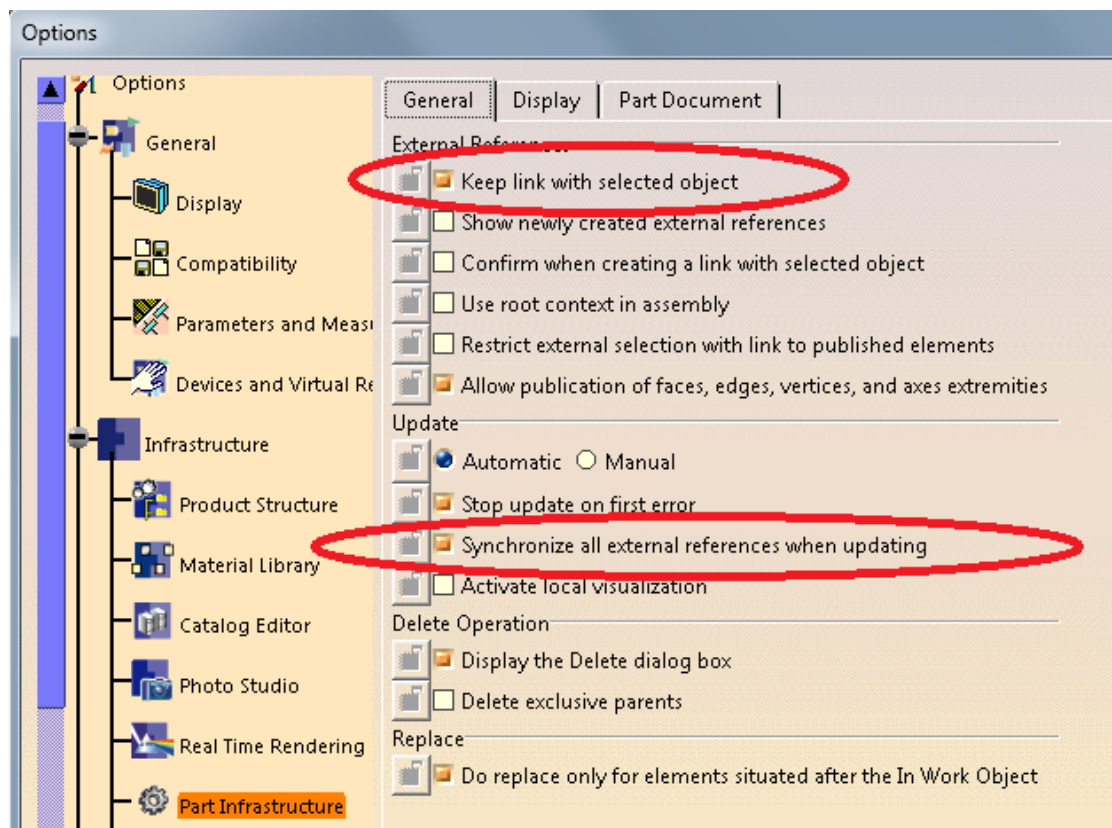


Рисунок 10 - Настройка системы САТИА

2.3 Требования к моделям приборов

Для того чтобы шаблон присоединился к фланцу волновода на приборе, на пересечении контактной плоскости фланца и оси волновода должна быть создана и опубликована система координат (СК). Ось Z СК должна быть направлена наружу прибора, перпендикулярно контактной плоскости как показано на рисунке 11. Ось X должна быть ориентирована вдоль широкой стороны волновода. Положение оси Y не регламентируется. СК должна быть опубликована. Имя СК в публикации не регламентируется.

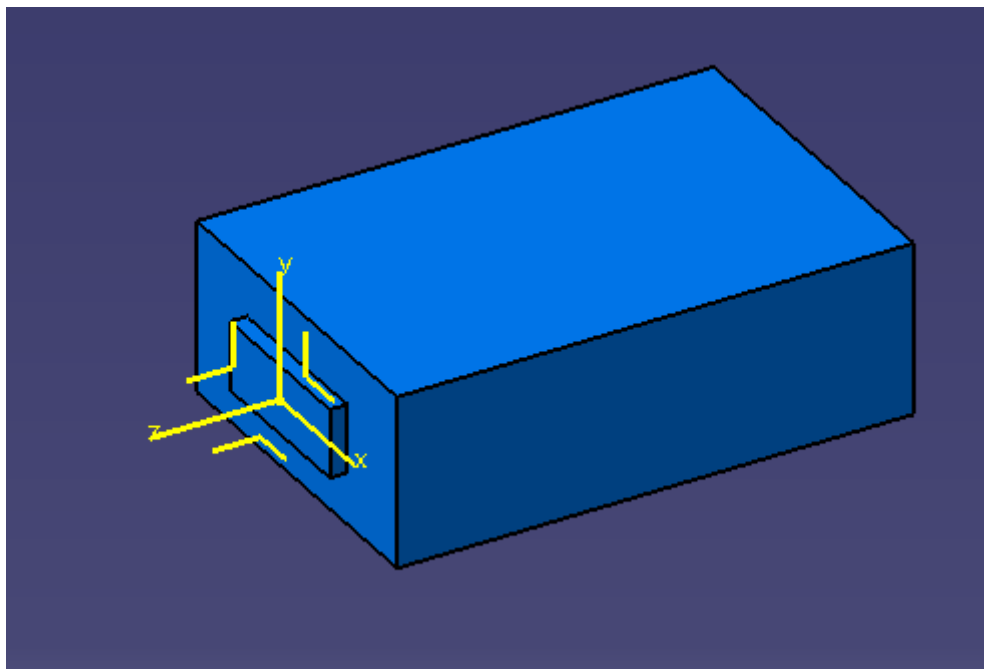


Рисунок 11 - Расположение осей координат относительно прибора

В случае, если модель прибора не содержит опубликованных СК, в сборку волновода вставляется деталь из каталога «Коннектор в прибор». Данная деталь содержит опубликованную СК, и должна быть с позиционирована в сборке волновода относительно прибора с использованием сборочных ограничений, или иным способом.

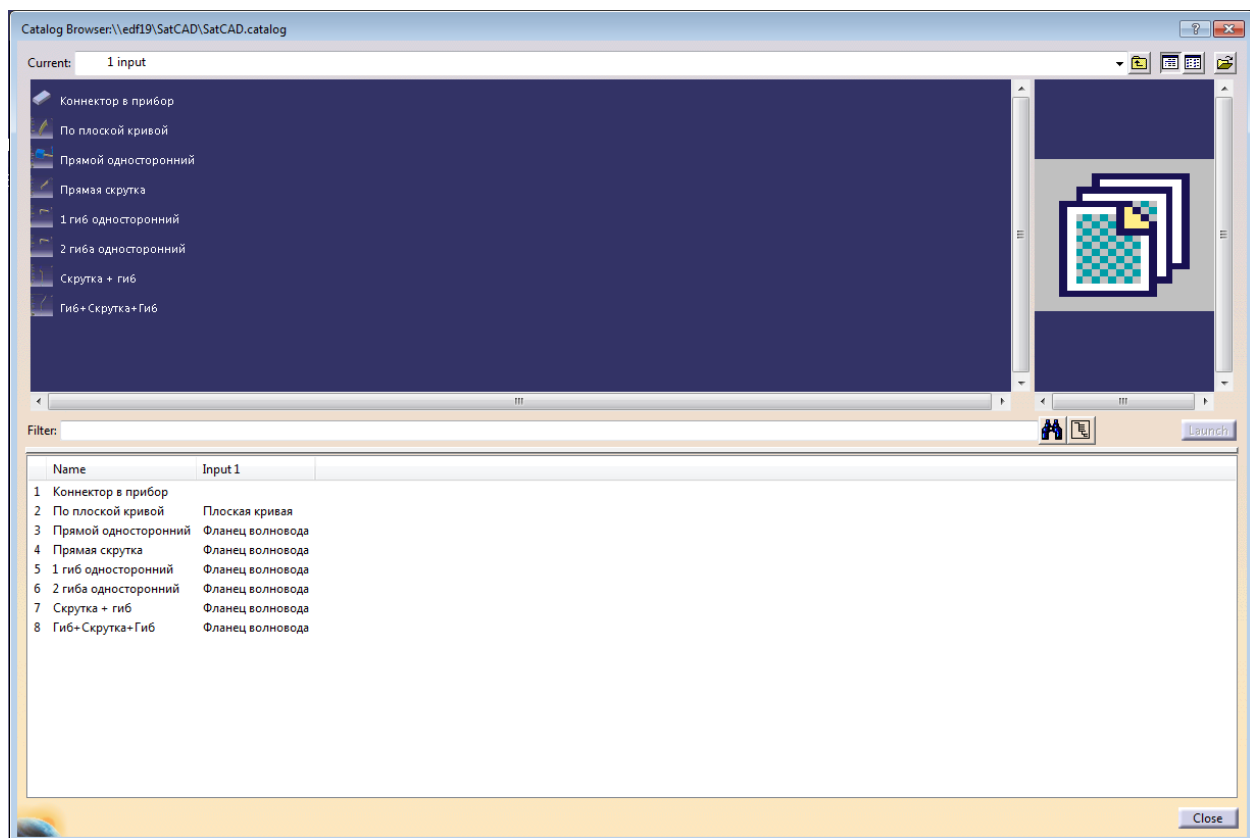


Рисунок 12 - Виды и выбор шаблона

После выбора систем координат станут доступны параметры, которые позволяют задавать параметры волновода, показанные на рисунке 12. Значения параметров необязательно задавать на этом этапе, так как редактирование их может происходить в любой момент работы с ними.

Процесс вставки шаблона завершается выбором с последующим нажатием кнопки ОК. При этом создаётся новая подборка секции волновода, новая деталь для трубы, и в сборку секции вставляются две модели фланцев из библиотеки. После этого, созданная подборка больше не взаимодействует с шаблоном.

Далее выбираем из Библиотеки фланцев и муфт, которые, и могут быть использованы независимо. Все фланцы и муфты размещены в сформированной библиотеке. Обозначение разделки фланца, соответствующее ТУ отражено в обозначении фланца и в 3D аннотации в модели.

2.4 Дерево построения изделия волновод

Пример отображения конструкторской структуры изделия волновод представлен на рисунке. Как видно на рисунке структура изделия отображается как иерархическая последовательность взаимосвязанных элементов в дереве построения 3D модели. Элемент такой как «Параметр» в дереве построения находится на верхнем уровне дерева построения тем самым являясь основой 3D-модели, а все последующие элементы системы являются второстепенными независимо от их расположения.

Таким образом, пользователь в процессе конструирования в САД-системе определяет требуемую конфигурацию проектируемого изделия

Изменение значений входных параметров дочерних элементов приводит к мгновенному перестроению шаблона посредством связей «формул».

В дереве построения представленного на рисунке 11 обобщенно содержится все множество решений, заданных посредством параметров, алгоритмов, маршрутов конструирования, формул и реакций. Результатом наполнения всех второстепенных параметров является построения 3D-образа представлен на рисунке 13. Также на данном рисунке представлена модель сформированного изделия.

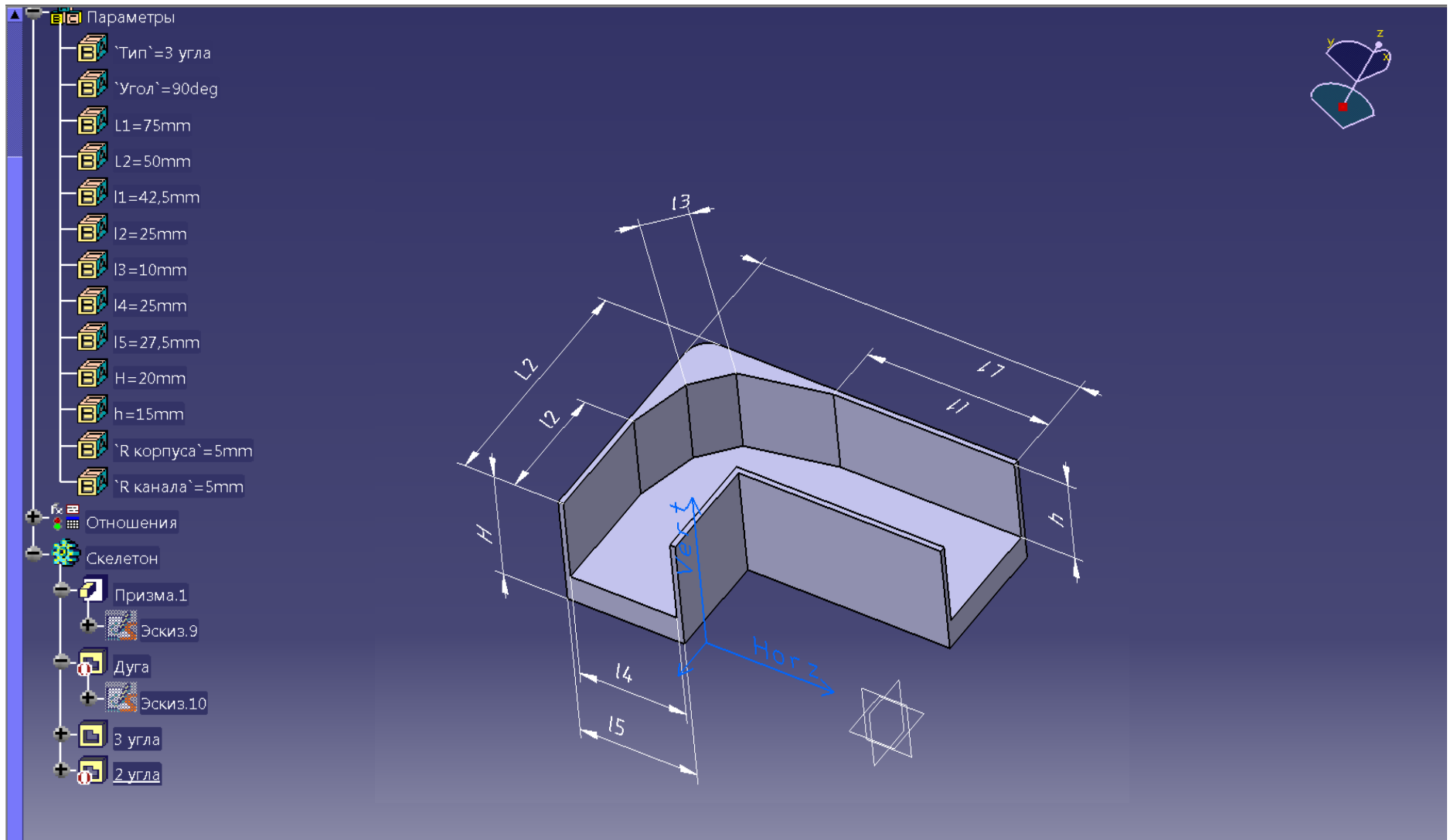


Рисунок 13 - Дерево построения

2.4. Структура и состав шаблона

При выборе конкретной конфигурации шаблона в разделе «тип» открывается окно с выбором входящих в нее параметров исходных данных (волновод формы дуга, волновод с двумя гранями, волновод с тремя гранями) с которым предстоит работать. При выборе конкретного типа предоставляется доступ к переменным «Параметры» показанных на рисунке 14. В зависимости от выбора тип волновода предоставляется доступ только к тем задаваемым пользователям исходных параметров, которые относятся к данному типу волновода, а модель перестраивается автоматически и остается неизменной. При этом пользователь в процессе работы с CAD-системой просто и непринужденно может редактировать входящие в состав конструкторской документации необходимые параметры к таким относятся:

- числовые значения необходимые для построения шаблона: длина, ширина, высота, глубина и ширина канала, радиус скругления и т.д.
- геометрические элементы (базовая плоскость, точка привязки)

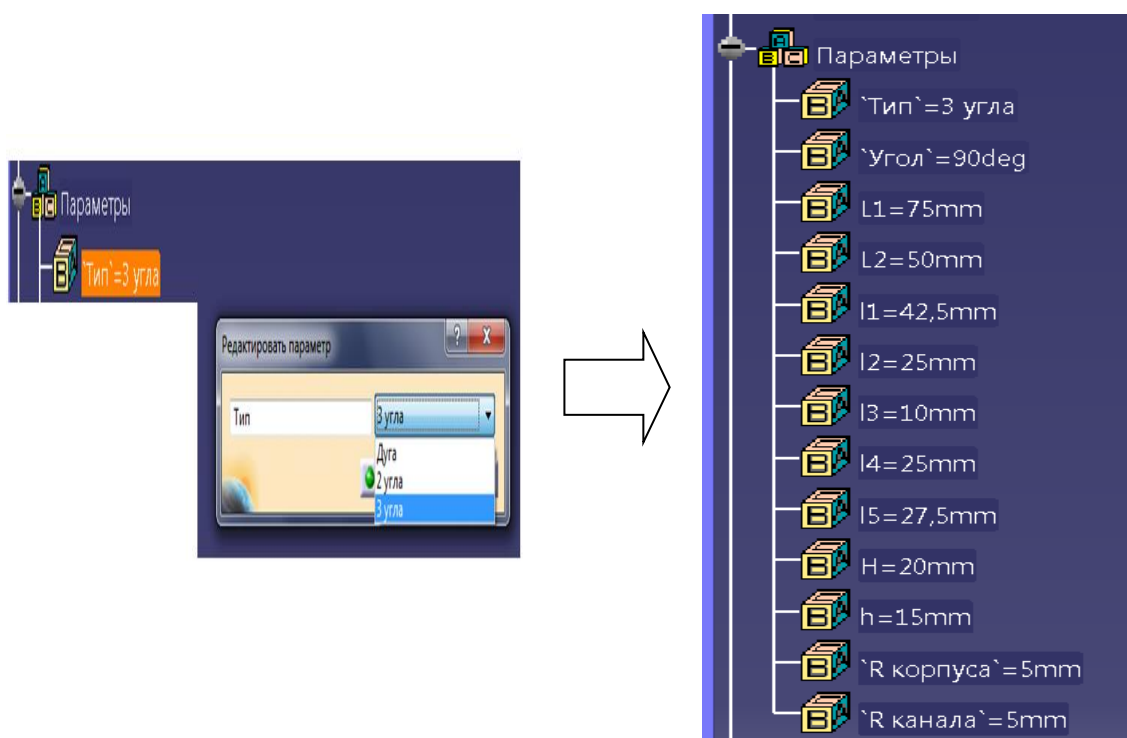


Рисунок 14 - Окно библиотеки «Параметры»

Заключительным этапом является написание программного кода показанного на рисунке 14 осуществляющий переход и построение 3D модели в зависимости от выбора типа волновода.

Каждый из параметров находящийся в иерархической системе несет в себе конструктивно-функциональный смысл, количество этих параметров определяется автоматически в зависимости от выбора типа рабочего тела тем самым позволяя максимально быстро и с максимальной безопасностью пользователя, так как уменьшается действие человеческого фактора. Все связи сформированы по средствам математических вычислений, а так же задаваемых условий «если - то» для продолжения работы системы.

Изменение значений входного параметра «тип» при помощи написанного программного кода показанного на рисунке 15 при поддержке модуля «реакция» меняет маршрут по принципу (если да- то) формируя уже новый набор параметров и, как следствие, новую конструкцию, отличающуюся как геометрически, так и по количеству входных параметров элементов.

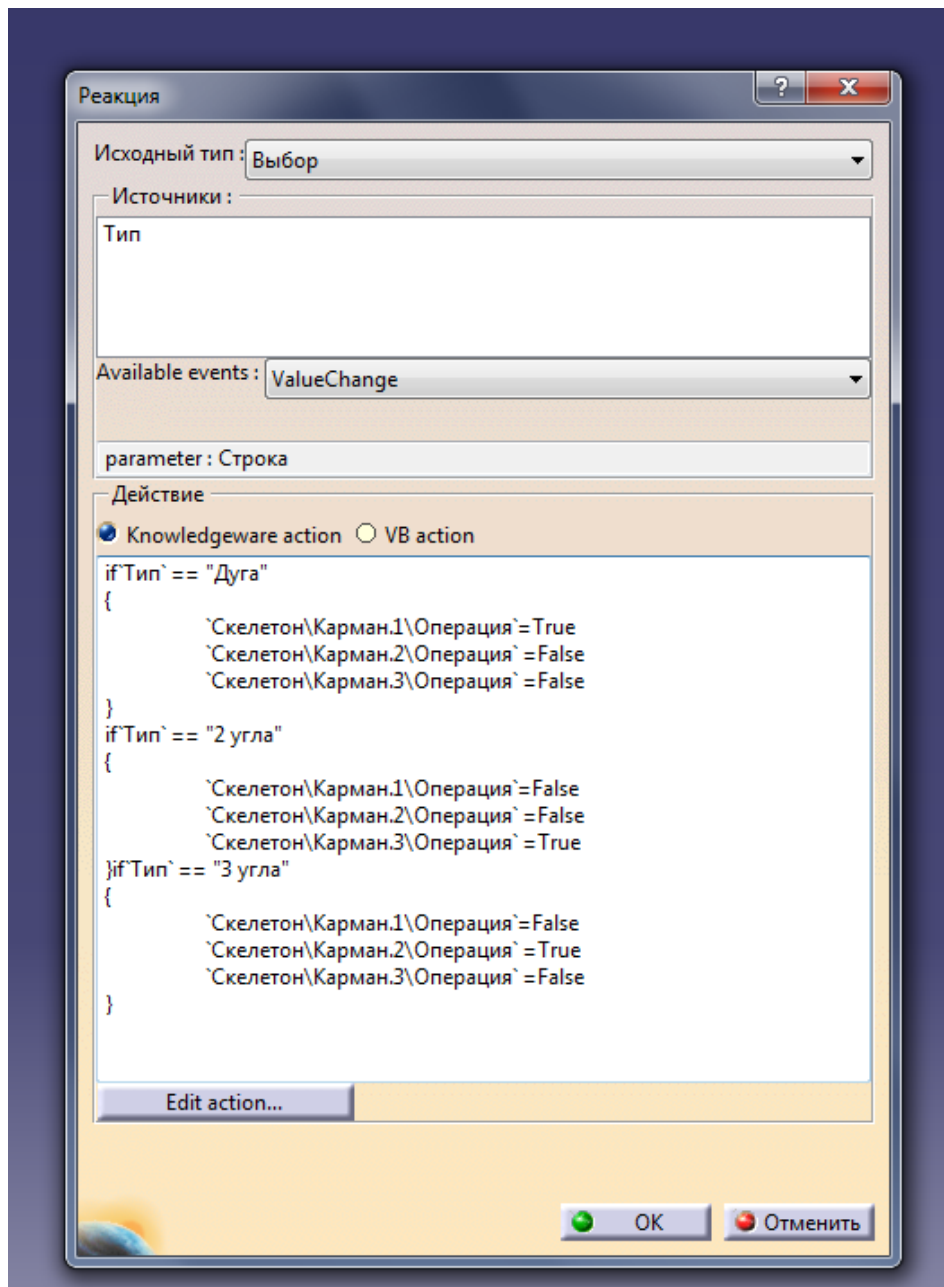


Рисунок 15 – Программный код для перехода к необходимому типу волновода

2.5 Выводы по главе 2

Выводы по главе 2.

1 Для функционирования системы, что бы она отвечала всем необходимым требованиям и обеспечивала в полной мере правильную работу

САПР «КАТИА» необходимо произвести настройки, что позволяет отображать все процессы конструкторской работы.

2 При работе с библиотекой шаблонов (построение, редактирование) от пользователя потребуется навыки работы с модулем «инженерия знаний» понимание процесса 3D-моделирования.

3 Оценка эффективности процесса конструкторско-технологической подготовки производства волноводов космических аппаратов за счет применения технологии управления знаниями в САПР с помощью использования 3D шаблонов

В данной Главе диссертационной работы проводятся ряд экспериментов по выявлению эффективности в конструктивном функциональном проектировании (КФП) используя традиционное параметрическое моделирование и используя библиотеку знаний с использованием САПР.

В рамках исследования основным инструментом является САПР верхнего уровня, CATIA V5.

В качестве основного параметра эффективности выступает время на формирование и редактирование изделия в виде 3D-модели по заданным параметрам конструкторской документации и в соответствии всех требований заложенным в ТУ. В результате полученных данных составляется характеристика эффективности того или иного метода построения.

3.1 Исходные данные

В качестве проектируемых изделий использовались различного типа детали – волновод показанных на рисунке 16.

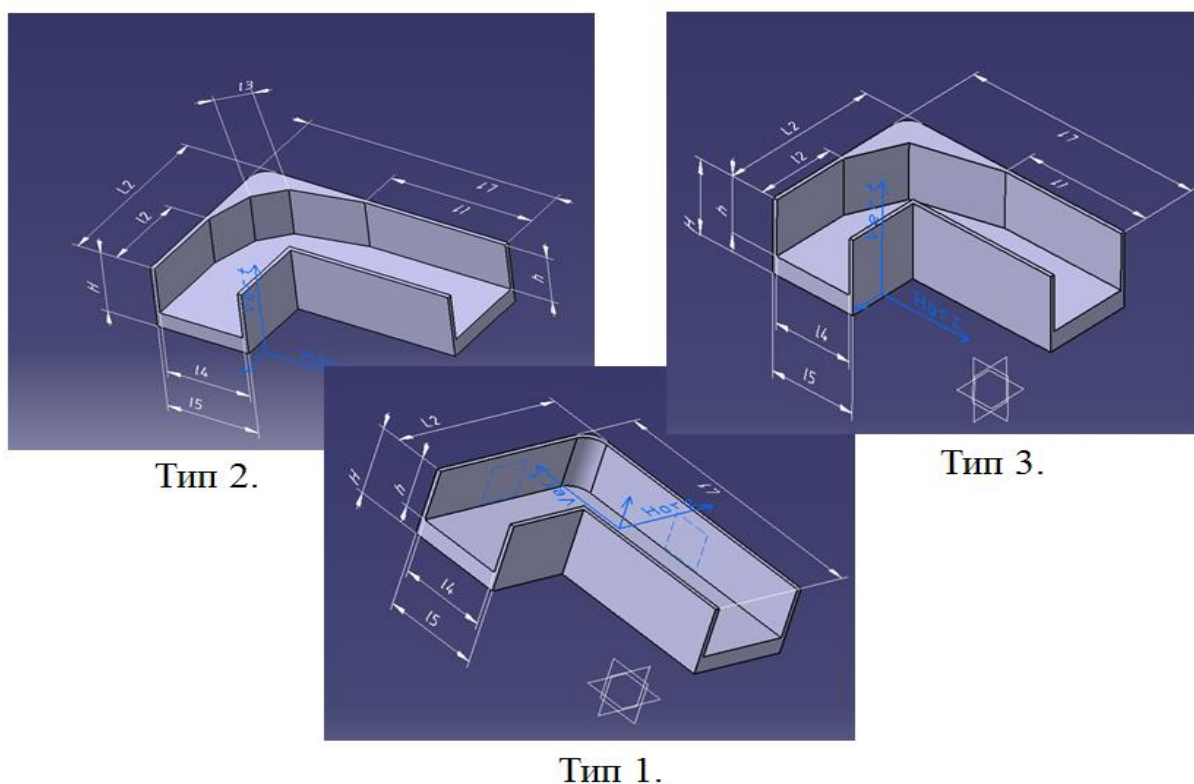


Рисунок 16 - типы 3D модели деталей участвующие в исследовании

Как видно на данном рисунке, представленные 3D-модели отличаются формами волноводного канала (количеством геометрических элементов), так и способом и историей построения (количеством и набором базовых операций). Каждый из типов деталей соответствует и составлен согласно стандарту предприятия (СТП) конструкторское решение в виде 3D-модели поочередно формировалось посредством каждой из сравниваемых технологий. В качестве выходных данных эксперимента выступает следующая зависимость: зависимость временных ресурсов, необходимых на формирование проектного решения, от его типа (тип 1 ,тип 2, тип 3) – составляющих 3D-модель. После определения исходных данных исследования настает очередь перехода к практическому решению.

3.2 Временные затраты на формирование новой 3D-модели в зависимости от метода построения

Первая экспериментальная задача заключалась в построении по заданным в СТП техническим параметрам конструкции изделия в виде 3D-модели. Временные затраты в зависимости от выбранного подхода построения модели представлены в таблице 6.

Таблица 6 – временные затраты на создание 3D модели в зависимости от типа изделия и метода построения.

Метод построения	Время на создание детали Тип 1 (сек)	Время на создание детали Тип 2 (сек)	Время на создание детали Тип 3 (сек)
Традиционное параметрическое моделирование	197	243	274
Конструирование по базе знаний	513	513	513

Полученные данные при проведении эксперимента были сформированы и полученные средние значения при построении 5 раз 3D моделей каждого типа согласно СТП в зависимости от уровня ее геометрической сложности для каждого из рассматриваемых подходов к конструкторской деятельности в САПР.

Среди рассматриваемых методов, используемых в эксперименте для решения данной задачи наиболее эффективной является технология традиционного параметрического моделирования, ввиду того, что 3D-модель в подавляющем большинстве случаев строится по принципу геометрического соответствия. Технологии конструирования по базе знаний требуют наибольших временных затрат, требуемых на установление параметрических зависимостей, написания правил создания связей и написание реакций между различными типами шаблонов.

3.3 Модификация построенной 3D-модели

Вторая экспериментальная задача заключалась в модификации заданной конструкции изделия в виде 3D-модели, удовлетворяя уже новому техническому заданию, но все также, чтобы соответствовала СТП.

Временные затраты на модификацию 3D шаблона в зависимости от выбранного подхода представлены в таблице 7.

Таблица 7 – временные затраты на создание новой 3D модели в зависимости от выбранного подхода и типа изделия.

Метод построения	Время на создание детали Тип 1 (сек)	Время на создание детали Тип 2 (сек)	Время на создание детали Тип 3 (сек)
Традиционное параметрическое моделирование	197	243	274
Конструирование по базе знаний	49	72	87
Эффективность (%)	402%	337,5%	314,94%

Полученные данные при проведении эксперимента были сформированы по такому же принципу, как и на создание 3D модели и занесены в таблицу результатов с зафиксированной эффективностью.

В ходе исследования было принято решение о проведении дополнительного испытания, при котором проектировщиком является не автор работы, но человек с навыками проектирования в САПР. Такие ситуации зачастую случаются на производстве что проектировщиком становится человек, не имеющий отношения к этим деталям. Все результаты испытаний занесены в таблицу 8 результатов.

Таблица 8 – временные затраты на создание новой 3D-модели инженером являющимся не автором проекта в зависимости от выбранного подхода и типа изделия.

Метод построения	Время на создание детали Тип 1 (сек)	Время на создание детали Тип 2 (сек)	Время на создание детали Тип 3 (сек)
Традиционное параметрическое моделирование	197	243	274
Конструирование по базе знаний	81	104	112
Эффективность (%)	243,2%	233,65%	244,64%

В ходе проведения эксперимента видна существенная прибавка в затрачиваемых временных ресурсах по созданию 3D-модели участником не являющимся автором исследования полученные данные представленные в таблице 8 но при всем при этом они все равно существенно эффективнее чем при использовании параметрического моделирования.

3.4 Анализ результатов исследования

Оценка эффективности с применением в проектировании с использованием САПР наиболее наглядна при представлении выходных данных в виде таблицы 7 и 8 в зависимости от подхода построения 3D-модели.

Качественным показателем, на сколько уменьшился временной ресурс при проектировании и составления 3D-модели является параметр эффективность.

3.5 Выводы по главе 3

Выводы по главе 3.

1 Предложенная методика по сокращению временного ресурса является эффективной и доказана, в ходе серий экспериментов.

2 Применение метода построения по библиотеке шаблонов в САПР в рамках исследования показал существенную экономию временного ресурса.

3 При проектировании модели не являясь автором разработанного метода, не теряется эффективность метода построения модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения квалификационной работы были решены следующие задачи:

- в ходе анализа изделия были выделены базовые данные, задающие смысловое содержание построения проектного решения, на основе которых предложен новый подход по снижению временного ресурса на создание 3D-модели;

- проведен сравнительный анализ подходов к построению редактируемой 3D-модели в САПР;

- представленный метод инженерной поддержки проектирования, основанный на создании шаблонов в САПР;

- проведена оценка эффективности метода конструктивно-функциональной поддержки проектирования в САД-системе путем сравнения с подходами автоматизированного проектирования в САПР, полученные результаты которой позволяют сделать вывод об эффективности – сокращении затрачиваемых временных ресурсов.

Поставленная в данной диссертационной работе цель, которая заключалась в повышении эффективности процесса конструкторско-технологической подготовки производства волноводов космических аппаратов (КА) за счет применения технологии управления знаниями в САПР с помощью использования 3D шаблонов – достигнута.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- КВЕ – Knowledge Based Engineering инженерия знаний;
БКЗ – конструирование по базе знаний;
КФП – конструктивно функциональное проектирование;
КА – космический аппарат;
САПР – система автоматизированного проектирования;
СК – система координат;
ТПМ – традиционное параметрическое моделирование;
ЯПЗ – язык представления знаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий машиностроения: проблемы и решения / Л.В. Губич, И.В. Емельянович, Н.И. Петкевич [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск :Беларус. навука, 2010. – 286 с. - ISBN 978-985-08-1243-8.

2 Большухина, И.С. Экономика предприятия : учебное пособие / И.С. Большухина; под общ.ред. В.В. Кузнецова. – Ульяновск :УлГТУ, 2007. – 105 с. - ISBN 978-5-9795-0062-1.

3 Касперович, С.А. Организация производства и управление предприятием : учеб.пособие для студентов технических специальностей / С.А. Касперович, Г.О. Коновальчик. – Минск : БГТУ, 2012. – 344 с. - ISBN 978-985-530-199-9.

4 Лихачев, М.В. Технология функционального цифрового макета в нисходящем проектировании изделий аэрокосмического машиностроения. // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2013) : Труды Международной конференции (15–17 октября 2013, г. Москва): / ФГБУН Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, С.185 – 187. - УДК 002.53.

5 Филатов, А. Н. Разработка методов и моделей параллельного нисходящего проектирования ракетно-технической техники в едином информационном пространстве предприятия: дис. канд. техн. наук : 05.07.02 / Филатов Александр Николаевич ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т) (СГАУ).

6 Пестрецов, С.И. CALS-технологии в машиностроении: основы работы в CAD/CAE-системах : учебное пособие / С.И. Пестрецов. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 104 с. - ISBN 978-5-8265-0957-9

7 Обзор современных систем автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] // BourabaiResearchInstitution – Технологии XXI века : [Сайт]. – URL: <http://bourabai.ru/graphics/dir.htm> (дата обращения 15.05.2021).

8 Лихачев, М.В. Некоторые вопросы технологии трехмерного нисходящего проектирования сложных изделий машиностроения // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2013 № 2 (150). С. 22-27. УДК 002.53

9 Wei, L. Representation and retrieval of 3D CAD models in parts library / L. Wei, H. Yuanjun // International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2008, Vol. 36, № 9, pp. 950-958

10 Кашуба, А. Работа с библиотеками в CAD/CAM-системе ADEM // САПР и Графика. – 2001. – № 12. – URL: <http://sapr.ru/article/8254> (дата обр.: 31.09.2017).

11 Чернышов, В.Н. Теория систем и системный анализ : учеб.пособие / В.Н. Чернышов, А.В.Чернышов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 96 с. - ISBN 978-5-8265-0766-7

12 Яблочников, Е.И. Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия : учебное пособие / Е.И. Яблочников, Ю.Н. Фомина, А.А. Саломатина. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2010. – 180 с.

13 Advances in Parameterized CAD Feature Translation / S. Bondar, A. Shammaa, J. Stjepandić, K. Tashiro // Transdisciplinary Lifecycle Analysis of Systems : Proceedings of the 22nd ISPE Inc. International Conference on Concurrent Engineering, IOS Press, Amsterdam, 2015, pp. 615-624.

14 Development of Conceptual Modeling Method to Solve the Tasks of Computer Aided Design of Difficult Technical Complexes on the Basis of Category Theory / A.G. Korobeynikov, M.E. Fedosovsky, A.V. Gurjanov, I.O. Zharinov, A.V. Shukalov // International Journal of Applied Engineering Research, 2017, Vol. 12, № 6, pp. 1114-1122.

15 Ушаков, Д.М. Введение в математические основы САПР : курс лекций / Д.М. Ушаков. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 208 с. - ISBN: 978-5-97060-278-2.

16 Филиппова, Д.А. Место цифровых макетов в современном производстве / Д.А. Филиппова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 10 (93). – С. 19-22.

17 Суханова, А. Наш бизнес в России – это яркая история успеха Siemens PLM Software : интервью Eric Sterling и Steffen Buchwald, топ-менеджеров Siemens PLM Software // CAD/CAM/CAE Observer. – 2011. – № 1 (61). – С. 10-20.

18 Сляднев, С.Е. Метод декомпозиции машиностроительных твердотельных моделей на элементы объема изъятия / С.Е. Сляднев, В.Е. Турлапов // ГрафиКон 2016 : Труды 26-й Международной научной конференции. – 2016. – С. 58-63.

19 Создание 3D моделей авиационных конструкций в программном комплексе CATIA V5 : метод.указания / В.А. Комаров, А.А. Вырыпаев, А.С. Кузнецов, Л.В. Одинцова. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 39 с. УДК СГАУ: 629.7

20 Соснин, П.И. Концептуальное экспериментирование в проектировании конфигурируемых шаблонов авиационных деталей / П.И. Соснин, О.Э. Чоракаев // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. – 2015. – № 5. – С. 373-380. ISSN 2313-1039

21 Рыжков, В.А. Разработка системы визуализации разнородных данных цифрового макета изделия / В.А. Рыжков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 4-3. – С. 634-637. - УДК 681.3

22 Рыбаков, А.В. Возможности проектирования машиностроительных изделий на основе компьютерных баз знаний (на примере станочных приспособлений) / А.В. Рыбаков, С.А. Евдокимов, А.А. Краснов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2015. – № 2 (33). – С. 83-88. - УДК 621:658.512(075).

23 Реализация методики создания 3d параметрических моделей типовых деталей узлов авиационных конструкций в среде Siemens NX / Е.С. Горячкин, А.И. Рязанов, А.В. Урлапкин, Л.А. Чемпинский // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2012. – № 5-2 (36). – С. 187-193. - УДК 004.925.84:629.7.02.

24 Похилько, А.Ф. Семантическое представление 3D-модели изделия на этапе конструирования в САД-системе / А.Ф. Похилько, Д.Э. Цыганков // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'17». – Т. 1. – Таганрог : Изд-во Ступина С.А., 2017. – С. 166-172. - УДК 658.512.22:004.896.

25 Похилько, А.Ф. Отображение функциональной структуры проектируемого изделия в дереве построения его 3D-модели / А.Ф. Похилько, Д.Э. Цыганков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19, № 1 (2). – С. 424-427. - УДК 658.512.22:004.896.

26 Побирский, Е.Ю. Управление жизненным циклом изделия в производстве ракетно-космической техники / Е.Ю. Побирский, А.С. Галаев, И.С. Филимонов // Решетневские чтения. – 2012. – Т. 2. – № 16. – С. 633-634. УДК 65.011.56.

27 Об информационном обмене между САД-системами / Л.И. Райкин, И.Н. Мерзляков, А.Д. Филинских, А.А. Бойтяков // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2015. – № 3 (159). – С. 65-72. - УДК 004.925.84.

28 Лихачев, М.В. Управление структурой изделия в PLM-системах / М.В. Лихачев // Решетневские чтения. – 2014. – Т. 2. – № 18. – С. 262-264. - УДК 658.51.

29 Лихачев, М.В. Повторное использование данных электронного макета изделия при нисходящем проектировании в PLM-системах / М.В. Лихачев // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2015. – № 3 (159). – С. 12-18. - УДК 002.53.

30 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева и др. / под общ.ред. В.А. Шахнова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 568 с. – ISBN: 5-7038-1765-X

31 Кондаков, А.И. Параметризация процессов изготовления деталей машин/ А.И. Кондаков, А.В. Зайцев // Главный механик. – 2015. – № 5-6. – С. 31-35. - УДК 621.914

32 Козырев, Д.Б. О создании справочников 3D-моделей компонентов изделий на примере САД-системы CreoParametric и PLM-системы Windchill / Д.Б. Козырев, Е.М. Абакумов // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (САД/САМ/РДМ – 2016) : труды XVI-ой Международной молодёжной конференции. – Москва : ООО «Аналитик» – 2016. – С. 39-43.–УДК 004.633.

33 Антипин, А.В. Интеграция САПР при конструировании электронной аппаратуры / А.В. Антипин, Е.Е. Носкова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2013. – Т. 1, № 9. – С. 192. – УДК 51-74.

34 Вичугова, А.А. Особенности интеграции информационных систем автоматизированного проектирования и систем управления данными / А.А. Вичугова, В.Н. Вичугов, Г.П. Цапко // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 1. – С. 146-153. – УДК 002.53.

35 Волкова, Г.Д. Исследование методологий и методов проектирования автоматизированных систем различного назначения / Г.Д. Волкова, О.В. Новоселова, О.Г. Григорьев // Электронные информационные системы. – 2014. – № 2 – С. 57-69.

36 Даниленко, Б.Д. Необходимость учета требований технической эстетики при создании новых изделий машиностроения / Б.Д. Даниленко // Вестник машиностроения. – 2013. – № 6. – С. 73-75. – УДК 621.9.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



В.Е. Косенко
инициалы, фамилия

подпись

« 24 »

06

2022 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Применение технологии управления знаниями в САПР для разработки 3D
моделей волноводных трактов»

тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы


Руководитель

 24.06.22
подпись, дата

доцент МБК ПФиКТ
канд. техн. наук, доцент
должность, ученая степень

М.В. Лихачев
инициалы, фамилия

Выпускник

 24.06.22
подпись, дата

А.Г. Герилевич
инициалы, фамилия

Рецензент

 24.06.22
подпись, дата

начальник тех. бюро
цеха 20 АО «ИСС»
должность, ученая степень

К.А. Смирнов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

профессор МБК ПФиКТ
д-р техн. наук, доцент
должность, ученая степень

В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Красноярск 2022