

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических занятий
по дисциплине
«Виртуальные предприятия»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Введение

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Виртуальные предприятия» составлены в соответствии с программой дисциплины «Виртуальные предприятия» для бакалавров по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств. Направленность (профиль) "Технология машиностроения".

Рассмотрены возможности программного обеспечения для реализации задач виртуальных предприятий, разработки моделей для использования в условиях виртуальных предприятий. Работы выполняются с применением средств компьютерного проектирования.

Составитель: С.А. Сидоренко

Рецензент: Р.В. Герасимов

Содержание

Введение

- 1 Практическое занятие по теме «Анализ САПР ТП для виртуального предприятия»
 - 1.1 Обзор САПР ТП
 - 1.2 ТехноПро 7
 - 1.3 Technologics 6
 - 1.4 СПРУТ Технология
- 2 Практическое занятие по теме «Обзор конструкторских САПР для виртуального предприятия»
 - 2.1 SolidWorks
 - 2.2 AutoCAD
 - 2.3 Компас 3D
 - 2.4 Autodesk Inventor Publisher
- 3 Практическое занятие «Выбор партнеров виртуального предприятия»
- 4 Практическое занятие «Методы априорного ранжирования»
- 5 Практическое занятие: «Создание электронных инструкций»
- 6 Анализ возможностей среды Inventor Studio для наглядного представления разрабатываемых механизмов и их работы
 - 6.1 Анализ функционала модуля создания анимации
 - 6.2 Анализ различий между сборочными зависимостями и соединениями применительно к среде анимации
 - 6.3 Методика настройки и работы с модулем анимации
 - 6.4 Методика настройки сцены и создания фотореалистичных изображений
- 7 Практическое занятие «CALS-стандарты»
 - 7.1 Практическое занятие по теме «Электронная модель изделия»
 - 7.2 Практическое занятие по теме «Электронная структура изделия»
- 8 Практическое занятие «Электронная структура изделия»

- 9 Практическое занятие по теме « Представление данных об изделии и обмен этими данными»
- 10 Практическое занятие №1 Методика построения моделей в условиях виртуальных предприятий
- 11 Практическое занятие №2 Методика построения компоновки на основе блоков при нисходящем проектировании
- 12 Практическое занятие №3 Компоновка типовых деталей машин в условиях нисходящего проектирования.
- 13 Практическое занятие №4 Преобразование модели с компоновкой в сборочную модель.
- 14 Практическое занятие №5 Анализ особенностей проектирования сложных узлов машин и механизмов при нисходящем способе организации работ
- 15 Практическое занятие №6 Создание презентационных материалов в среде CAD-систем.
- 16 Практическое занятие №7 Создание фотореалистичных изображений.
- 17 Практическое занятие №8 Подготовка геометрии модели к проведению оптимизации
- 18 Практическое занятие №9 Параметрическая и топологическая оптимизации конструкции деталей

1 Практическое занятие по теме «Анализ САПР ТП для виртуального предприятия»

Цель работы: Анализ современных САПР ТП для виртуального предприятия.

Знать: современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Уметь: использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Владеть: методикой использования современных информационных технологий, прикладных программных средств при решении задач профессиональной деятельности.

Теоретическая часть

В настоящее время любое современное производство невозможно представить без использования систем автоматизированного проектирования. Рынок данных продуктов довольно обширен. Существует деление САПР на конструкторские и технологические. Каждый из них решает свою задачу в большей или меньшей степени. Специфические особенности данных продуктов не позволяют производителям работать в двух направлениях одновременно, хотя попытки наладить сотрудничество для комплексной работы существуют и имеют положительную тенденцию.

Для корректного обзора САПР был определен подход: необходимо определить функции, которыми должны обладать составляющие комплекса; ознакомиться с предложением разработчиков; протестировать возможности самостоятельно; испытать совместимость конструкторской и технологической САПР.

Требования к конструкторской САПР.

- 1 Возможность создания корректной 3D модели.
- 2 Наличие функции «из 3D в 2D», с автоматическим изменением при перестроении исходной модели.
- 3 Работа с параметризованными моделями.
- 4 Удобное выполнение чертежей в соответствии с нормами ЕСКД.

В современных конструкторских САПР все эти функции отражены в той или иной степени, поэтому нам предстоит выбрать наиболее стабильную и удобную.

Рынок технологических САПР не такой насыщенный по сравнению с конструкторским, потому как в этом направлении мы не можем работать с зарубежными производителями, ввиду разных стандартов. Требования к технологической САПР.

- 1 Наличие диалогового, автоматического и полуавтоматического режимов проектирования технологии.
- 2 Расчет режимов резания, норм времени, расхода материалов.
- 3 Возможность создания базы и работы с типовыми технологическими процессами.
- 4 Корректная работа с эскизами, так как система будет использоваться в массовом производстве.
- 5 Наличие всех форм ЕСТД, и возможность добавления и изменения форм по другим стандартам.
- 6 Взаимодействие с конструкторскими САПР.

Набором таких функций обладают системы только высокого уровня, наличие их на рынке не очень велико, поэтому определяющими в выборе комплекса будут технологические САПР.

1.1 ТехноПро 7

ТехноПро — комплекс автоматизации подготовки, управления и планирования производства. Ниже приведены положительные черты, основные функции системы, по мнению разработчиков.

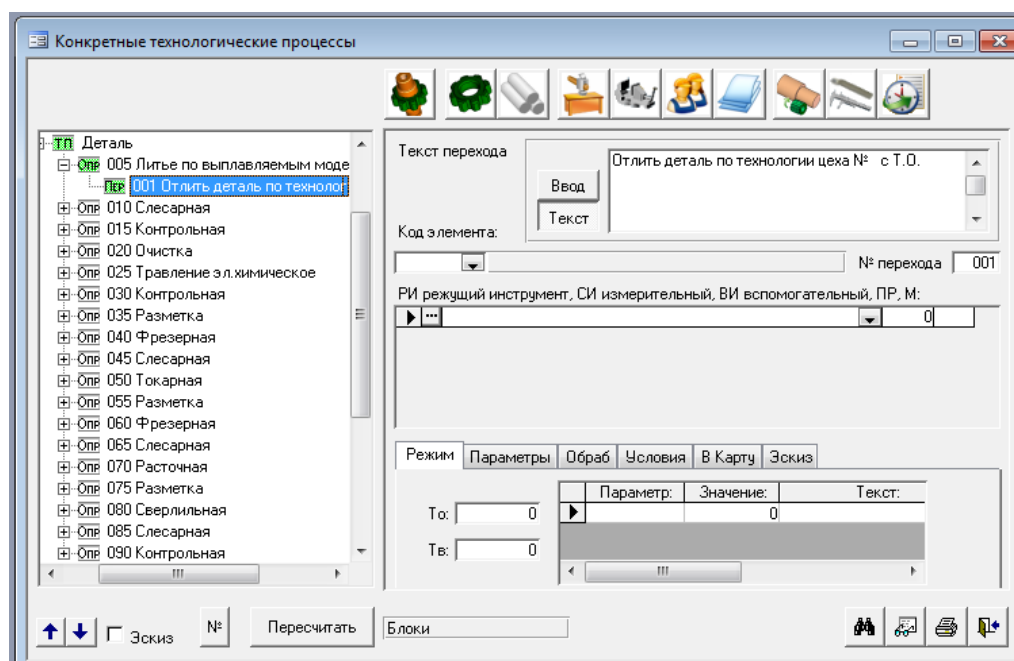


Рисунок 1.1 – Интерфейс ТехноПро 7

1 Комплексная автоматизация подготовки производства:

- проектирование технологий автоматическим, полуавтоматическим и диалоговым способом, включая возможность автоматического выбора системой логически обоснованного выбора маршрута изготовления/сборки: механическая обработка, сборка, сварка, термообработка, литье, покрытия, штамповка, ковка, контроль, любые другие;
- возможность применения системы для любого типа производства: от единичного до крупносерийного;
- расчет любых параметров изделий и технологических процессов: припуски на обработку, режимы, нормы времени, расход материалов, зарплата, себестоимость, затраты, любые другие;

- формирование полного комплекта технологической документации: маршрутные, операционные карты, карты эскизов, ведомости ТП, материалов, оснастки, титульные листы, любые специальные карты, по ГОСТ, СТП, любые нестандартные;
- сводные отчеты и ведомости с суммарными показателями, диаграммами, графиками – по узлам, цехам, видам операций, профессиям, оборудованию: ведомости, отчеты, материальные спецификации, и т.п.;
- считывание с чертежей и 3D-Моделей конструкторских САПР информации об изделии (материал, масса и др.) и его конструкции (поверхности, размеры, шероховатость, допуски и др.), для последующего автоматического формирования технологии;
- создание комплекса интегрированного проектирования;
- распараллеливание конструкторско-технологической подготовки производства;
- сквозное проектирование за счет интеграции с PDM, PLM, ERP системами, системами планирования, 1С;
- сохранение опыта проектирования технологий и расчетов лучших специалистов предприятия, таким образом, уменьшается зависимость от ухода высококвалифицированных специалистов, и задачи может решать специалист более низкой квалификации.



Рисунок 1.2 – Основные направления автоматизации

2 Управление производственным предприятием, учет ресурсов и финансов:

- управление производством, включая планирование производства, управление затратами, расчет себестоимости, управление данными об изделиях;
- управление основными средствами, финансами, продажами, закупками;
- управление персоналом, отношениями с поставщиками и покупателями;
- мониторинг и анализ показателей деятельности предприятия.

3 Планирование производства и ресурсов:

- планирование сроков изготовления, с учетом оптимального использования имеющихся ресурсов, правильное распределение сроков во времени;
- планирование и расчет ресурсов в зависимости от потребных сроков;
- перепланирование сроков при любых изменениях;
- расчет загрузки ресурсов, выявление «узких мест»;
- регулярные проверки состояния работы, визуализация, отслеживание, координация сроков изготовления;
- комплексный анализ производственных и расчетных данных;
- оценка эффективности расхода времени, поручений, отклонений по срокам и бюджету.

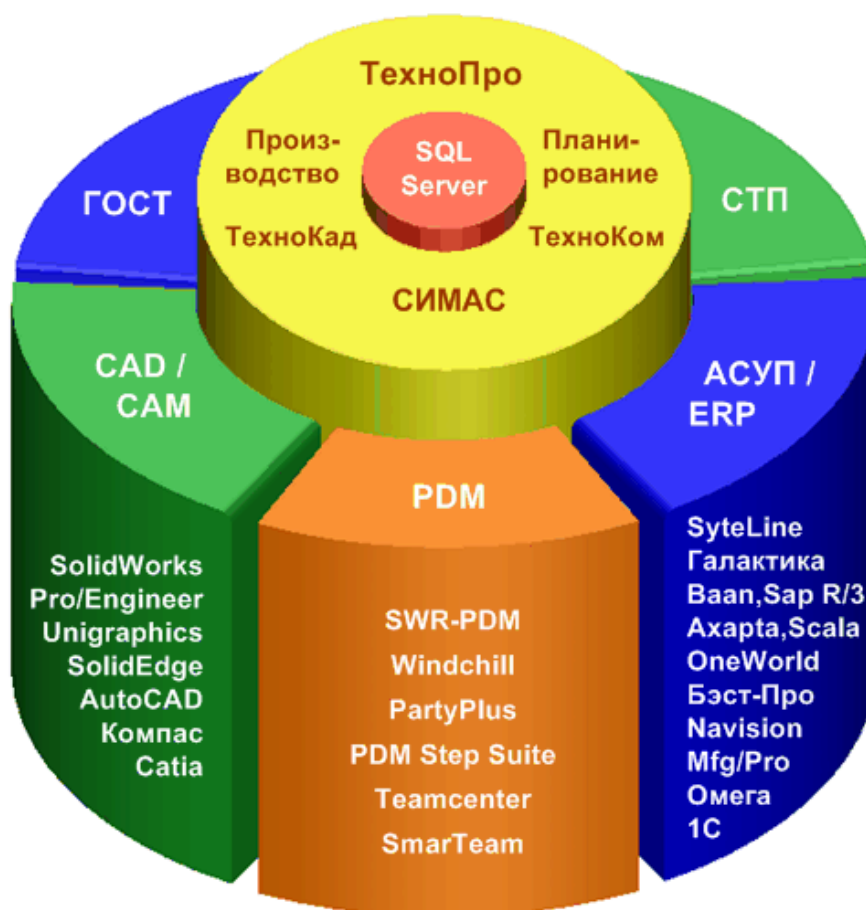


Рисунок 1.3 – Концепция интеграции системы

4 Единое информационное пространство предприятия.

В ТехноПро версии 7 существенно расширен круг подсистем, обеспечивающих возможности создания интегрированного информационного пространства.

Интерфейс «ТехноКад» реализует считывание данных для технологического проектирования с электронных моделей и чертежей, выполненных в CAD/CAM системах, включая:

SolidWorks, Pro/Engineer, AutoCAD, Inventor, Unigraphics NX, Компас-График, T-FLEX и других.

Интерфейс «ТехноКом» реализует обмен и синхронизацию данных. Этот интерфейс настраивается «под ключ», с учетом конфигурации PDM и ERP систем на конкретном предприятии. Такой подход позволяет организовывать комплексы, включающие ТехноПро и системы:

- ## Заказчика.

Гост 3 04-86 - Форма 2 - САПР	
Длина	
Возв	
Полн	
ТехнПро	
Автор	Вектор
Полн	345-8723
Наим	Николай Н.А.
Материал	Микрон Р.Р.
Материал	Николай С.А.
Корпус	
Назначение	операции
Сверлильная	35XGSL ГОСТ 4543-71
Сверло	ЕВ МЗ Провод - размер МЗ
Оборудование	устройство ЧПУ
Вертикально-сверлильный	2CB20M
Глубина	70
Пл	70
С	70
N	70
V	70
O	70
а/мин	70
б/мин	70
1	Сверлить отверстие 1 диаметром 4,5 Н4 (-0,3) мм на глубину 3 мм, выдерживая размер 15 Н12 (-0,18) мм
2	Сверлить отверстие 2 диаметром 3 Н4 (-0,25) мм на глубину 2 мм, выдерживая размер 66 Н12 (-0,3) мм
3	Ри. Сверло 03 2300-6935 ГОСТ 886-77. Си. Штангенциркуль ШП-200-0,1 ГОСТ 162-90. Си. Штангенциркуль ШЦ-1-200-0,1 ГОСТ 166-89
4	Ри. Сверло 03 2300-6935 ГОСТ 886-77. Си. Штангенциркуль ШП-200-0,1 ГОСТ 162-90. Си. Штангенциркуль ШЦ-1-200-0,1 ГОСТ 166-89
5	Разные разрезы (со следующей страницы)

Рисунок 1.4 – Вывод форм на печать в MS Word

Результаты тестирования ТехноПро 7 после пробной эксплуатации по наличию и работе необходимых функций:

1 Диалоговый режим в программе хорошо продуман, интуитивно понятен. Полуавтоматический режим заключается в перенесении значений из спецификации в технологический процесс и в расчеты, также работает стабильно. Автоматический режим (при использовании заложенных типовых технологических процессов) работает с неизбежными ошибками, которые есть возможность исправить, что облегчает работу, но оставляет возможность пропустить ошибку системы.

2 Все необходимые расчеты присутствуют, но для корректного их проведения необходимо либо заново их вводить или проводить исправления.

Расчет режимов и времени работает не стабильно и периодически появляются ошибки.

3 Существует возможность создания типовых технологических процессов для последующего их использования в автоматическом режиме, который был протестирован выше.

4 Работа с эскизами проводится при поддержке множества современных конструкторских САПР. Однако, взаимодействие с ними происходит через дополнительную программу ТехноКАД, которая превращает эскизы картинки, которые и вставляются в технологические карты. В связи с этим уровень автоматизации снижается.

5 Вывод форм ЕСТД системы производит через MS Word, в которой они созданы. Почти все формы имеют свои недостатки, не состыковки, которые можно исправить, имея опыт работы с данным приложением. Также существует возможность создания и изменения форм по умолчанию.

6 Взаимодействие с конструкторскими САПР осуществляется считыванием размеров и данных с чертежа. Данную функцию проверить не удалось ввиду несовместимости с имеющимися средствами и полного отсутствия справки и поддержки в данном вопросе.

Анализ данной системы показал, что она обладает как плюсами там и минусами. К основным достоинствам стоит отнести: удобный интерфейс при работе в диалоге, работу полуавтоматического режима, и использование типовых технологических процессов, стабильная работа на современных операционных системах.

К отрицательным же качествам стоит отнести: сложную и запутанную работу с расчетами; работу с эскизами; взаимодействие с MS Word; очень долгое формирование технологического процесса, что связано с устаревшими инструментами электронных баз; полное отсутствие справки и поддержки пользователей.

1.2 Technologics 6

TechnologiCS – специализированный программный продукт, предназначенный для использования на производственных предприятиях.

Позволяет обеспечить непрерывную информационную поддержку основных бизнес-процессов предприятия, таких как конструкторско-технологическая подготовка, планирование производства, обеспечение производственных подразделений необходимыми ресурсами (материалы, инструмент, комплектующие и т.п.), оперативное управление производством (в том числе непосредственно в цехах и на участках), контроль производственного процесса и расходования ресурсов, управление качеством и сопровождение выпущенной продукции.



Рисунок 1.5 – Исходные данные и решаемые задачи

Позволяет соответствующим службам завода работать в режиме реального времени с одной программой и физически единой базой данных и тем

самым обеспечивает оперативность и согласованность действий на всех стадиях – от принятия заказа до отгрузки продукции заказчику.

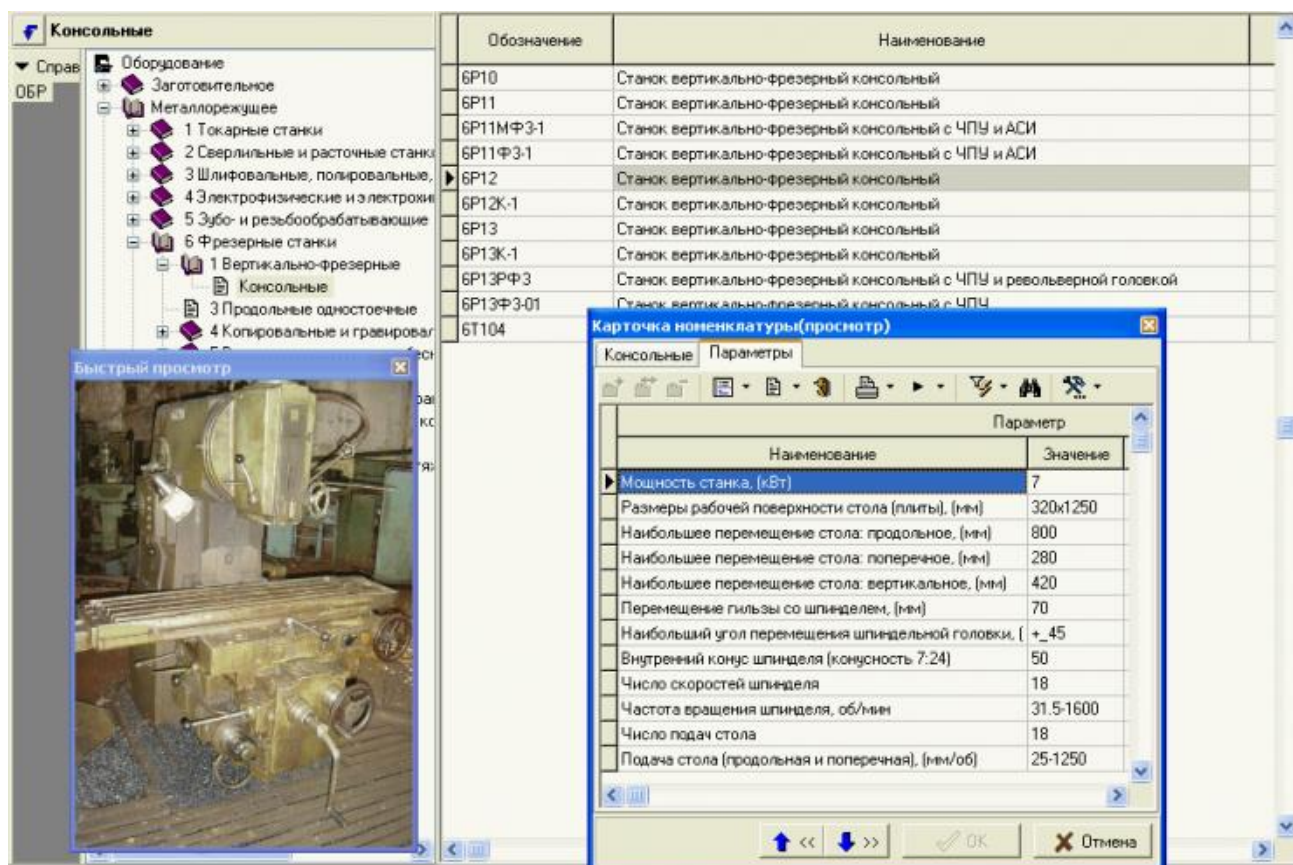


Рисунок 1.6 – Электронный справочник

С помощью **TechnologiCS** можно:

- создавать, поддерживать и активно использовать в различных сферах деятельности предприятия единые электронные справочники (материалов, комплектующих, оборудования, инструмента и оснастки и т.д.);
- создавать и использовать в работе всех служб предприятия единую электронную базу данных по выпускаемой и проектируемой продукции (изделия, спецификации, 3D-модели, конструкторская, сопроводительная и прочая документация, технологические процессы, материальные и трудовые нормативы, оснастка);
- организовывать коллективную работу конструкторов, технологов, нормировщиков, цеховых и других служб с электронной информацией и

документацией, активно использовать технические данные в электронном виде при согласовании и принятии решений;

- автоматизировать разработку технологических процессов, расчет материальных и трудовых нормативов, подготовку и выпуск конструкторской, технологической и другой документации, в том числе любой сводной по изделию или заказу;

- рассчитывать нормативную и плановую себестоимость изделий и заказов;

- гибко формировать и оперативно управлять составом производственных заказов с учетом индивидуальной комплектации конкретных партий и экземпляров продукции, конструкторских и технологических изменений, текущего состояния незавершенного производства, остатков на складах и других факторов;

- составлять производственную программу и планы подразделений (цехов, участков) с нужной точностью, при необходимости – вплоть до конкретных технологических операций;

- формировать производственные задания для конкретных подразделений, работников или рабочих мест, выпускать в автоматическом режиме различную производственную документацию (маршрутные листы, сменно-суточные задания, наряды и т.д.);

- организовывать оперативный учет выполнения работ в производстве (в том числе с применением штрих-кодированного оборудования), отслеживать фактическое состояние запланированных работ, готовность деталей, узлов, изделий, заказов, состояние незавершенного производства, остатки материалов, готовых деталей и т.д.;

- управлять заявками и выдачей материалов и комплектующих в производство в соответствии с планом, технологическими процессами и действующими нормативами;

- рассчитывать фактические (прямые) затраты на изготовление за-
каза.

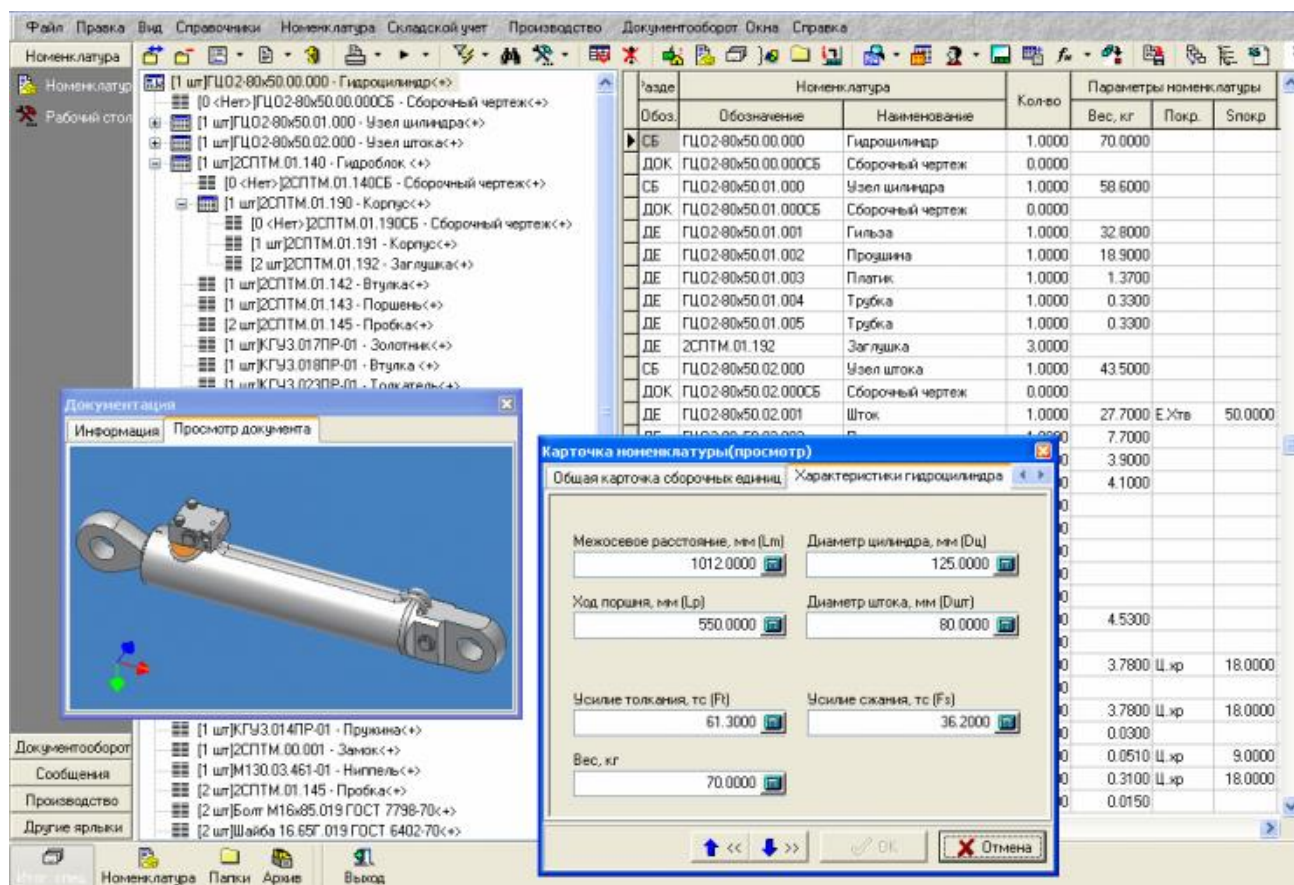


Рисунок 1.7 – Интерфейс программы

Результаты экспертной оценки системы, после пробной эксплуатации, по наличию и работе необходимых функций:

1 Диалоговый режим в программе имеет своеобразный вид, при-
сущий PDM системам. Полуавтоматический и автоматический режимы про-
ектирования отсутствуют, так как основной упор был сделан на использова-
ние возможности параллельного проектирования. Имеется отдельное про-
граммное обеспечение для работы с базами, что упрощает работу с ними и
даёт возможность использовать более обширную информацию об оснастке и
станочном парке.

2 Все необходимые расчеты присутствуют, их настройка имеет строгий характер, используя данные по оборудованию и оснастке, есть возможность адаптировать расчет под производство.

3 Существует возможность создания типовых технологических процессов для последующего их использования в диалоге режиме.

4 Работа с эскизами проводится при поддержке современных конструкторских САПР, основная масса которых представляют программные продукты компании Autodesk и собственные разработки (NanoCAD). Однако, при взаимодействии возникают проблемы с захватом поля, масштабом и толщиной линий (присущим данным продуктам).

5 Вывод форм ЕСТД системы производит через MS Excel, в которой они созданы. При работе со всеми версиями MS Office могут возникать проблемы с макросами Technologics, устранить которые бывает проблематично. Также существует возможность создания и изменения форм по умолчанию, для чего необходимо иметь высокий уровень знаний систем Microsoft.

6 Взаимодействие с конструкторскими САПР осуществляется занесением в базу конструкторской документации об изделии и её автоматическое обновление при изменении исходной модели.

Назначение системы:

- автоматизация разработки и нормирования технологических процессов;
- формирование документации: от конструкторской спецификации до производственных документов;
- управление процессом технологического проектирования;
- подготовка данных для систем управления ресурсами предприятия ERP и планирования производства MES.

Отличительные особенности СПРУТ-ТП:

1 Работа непосредственно с комплектом активных документов, т.е. проектирование ведется в бланке документа. Система СПРУТ-ТП является единственной технологической системой, из представленных на рынке, работающей по этому принципу. Подобная организация работы максимально приближена к привычной работе технолога, что позволяет снизить трудоемкость разработки ТП и максимально сократить время освоения (дает возможность получать результат сразу после установки системы).

2 Наиболее полный расчет технически обоснованных норм времени.

3 Самая полная комплектность документов по ЕСТД.

- около 200 форм бланков ЕСТД;
- простота подключения собственных бланков.

4 Системе не требуется дополнительных лицензий сторонних программных продуктов для работы с документами и их печати.

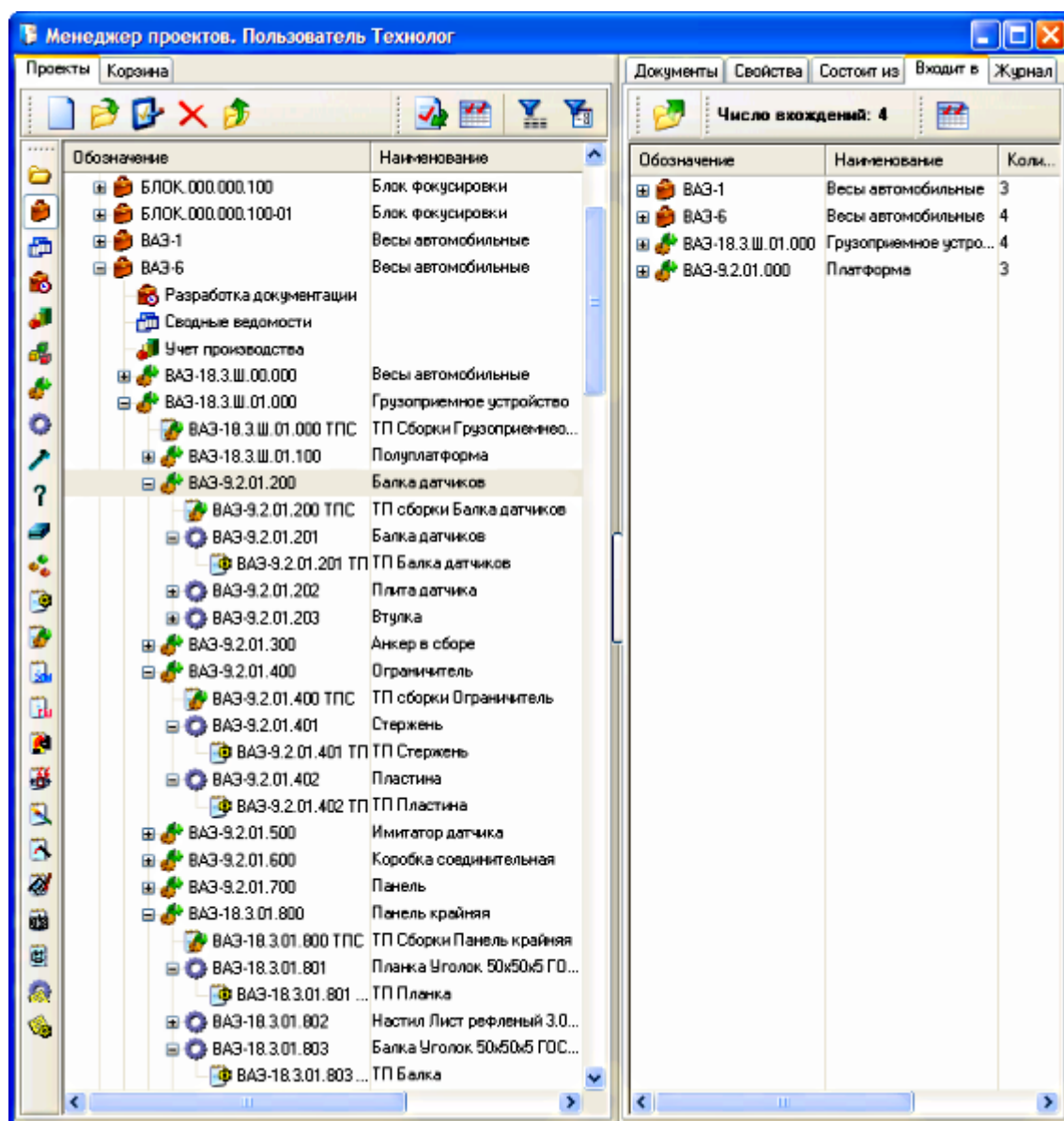


Рисунок 1.9 – Менеджер объектов

Решаемые задачи:

Управление проектами (Менеджер проектов)

Работа на уровне заказа или изделия

- встроенная система технологического документооборота

- интеграция с ведущими PDM/PLM системами: Лоцман, SWR-PDM,

SWE-PDM, T-Flex Docs.

Ведение конструкторских спецификаций (состав изделий, заказы)

Создание конструкторских спецификаций

- импорт из внешних систем: Компас, T-Flex, AVS, ...

Центр СПРУТ-Т

Спецификация заказа (изделия)

Наименование заказа (изделия): Полуplatforma

Обозначение заказа (изделия): ВАЗ-18.3.Ш.01.100

№ п/п	Обозначение	Наименование	Код чертежа (ИТ чертежи)	Материал	Объемы и ГОСТ материалы		Материал		Объем, ТП	Примечание
					шт.	кг	шт.	кг		
Сборочные единицы										
1	ВАЗ-18.3.Ш.01.100	Полуplatforma								
Детали										
1	ВАЗ-18.3.Ш.01.101	База Шкелера 2071 ГОСТ 5246 Ст 3 ГОСТ 5246 ВАЗ-18.3.Ш.01.100 L=5480 514								
1	ВАЗ-18.3.Ш.01.102	Седло Шкелера 2071 ГОСТ 5246 Ст 3 ГОСТ 5246 ВАЗ-18.3.Ш.01.100 L=390 514								
1	ВАЗ-18.3.Ш.01.104	Переключатель левый ВАЗ-18.3.Ш.01.100								
1	ВАЗ-18.3.Ш.01.105	Переключатель правый ВАЗ-18.3.Ш.01.100								
1	ВАЗ-18.3.Ш.01.106	Крышка Лист черн. 4, 8 ГОСТ 5948 ВСт3пс 5406 1250								

Состав: СП, Состав: СП, Маршрут: состав

Подлинник: исправлен, Центр: исправлен

Лист 1, Листов 2

Рисунок 1.10 – Спецификации на изделие

Разузлование. Применение (заимствование):

- автоматическое разузлование с подсчетом общего количества ДСЕ на изделие.

- поиск и автоматическое применение технологических процессов по базе данных.

- поддержка цеховых маршрутов (расцеховка).

Материальное нормирование:

- встроенный классификатор марок материалов и сортов.

- расчет массы заготовки, коэффициента использования материала (КИМ), Нормы расхода материала с учетом длины проката или размеров листа, ширины реза, учет минимальной длины на зажим, подсчет числа заготовок из проката.

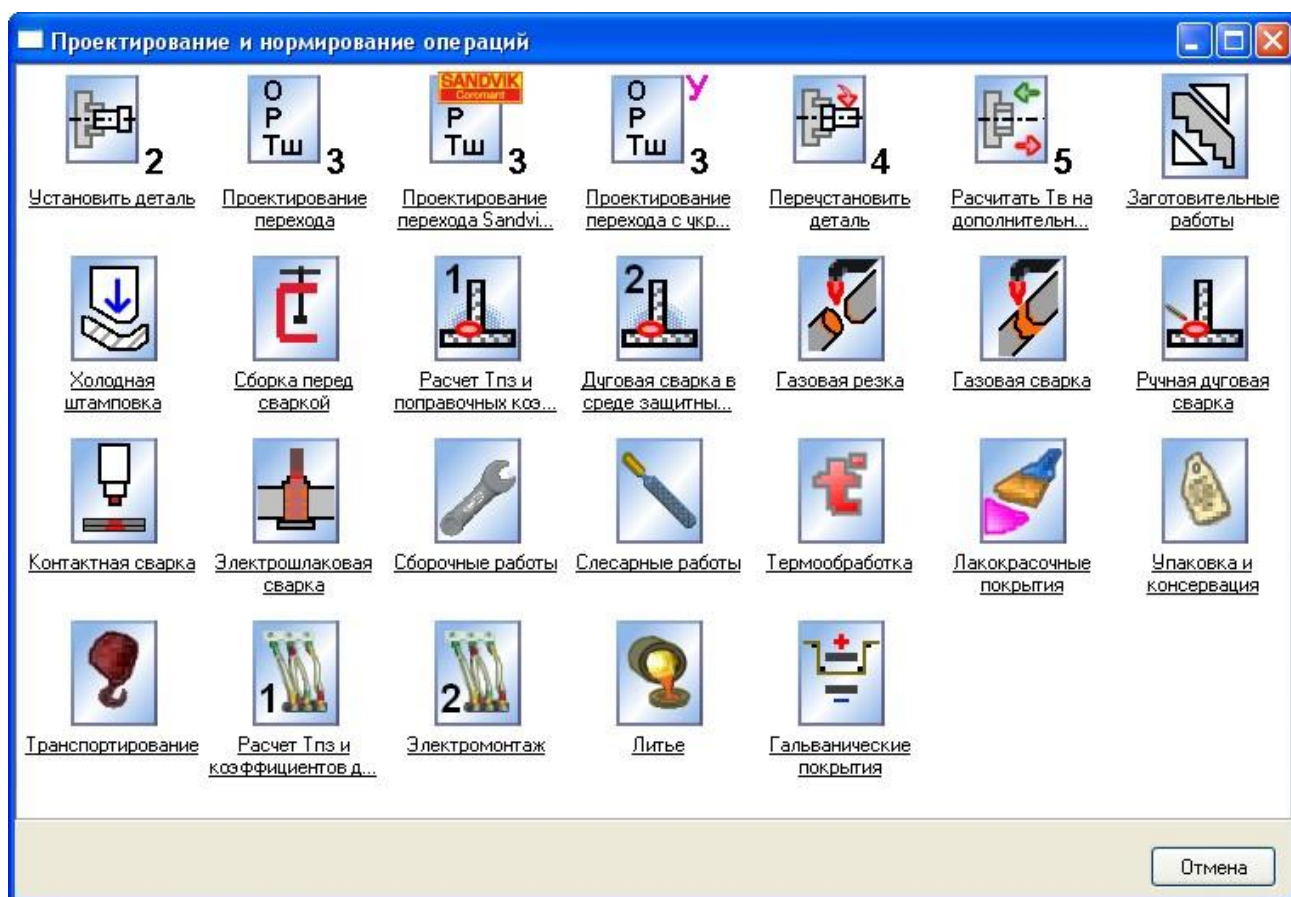


Рисунок 1.12 – Расчет и проектирование операций

Расчет режимов обработки и трудовое нормирование

Автоматизированное проектирование и нормирование в СПРУТ-ТП охватывает ВСЕ основные технологические переделы:

Самое полное нормирование времени позволит получить технически обоснованные нормы труда:

Формирование сводных ведомостей и производственных документов

Автоматическая генерация сводных ведомостей на изделие (заказ) с группированием и сортировкой:

- спецификация изделия;
- спецификация материалов на изделие;
- сводная ведомость трудоемкости;
- сводная спецификация оснастки;
- сводная спецификация оборудования.

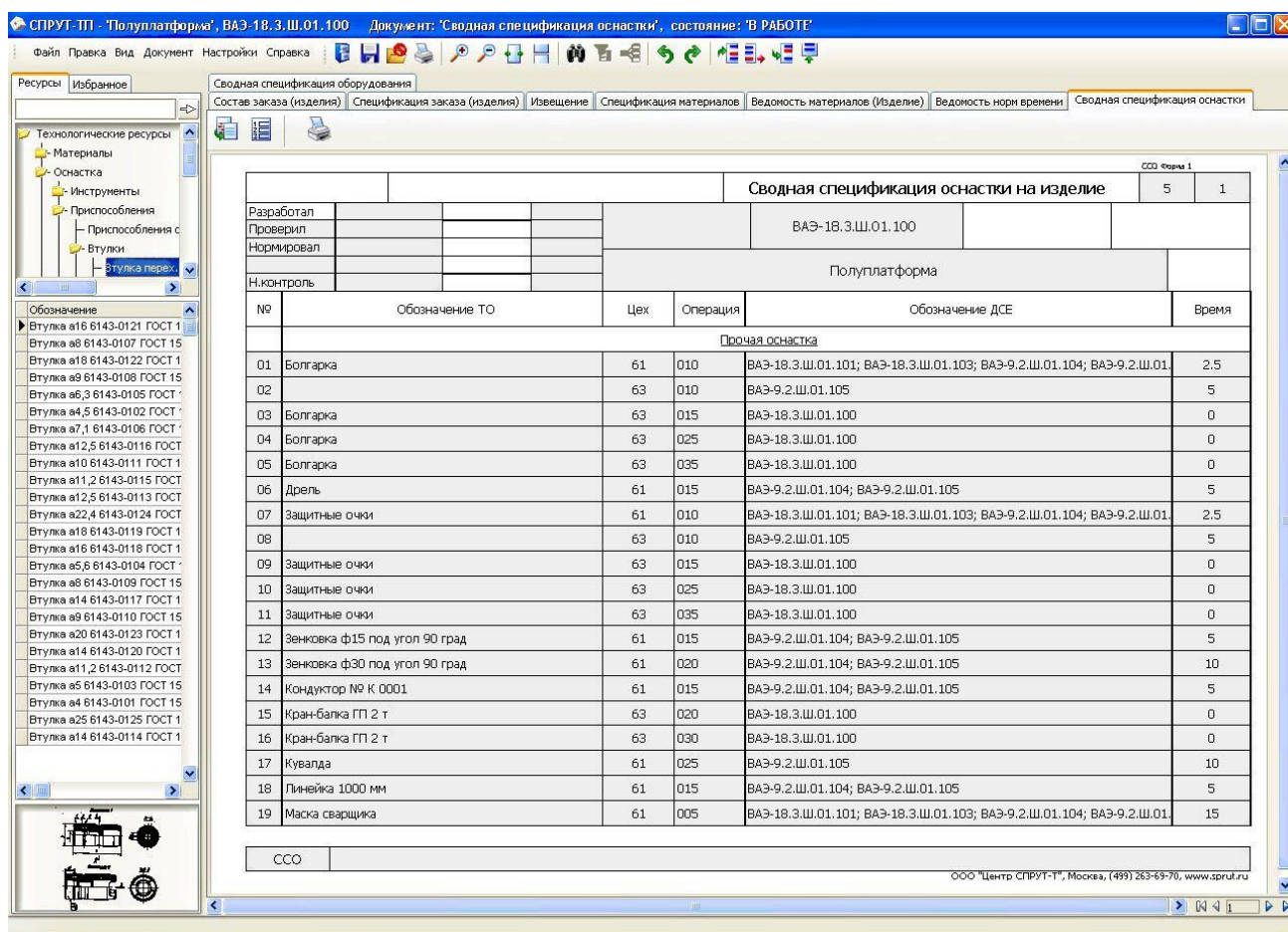


Рисунок 1.13 – Создание сводных ведомостей оснастки

Администрирование СПРУТ-ТП

Модуль Администратор СПРУТ-ТП предназначен для:

- настройки рабочих мест.
- регистрации пользователей.
- определение полномочий.
- описания состояний документов.
- управления и обслуживания баз данных.

Управление нормативно-справочной информацией

Изменения и дополнения в Нормативно-справочную информацию СПРУТ-ТП вносятся при помощи модуля «Менеджер Ресурсов».

«Менеджер Ресурсов» содержит следующие справочники и классификаторы:

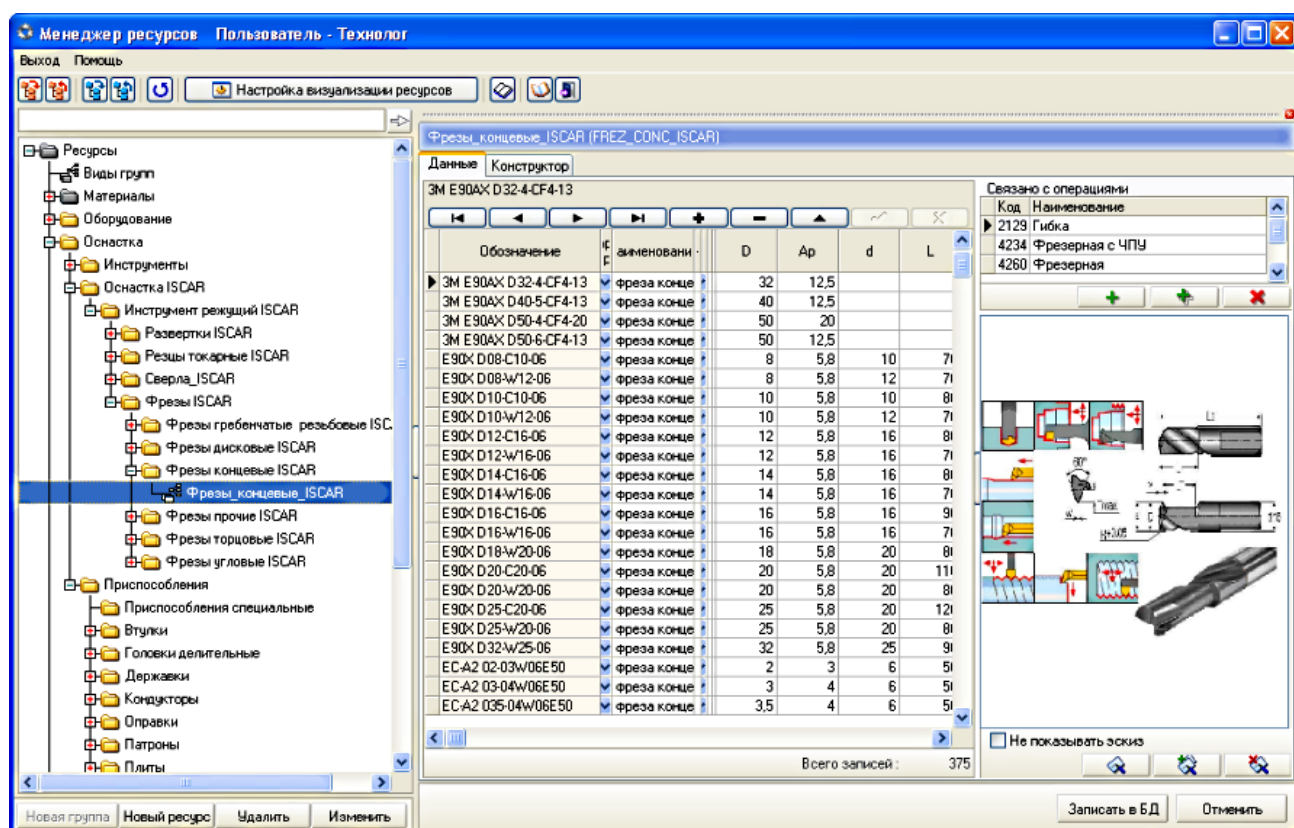


Рисунок 1.14 – Управление базами данных

- классификатор марок материалов.
- классификатор заготовок, сортов и типоразмеров
- классификатор оборудования с паспортными характеристиками станков.
- классификатор оснастки и инструмента (в том числе современного)
- классификатор стандартных изделий.
- описание производственной структуры предприятия (цеха, участки, рабочие места, рабочие центры).
- классификатор технологических операций.
- документы по технике безопасности, инструкции по охране труда и т.д.

- формулировки типовых переходов.
- прочие справочники (единицы измерений, коды причин изменений и т.д.).

Рисунок 1.15 – Создание форм отчетных документов

Создание новых форм документов

Генератор бланков документов предназначен для создания новых и изменения существующих форм бланков активных документов в СПРУТ-ТП.

Активные документы создаются и подключаются в систему в течение 2-3 часов без программирования.

Результаты экспертной оценка СПРУТ Технологии, после пробной эксплуатации, по наличию и работе необходимых функций:

1 Диалоговый режим в программе имеет наилучшее решение среди всех рассмотренных, существует табличный или пошаговый ввод данных, также весьма удобна работа непосредственно с картами. Полуавтоматиче-

ский режим заключается в использовании технологического процесса с встроеным условием. Благодаря этому есть возможность создавать автоматизированные технологические процессы с использованием технологических модулей.

2 Все необходимые расчеты присутствуют, имеют удобную структуру, так как черпают данные из подробных баз на оборудование и оснастку, есть возможность добавлять и изменять расчеты через дополнительную программу «Менеджер ресурсов».

3 Существует возможность создания типовых технологических процессов для последующего их использования как в диалоге, так и в условном технологическом процессе.

4 Работа с эскизами проводится при поддержке множества современных конструкторских САПР. В поле эскиза вставляется непосредственно чертеж или фрагмент, который может обновляться после изменения исходной модели.

5 При выводе форм ЕСТД система не использует никаких дополнительных программ, поэтому с выводом не возникает никаких проблем. Также существует возможность создания и изменения форм по умолчанию, при помощи диалога в самой программе.

6 Взаимодействие с конструкторскими САПР осуществляется считыванием данных с чертежа спецификаций.

Анализ данной системы показал, что она обладает как плюсами там и минусами. К основным достоинствам стоит отнести: удобный интерфейс при работе в диалоге; возможность создания условия в технологическом процессе; лучшая из осмотренных работа с эскизами; хорошая обучающая база; стабильная работа на современных операционных системах.

К отрицательным же качествам стоит отнести: проведение расчетов в автоматическом режиме; перенасыщенность диалоговыми окнами.

Для сравнения систем результаты экспертной оценки после пробной эксплуатации занесены в таблицу 1.1, используя следующую систему:

«+» – наличие функции и положительный отзыв о её работе;

«–» – отсутствие функции или неудовлетворительная работа;

«+/-» – наличие функции, приемлемая работа, но с недостатками.

Таблица 1.1 – Результаты экспертной оценки

Критерий	ТехноПро 7	Technologies 6	СПРУТ Тех- нология
1 Режимы проектирования	+	+/-	+/-
2 Нормирование технологического процесса	+/-	+	+
3 Наличие работы с базами типовых технологических процессов	+	+	+
4 Корректная работа с графическим материалом технологического процесса	-	+/-	+
5 Возможность редактирования и создания новых технологических карт	+/-	+/-	+
6 Взаимодействие с конструкторскими САПР	+/-	+	+/-

Проанализировав данные системы, мы пришли к выводу, что наилучшим вариантом для создания комплекса взаимодействия будет система СПРУТ Технология, так как она обладает всеми необходимыми функциями в своём исполнении, является наиболее стабильной из всех, имеет хорошую

обучающую базу и поддержку производителя. Также существует PDM составляющая, которую в будущем можно развить и использовать систему на более высоком уровне. Данный технологический САПР работает с рядом конструкторских, таких как: Solid Works, AutoCAD, Компас. Среди этих программ и будет проведено исследование на лучшее взаимодействие, стабильность работы и исполнение необходимых функций.

Вопросы и задания

1. Каковы основные преимущества и недостатки пакета Техно-Про?
2. Каковы основные преимущества и недостатки пакета Technologies 6?
3. Каковы основные преимущества и недостатки пакета СПРУТ Техно-логия?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

1. PDM STEP Suite. Руководство пользователя.- М.: НИЦ CALS - технологий. Прикладная логистика, версия 2.8, 2000.
2. Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. [текст] / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. –320 с.
3. Дмитриев В. И. Компьютерная поддержка непрерывных поставок и жизненного цикла продукции – основа обеспечения конкурентоспособности государств в XXI веке [текст] / В. И Дмитриев. // Вестник машиностроения - М., 1996.

2 Практическое занятие по теме «Обзор конструкторских САПР для виртуального предприятия»

Цель работы: Анализ современных САПР ТП для виртуального предприятия.

2.1 SolidWorks

Для обзора был выбран один из базовых продуктов конфигурации SolidWorks Professional. Данный продукт обладает следующими необходимыми и дополнительными функциями:

Гибридное параметрическое моделирование: Твёрдотельное моделирование, моделирование поверхностей, каркасное моделирование и их комбинация без ограничения степени сложности. Использование вспомогательной геометрии. Работа с импортированной геометрией, редактирование на основе параметров и истории построения модели, «прямое» редактирование.

Проектирование изделий с учетом специфики изготовления:

- детали из пластмасс - функций для автоматизации проектирования деталей из пластмасс, учет усадки, построение уклонов.

- листовый материал - моделирование «от детали к развертке» и «от развертки к детали», автоматическое построение развертки.

- пресс-формы и штампы - построение и анализ уклонов, учет изотропной и анизотропной усадки, припусков, построение линии и поверхности разъема; генерация матрицы и пуансона, знаков, ползунов; построение плит, колонок, толкателей; возможность создания библиотеки типовых элементов пресс-форм и штампов и т.д.

- металлоконструкции - проектирование рамных и ферменных конструкций, библиотека профилей по ГОСТ, ISO, ANSI.

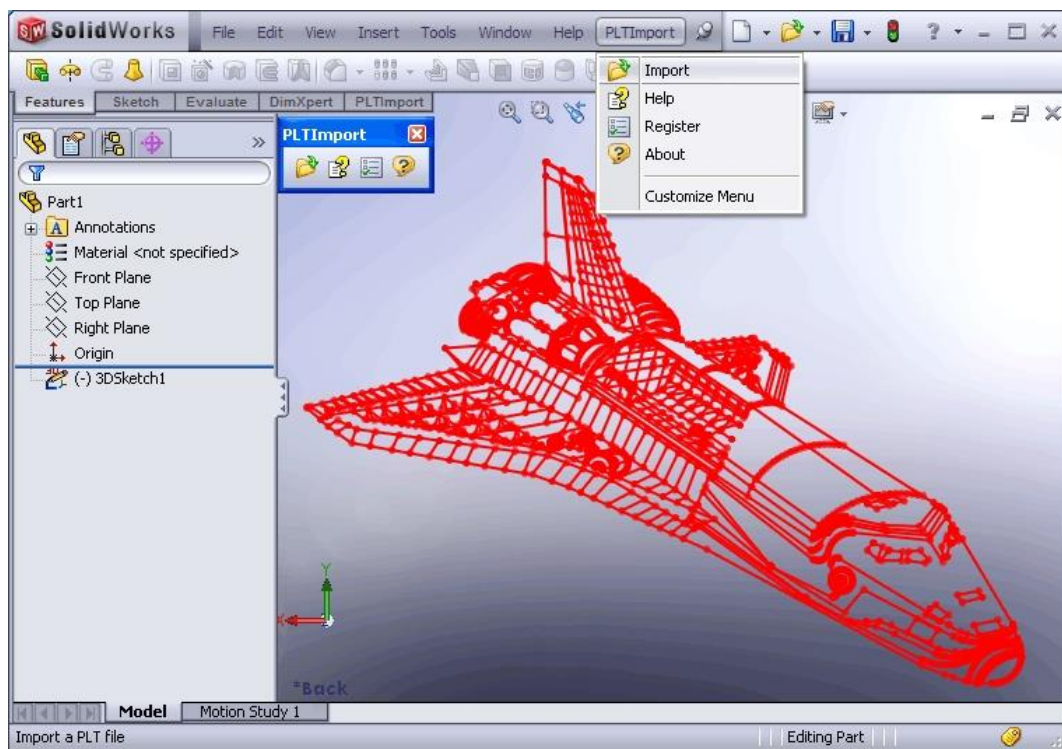


Рисунок 2.1 – Интерфейс SolidWorks Pro

Проектирование сборок: Проектирование «снизу вверх» и «сверху вниз». Проектирование от концепции: использование компоновочных эскизов, работа с деталями-представителями, и т.д.



Рисунок 2.2 – Сборка и реализация

Контекстное редактирование компонентов сборки, сборочные операции, работа с массивами компонентов. Автоматическое добавление сопряжений. Прямое управление производительностью для работы с большими сборками, технология SpeedPak.

Библиотека проектирования: Единая библиотека физических свойств материалов, текстур и штриховок. Типовые конструктивные элементы, стандартные детали и узлы, элементы листовых деталей, профили прокатного сортамента, и т.п. Библиотека стандартных отверстий.

Экспресс-анализ: динамики механизмов, прочности деталей - SimulationXpress, аэро/гидродинамики - FloXpress, технологичности изготовления детали - DFMXpress, литья пластмасс - e-SimpoeWorks. Расчет массо-инерционных и геометрических характеристик модели, моделирование работы кулачков.

Экспертные системы: SketchXpert - анализ конфликтов в эскизах, поиск оптимального решения. FeatureXpert, FilletXpert, DraftXpert - автоматическое управление элементами скруглений и уклонов, оптимизация порядка построения модели. Instant3D - динамическое прямое редактирование 3D моделей деталей и сборок, стандартных компонентов. DimXpert - автоматизированная простановка размеров и допусков в 3D модели, а так же размеров в чертежах, возможность работы с импортированной геометрией. AssemblyXpert - анализ производительности больших сборок, подготовка вариантов решений по улучшению быстродействия. MateXpert - анализ сопряжений сборок, поиск оптимального решения. DriveWorksXpress - инструмент автоматического проектирования по прототипу, автоматическая генерация комплекта конструкторской документации по проекту.

Оформление чертежей по ЕСКД: Создание чертежных видов по 3D модели: разрезы, сечения, местные виды и т.д., простановка размеров вручную, а так же с использованием экспертной системы DimXpert. Использование библиотек оформления КД: специальные символы, базы, допуски и посадки, шероховатости, клеймение и маркировка, технические требования, элементы гидравлических и электрических схем и т.д.

Трансляция данных: Нейтральные трансляторы STEP AP203/AP214, Parasolid, ACIS, IGES, VDAFS, STL, VRML. Прямые трансляторы Pro/ENGINEER, CADKEY, Unigraphics, Solid Edge, Inventor, Mechanical Desktop, AutoCAD, CATIA Graphics. Обмен данными с радиотехническими САПР (P-CAD, Altium Designer, Mentor Graphics, CADENCE и др.).

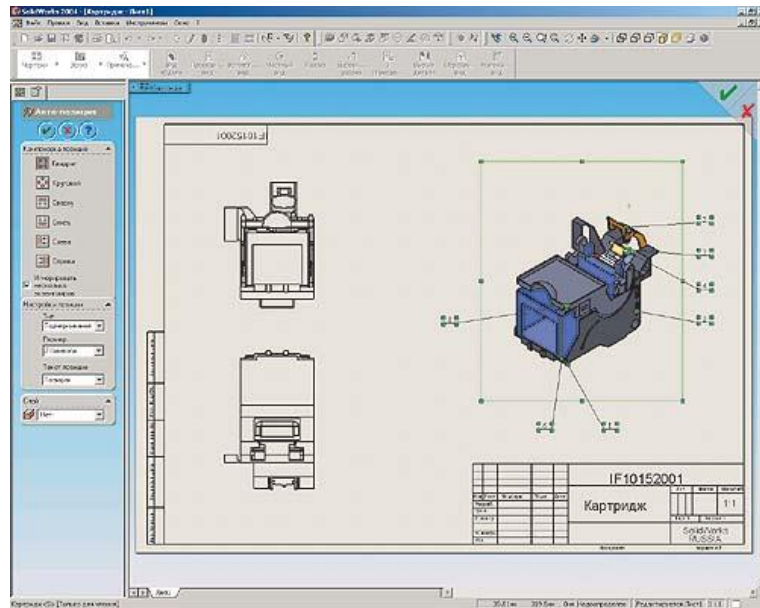


Рисунок 2.3 – Создание двухмерного чертежа с 3D модели

Анимация: Создание мультипликации (анимаций) на основе 3D моделей.

API SDK Поддержка программирования на языках Visual Basic, Visual C++ и др., запись и редактирование макросов (VBA).

SolidWorks Rx: Утилита автоматической диагностики компьютера на соответствие требованиям SolidWorks.

3D Content Central: Доступ к единой библиотеке стандартных компонентов поставщиков-производителей в формате SolidWorks.

SolidWorks eDrawings: Просмотр и вывод на печать документов SolidWorks, Pro/Engineer, DWG, DXF.

DraftSight: Работа с чертежами в формате DWG без ограничения номера версии. Ассоциативные связи с моделью SolidWorks.

Итак, мы имеем мощный инструмент для конструирования, который обладает всеми необходимыми нам функциями для создания и работы с комплексом. При взаимодействии с графическим материалом в СПРУТе не возникает никаких ошибок, программы работают стабильно.

Стоит отметить, что для создания комплекса хватает набора функций комплектации SolidWorks Standard, однако в ней отсутствуют отечественные стандарты. Для оформления документации по ГОСТ необходимо дополнение SolidWorks Toolbox, которое присутствует только в комплектации Professional.

Таким образом, данный программный продукт является мощным и перспективным инструментом для конструирования, однако, для создания и работы автоматизированного комплекса SolidWorks Professional является перенасыщенным функциями и отсюда дорогостоящим. Данный программный продукт больше подходит для работы конструкторских бюро.

2.2 AutoCAD

Для тестирования был использован AutoCAD 2010, так как это первая версия программы, в которой появилась функция «параметризации». При попытках использовать графический материал в СПРУТ Технологии возникает ошибка, которая не позволяет открыть и вставить эскиз в технологический процесс. Поиск решений проблемы привел к выводу, что СПРУТ Технология не работает с версиями AutoCAD 2009 и более поздними. Так как версии раннее 2010 года не обладают необходимой функцией параметризации, то использование AutoCAD для создания автоматизированного комплекса является невозможным.

2.3 Компас 3D

Для тестирования был использован Компас 3D v12, так как это первая версия программы, в которой появилась функция «параметризации». Данный программный продукт обладает следующими функциями:

- возможность построения поверхностей разных типов. Большое количество инструментов для моделирования ускорит процесс и сделает его более удобным;

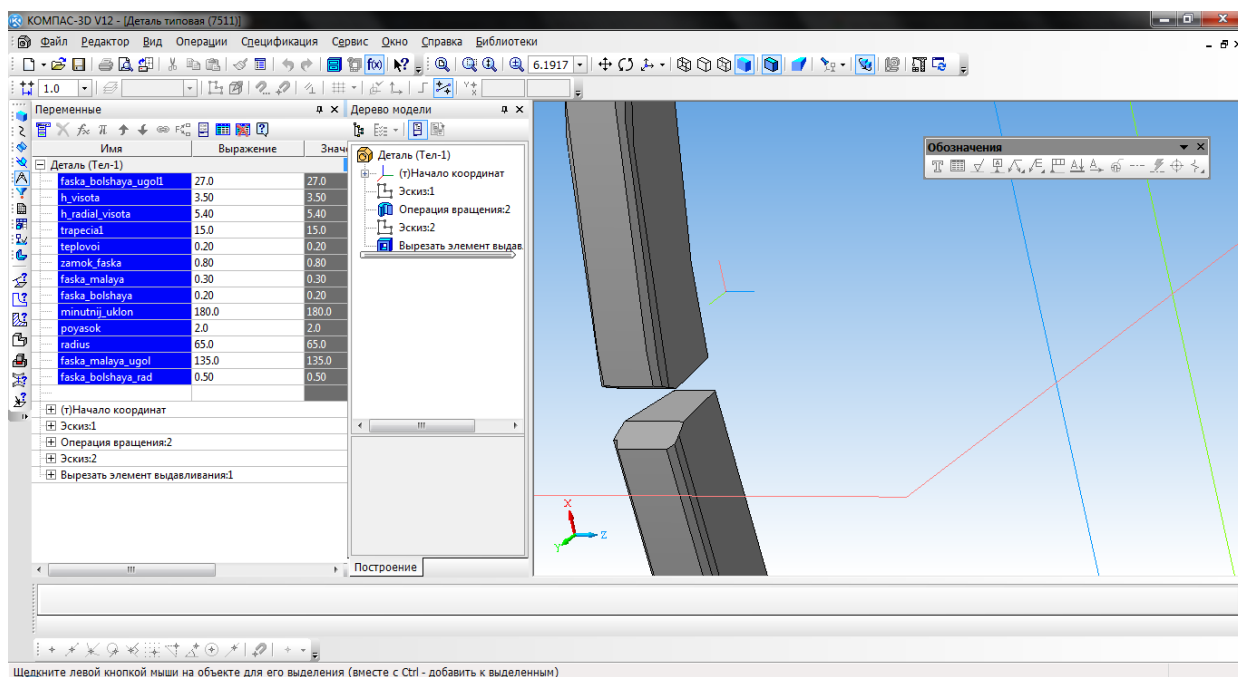


Рисунок 2.4 – Интерфейс Компас 3D v12

- возможность оптимизировать, ускорить работу, благодаря механизму частичной загрузки компонентов сложных проектов;
- возможность создания параметризованных моделей и чертежей;
- программа предоставляет отличный функционал для моделирования деталей проекта из листового материала. Это дает возможность быстрого создания штамповок и буртиков, сгибов и жалюзи, замыкания вырезов и углов в листовом теле;

- литейные формы так же проще построить благодаря таким возможностям, как литейные уклоны, полости, линии разъема, повторяющие форму детали (так же с заданием усадки);
- компас-3D позволяет пользователям создавать библиотеки параметров используемых типовых элементов;
- способность интеграции с современными CAD/CAM/CAE программами;
- Unicode стандарт теперь тоже поддерживается;
- отчеты по составу модели изделия, включая и пользовательские встроенные атрибуты;
- создание полного комплекта документации на изделие, как конструкторской, так и технологической. Компас-График позволяет создавать текстовые документы, чертежи, таблицы, схемы и спецификации, который интегрирован в Компас-3D;
- есть возможность проставить размеры в трехмерной модели.
- встроенный модуль Компас-Защита позволяет защитить от несанкционированного доступа важную пользовательскую информацию.

Итак, мы имеем пакет конструкторского легкого САПР, обладающим необходимым инструментарием для создания комплекса, поставляется со своей базой стандартных элементов, имеет небольшую расчетную базу. Является отечественной разработкой, поэтому выдает документацию по российским стандартам. Программа несколько уступает по части визуализации моделей, что не является определяющей задачей при работе в комплексе.

При вставке графического материала в СПРУТ Технологию ошибок не возникает, работает стабильно.

Протестировав графические пакеты для автоматизированной работы в комплексе со СПРУТ Технологией, мы пришли к выводу, что Компас 3D, а также SolidWorks Pro отвечают всем критериям работы, отличаются стабиль-

ностью и эргономичностью. SolidWorks Pro является более перспективной и мощной системой конструирования, однако, для решения поставленной задачи не нужен такой обширный набор инструментов, который соответственно влияет на цену продукта. Поэтому из соображения экономии предприятия для создания автоматизированного комплекса подготовки производства будем использовать Компас 3D, обладающий необходимыми и достаточными функциями и качествами.

2.4 Autodesk Inventor Publisher

Autodesk Inventor Publisher — это инновационное, простое в использовании приложение для создания и обмена наглядной, интерактивной технической 2D- и 3D-документацией, объясняющей принцип работы вашего изделия и выделяющей его среди других подобных товаров. Inventor Publisher делает технологию цифровых прототипов доступной не только для конструкторов — другие специалисты могут легко работать непосредственно с 3D-данными САПР, создавая анимированные инструкции по сборке, эксплуатации, ремонту и пр. Существует возможность публикации данных в мобильных устройствах типа iPhone или iPad, благодаря которой ваши клиенты могут всегда иметь под рукой необходимые инструкции. Inventor Publisher помогает увеличить конкурентное преимущество благодаря сокращению затрат на создание документации и обслуживание, ускорению выпуска изделий и повышению качества обслуживания клиентов.

Основные возможности продукта:

- Inventor Publisher позволяет работать не только с файлами, создаваемыми приложениями Autodesk, но и с файлами распространенных систем САПР и нейтральными форматами IGES, SAT, STEP;

- назначение материалов и текстур элементам сборок, управление цветом, ориентаций и масштабом рисунка текстур с помощью удобного мредства управления с просмотром изменений в режиме реального времени;

- размещение текстовых блоков и пояснений, в том числе в автоматизированном режиме, добавление в текст пояснений информации об обозначении или наименовании детали прямо из файла Inventor;

- размещение прямых и круговых стрелок;

настройка свойств источников освещения, теней, отражений;

ассоциативная связь с приложениями Autodesk – при редактировании конструкции в Inventor все изменения автоматически вносятся в проект inventor Publisher;

- вывод результатов в следующих формах: видеоролик, файл DWF, флэш-анимация, картинка, файл PDF, презентация PowerPoint, отправка на мобильное устройство посредством электронной почты, документ Microsoft Word.

Вопросы и задания

1. Каковы основные преимущества и недостатки пакета SolidWorks?
2. Каковы основные преимущества и недостатки пакета AutoCAD?
3. Каковы основные преимущества и недостатки пакета Компас 3D?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

1. Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. [текст] / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. –320 с.
2. Дмитриев В. И. Компьютерная поддержка непрерывных поставок и жизненного цикла продукции – основа обеспечения конкурентоспо-

способности государств в XXI веке [текст] / В. И Дмитриев. // Вестник машиностроения - М., 1996.

3 Практическое занятие «Выбор партнеров виртуального предприятия».

Цель работы: Изучение методов выбора партнеров для виртуального предприятия.

Знать: современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Уметь: использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Владеть: методикой использования современных информационных технологий, прикладных программных средств при решении задач профессиональной деятельности.

Теоретическая часть

Предполагается, что виртуальное предприятие налаживает производство N штук изделия, сборочный чертеж которого выдан индивидуально по согласованию с преподавателем в качестве задания. Вам необходимо оценить возможных партнеров, выделить из них тех, которые способны осуществить производство деталей, указанных на чертеже изделия:

- надлежащего качества;
- в минимально короткие сроки;
- с минимальными приведенными затратами.

Для этого нужно:

- выполнить рабочие чертежи деталей;
- оценить трудоемкость и станкоемкость указанных деталей по всем видам оборудования;
- выделить тех претендентов, которые способны производить продукцию надлежащего качества;

- определить, за какой период времени каждый из претендентов изготовит нужное количество деталей;
- результаты расчета представить в виде круговой диаграммы;
- оценить себестоимость изделий для каждого из претендентов;
- отразить результаты расчета себестоимости в виде гистограммы стоимость-партнер;
- назвать выбранного вами партнера;
- сформулировать выводы.

Таблица 1 – Исходные данные о партнерах

Имя возможного партнера	Точность выпускае- мой продукции, кавалитет	Свободная произ- водственная мощ- ность, С, станкочас/сут	Стоимость од- ной тонны про- дукции, Ц, тысяч рублей
П1	6	45	40
П2	7	60	38
П3	8	75	33
П4	12	90	30
П5	9	80	32
П6	10	50	30
П7	6	40	37
П8	7	45	34
П9	9	60	36
П10	8	60	35
П11	12	60	32
П12	6	50	39
П13	7	120	30
П14	8	250	32
П15	9	400	34
П16	6	65	38
П17	7	110	36
П18	8	200	35
П19	9	85	33
П20	6	100	38

Работу необходимо начать с разработки рабочих чертежей деталей, указанных в задании, в соответствии с требованиями ЕСКД в системе AutoCAD или другом графическом пакете.

Определить трудоемкость T , станкочас, изготовления указанных деталей, для чего разработать маршрут изготовления изделия. Трудоемкость можно определить с помощью САПР ТехноПРО.

Исходя из заданной точности изготовления, указанной на рабочем чертеже детали, выбрать тех партнеров, которые способны производить продукцию надлежащего качества.

Определить, за какой период времени каждый из претендентов, изготовит нужное количество деталей по формуле:

$$D = \frac{T}{C},$$

где C – свободная производственная мощность, станкочас/сут;

T – трудоемкость изготовления партии деталей, станкочас.

Результаты расчета представить в виде круговой диаграммы.

Оценить себестоимость изделий для каждого из претендентов по формуле:

$$Z = M \cdot Ц,$$

где $Ц$ – стоимость одной тонны продукции, $Ц$, тысяч рублей;

M – масса партии заготовок, т, определенная по формуле:

$$M = m \cdot N,$$

где m – масса одной заготовки, т;

N – программа выпуска деталей, шт.

Отразить результаты расчета себестоимости в виде гистограммы стоимость-партнер;

Проанализировать результаты расчетов, назвать выбранного вами партнера, сформулировать выводы.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

1. Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. [текст] / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. –320 с.

2. Дмитриев В. И. Компьютерная поддержка непрерывных поставок и жизненного цикла продукции – основа обеспечения конкурентоспособности государств в XXI веке [текст] / В. И Дмитриев. // Вестник машиностроения - М., 1996.

3.

4 Практическое занятие «Методы априорного ранжирования»

Цель работы: Изучение методов априорного ранжирования для виртуального предприятия.

Знать: современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Уметь: использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Владеть: методикой использования современных информационных технологий, прикладных программных средств при решении задач профессиональной деятельности.

Теоретическая часть

Одним из методов принятия решений в условиях недостаточной информации является априорное ранжирование, основанное на экспертной оценке факторов группой специалистов, компетентных в данной области. Последовательность проведения априорного ранжирования следующая.

1. Специалистом, проводящим экспертизу, определяется перечень факторов, требующих ранжирования.
2. Составляется анкета, в которой приводится, желательно в табличной форме, перечень факторов, необходимые пояснения, примеры заполнения анкет.
3. Осуществляется комплектация и проверка компетентности группы экспертов, которые должны быть специалистами в рассматриваемых вопросах, но не быть лично заинтересованными в результатах. Проверка компетентности может проводиться с помощью тестов, методом самооценки и т.д.
4. Экспертами осуществляется индивидуальная оценка предложенных факторов, в процессе которой факторы располагаются в порядке убывания

степени их влияния на результирующий признак или объект исследования. При этом фактор, имеющий наибольшее влияние, оценивается первым рангом (цифрой 1), фактору, имеющему меньшее значение, присваивается второй ранг (цифра 2) и т. д.

5. Организаторами экспертизы производится обработка результатов экспертного опроса, разрабатываются рекомендации по решению конкретных проблем.

6. Проверяется правильность заполнения анкеты с учетом следующих требований:

- максимальный ранг по конкретному фактору не может быть больше числа сравниваемых факторов;

- максимальное значение суммы рангов по любому фактору не может быть больше произведения максимально возможного ранга на число экспертов;

- минимально возможная сумма рангов по любому фактору не может быть меньше минимального ранга 1, умноженному на число экспертов.

7. Вычисляется сумма рангов $\sum \Delta_k$ и средняя сумма рангов по формуле:

$$\Delta_{cp} = (\sum \Delta_k) / k, \quad (1)$$

где k -число факторов.

8. Проверяется правильность определения суммы рангов по формуле

$$\sum \Delta_k = m^* \cdot k^* \cdot a_{cp}, \quad (2)$$

где a_{cp} – средний ранг оценки каждым экспертом, $a_{cp} = \sum K / K$.

9. Определяется отклонение суммы рангов каждого фактора от средней суммы рангов

$$\Delta_k^* = \Delta_k - \Delta_{cp}. \quad (3)$$

10. По коэффициенту конкордации Кэнделла оценивается степень согласованности мнений экспертов

$$W = (12 \cdot S) / (m^2 \cdot (\kappa^3 - \kappa)), \quad (4)$$

где κ – число экспертов, m – число факторов.

$$S = \sum (\Delta \kappa^*)^2. \quad (5)$$

Коэффициент конкордации может изменяться от 0 до 1. Если он существенно отличается от 0 ($W = 0,5$ и более), то можно считать, что между мнениями экспертов имеется определенное согласие. В противном случае проводится анализ негативного результата и решение о корректировании проведения экспертизы (например, передача ее другой группе специалистов, корректировка состава факторов и т. д.)

11. Определяется удельный вес фактора по его влиянию на целевой показатель

$$q_{\kappa} = (2 \cdot (\kappa - M + 1)) / (\kappa(\kappa + 1)), \quad (6)$$

где M – место ранжирования.

Задание

Задание для выполнения практической работы выдается в виде анкеты (таблица 1). В анкете указывается ряд факторов, которые в процессе экспертизы необходимо расположить в порядке убывания степени их влияния на повышения эффективности работы, например, участка по ремонту оборудования. При этом фактор, имеющий наибольшее влияние оценивается первым рангом (цифрой 1). Фактору, имеющему меньшее значение, присваивается второй ранг (цифра 2) и т. д. Результаты априорного ранжирования факторов заносятся в таблицу 2.

Для наглядного представления о весомости факторов строится диаграмма рангов (по оси абсцисс откладываются факторы, по оси ординат – соответствующие им суммы рангов).

Таблица 1 – Анкета экспертного вопроса

Ф. И. О, эксперта	Должность
Факторы	Ранги
1. Оснащение участка современным высоко-производительным обо-	
2. Укомплектование штата рабочих высококвалифицированными	
3. Строительство или аренда современных производственных площа-	
4. Дислокация в центральной части города (или оживленных транс- портных магистралей)	
5. Массированная рекламная компания в средствах массовой инфор-	
6. Гибкая ценовая политика (скидки постоянным клиентам), соблю- дение гарантийных обязательств	
7. Повышение качества услуг за счет специализации на ограниченном перечне работ	

Таблица 2 – Результаты априорного ранжирования факторов

Факто- ры	Условные номера экспер- тов m , ранги оценки a_{km}					Сум- ма ран- гов Δk	От- кло- нения сум- мы ран- гов Δk^*	$(\Delta k^*)^2$	Зани- мае- мое место M_1	Вес фак- тора φ_k
	1	2	3	4	5					
C1	1	1	1	1	2	6	-6,5	42,25	1	0,4
C2	3	4	4	3	3	17	4,5	20,25	3	0,2
C3	4	3	3	4	4	18	5,5	30,25	4	0,1
C4	2	2	2	2	1	9	-3,5	12,25	2	0,3

Примечание. m – число экспертов, k – число факторов

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

1. Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. [текст] / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. –320 с.

2. Дмитриев В. И. Компьютерная поддержка непрерывных поставок и жизненного цикла продукции – основа обеспечения конкурентоспособности государств в XXI веке [текст] / В. И Дмитриев. // Вестник машиностроения - М., 1996.

5 Практическое занятие: «Создание электронных инструкций»

Цель работы: Изучение методов создания электронных инструкций для виртуального предприятия.

Знать: современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Уметь: использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Владеть: методикой использования современных информационных технологий, прикладных программных средств при решении задач профессиональной деятельности.

Теоретическая часть

Autodesk Inventor это система трехмерного, твердотельного, поверхностного параметрического проектирования (САПР) компании Autodesk предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий и компонентов. Инструменты Inventor обеспечивают полный цикл проектирования и создания конструкторской документации, 2D – 3D моделирования, создание изделий из листового материала, а также создания схемы сборки и разборки сборочных компонентов.

Autodesk Inventor поддерживает различные методы моделирования трехмерных моделей любой сложности. Можно гибко сочетать твердотельное и поверхностное моделирование, а также модели в виде треугольной сетки. Также в Autodesk Inventor имеется функция для наглядной демонстрации созданной сборки при помощи схемы разнесенной проекции.

Для наглядной демонстрации созданной сборки иногда очень полезно показать схему разнесенной проекции сборки и даже презентационный ролик, демонстрирующий сборку – разборку компонентов. Это может быть ис-

пользовано в инструкциях по монтажу, руководстве по ремонту и замене частей механизма.

Пример создания схемы разнесенной сборки в Autodesk Inventor

1. Для создания презентационного ролика, демонстрирующий сборку-разборку компонентов сборочного изделия открываем проект программы Autodesk Inventor под названием «Поворотная колесная опора С-3302-SLS-75» (Рисунок 5 – Создание схемы разнесенной сборки)

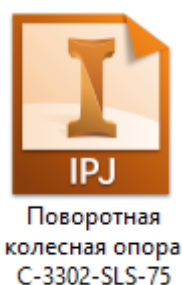


Рисунок 5 – Создание схемы разнесенной сборки

2. В панели под названием: «Начало работы» выбираем пункт «Создать», после чего выплывает окно «Создать новый файл», где под пунктом «Схема – создание разнесенной проекции сборки» выбираем файл «Обычный.ipn» (Рисунок 6 – Создание схемы разнесенной сборки).

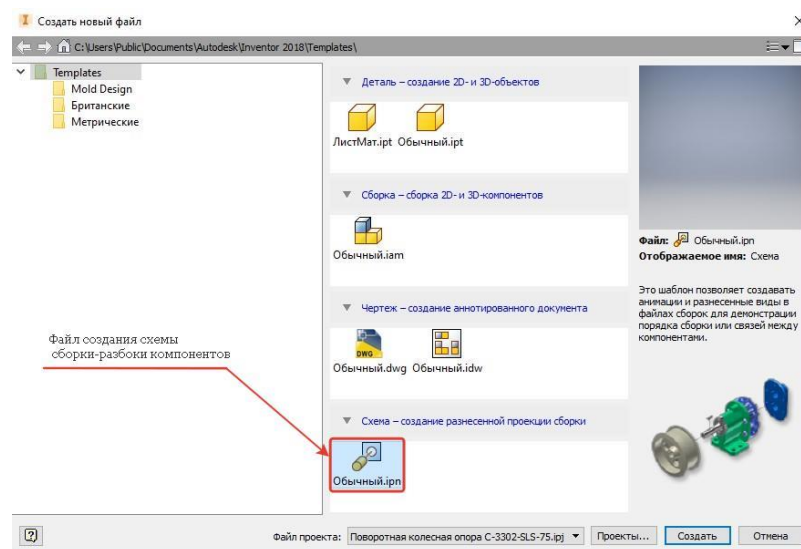


Рисунок 6 – Создание схемы разнесенной сборки

3. В появившемся окне «Вставка» выбираем файл сборки «Поворотная колесная опора C-3302-SLS-75» и нажимаем кнопку «Открыть» (Рисунок 7 – Создание схемы разнесенной сборки **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

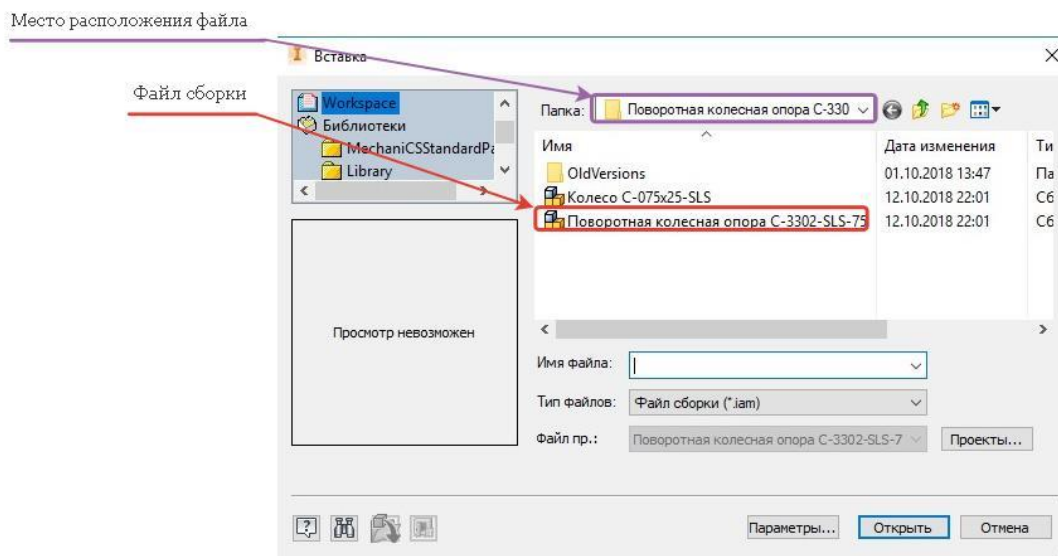


Рисунок 7 – Создание схемы разнесенной сборки

Затем открывается рабочая область Autodesk Inventor со сборочной моделью «Поворотная колесная опора C-3302-SLS-75» (Рисунок 4 – Создание схемы разнесенной сборки **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

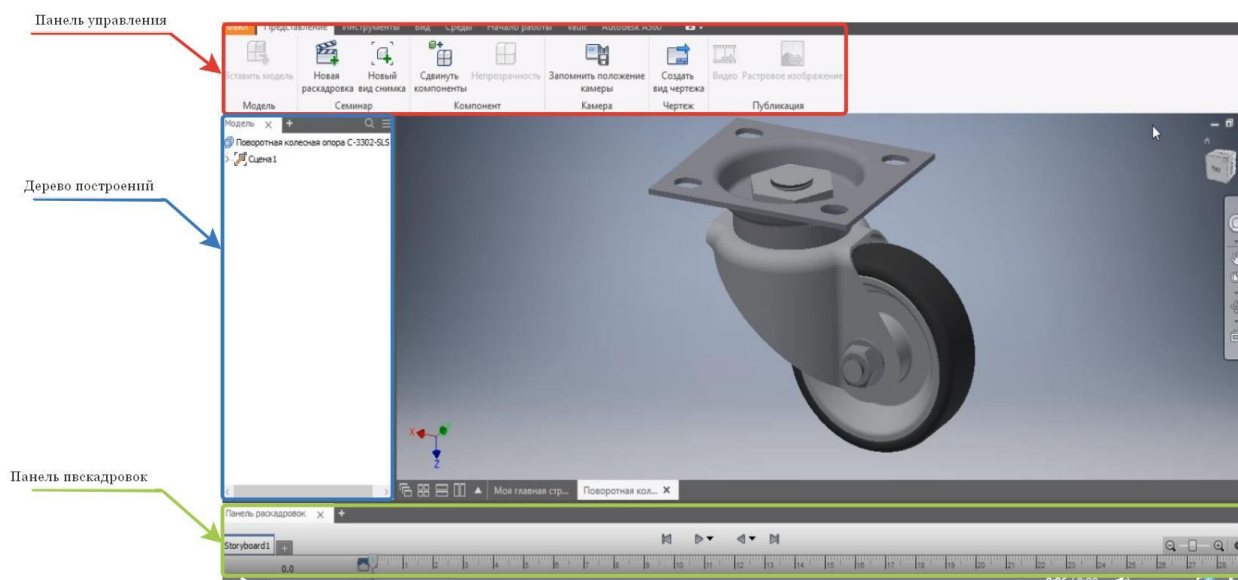


Рисунок 4 – Создание схемы разнесенной сборки

Модель сборки состоит из компонентов таких как колесо, ось, опора колеса, 3-х гаек и верхней опоры. Для наглядной демонстрации созданной сборки полезно показать схему разнесенной проекции сборки и даже презентационный ролик, демонстрирующий сборку-разборку всех компонентов. Это может быть использовано в инструкциях по монтажу, руководстве по ремонту и замене частей механизма.

Схема разнесенной проекции сборки создается путем последовательного отсоединения каждого компонента с применением соответствующей анимации раскручивания, выхода, свинчивания и др., с указанием расстояния вылета, числа оборотов и продолжительности времени.

4. Демонстрацию сборки начинаем с откручивания верхней гайки.левой кнопкой мыши выбираем нужный компонент, после чего на панели инструментов выбиваем команду «Сдвинуть компоненты».

Появляется новое вспомогательное окно, а также оси координат, которыми мы будем пользоваться при сдвиге компонента. Выбираем ось координат по которой будет перемещаться гайка. В нашем случае это ось Z, в новом окне указываем расстояние для вылета гайки, примем значение равное 100 мм. (Рисунок 5 – Создание схемы разнесенной сборки).

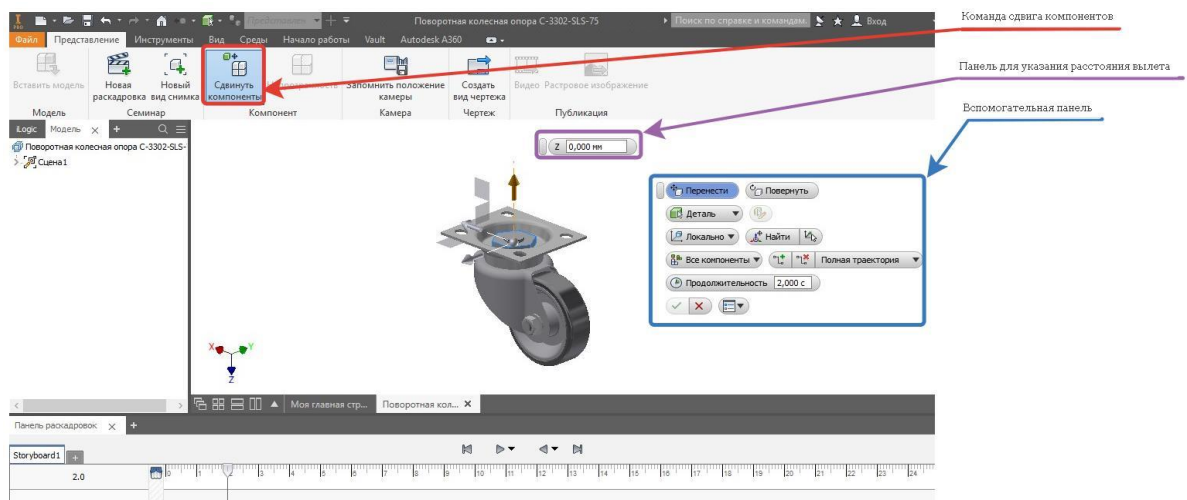


Рисунок 5 – Создание схемы разнесенной сборки

5. Продолжительность устанавливаем 2 сек. После во вспомогательной панели выбираем пункт «Повернуть» и в появившемся окне указываем поворот в 360 градусов. После указания нужных параметров вылета нажимаем на галочку (
6. Рисунок 6 – Создание схемы разнесенной сборки).

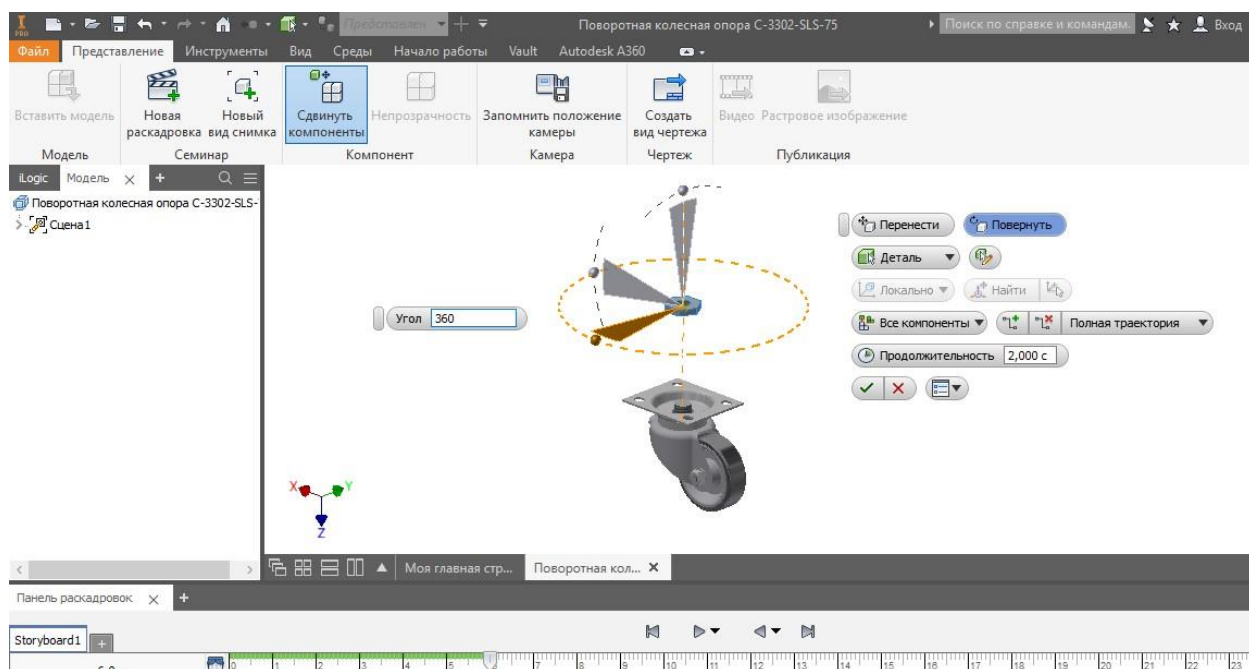


Рисунок 6 – Создание схемы разнесенной сборки

7. Вылет нашей гайки осуществляется последовательностью между командами «Перенести» и «Повернуть». То есть на анимации гайка сначала совершает вылет, а затем начинает проворачиваться вокруг своей ось, что неправильно. Как правило должна быть одновременная работа анимации.

Для того чтобы исправить данную ситуацию нужно открыть «Панель раскладовок». В дереве выбрать компонент гайка, где откроется два прямоугольника это продолжительность работы анимации, один из них, верхний, отвечает за перемещение, нижний – за поворот. Правой кнопкой мыши нижний прямоугольник перемещаем ровно под верхний. Тем самым устанавливаем одновременную работу анимации (Рисунок 7 – Создание схемы разнесенной сборки7), (Рисунок 8 – Создание схемы разнесенной сборки), (Рисунок 9 – Создание схемы разнесенной сборки).

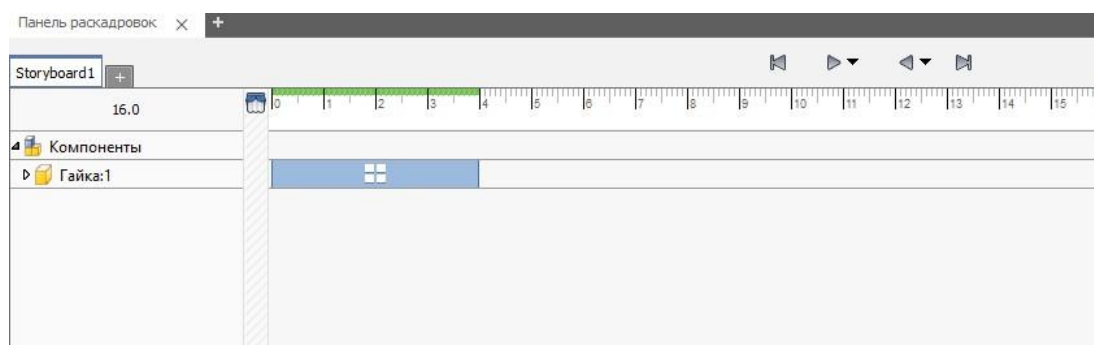


Рисунок 7 – Создание схемы разнесенной сборки

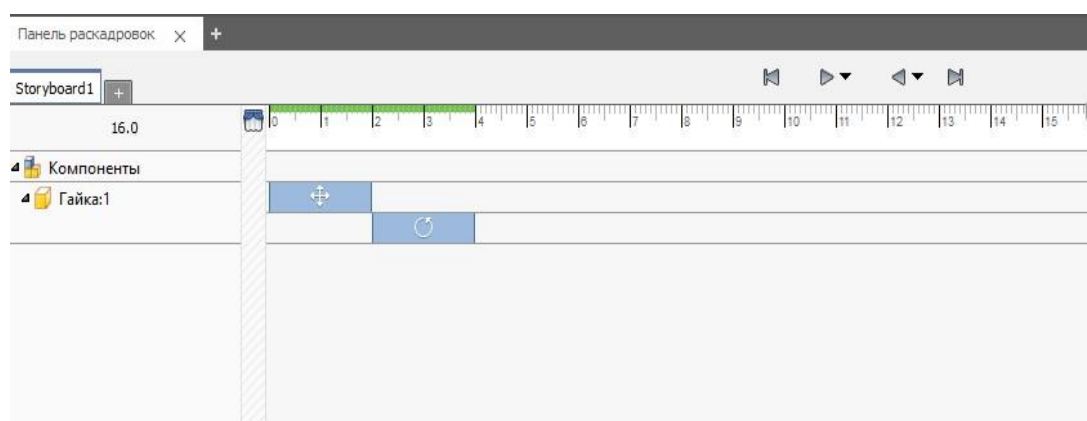


Рисунок 8 – Создание схемы разнесенной сборки

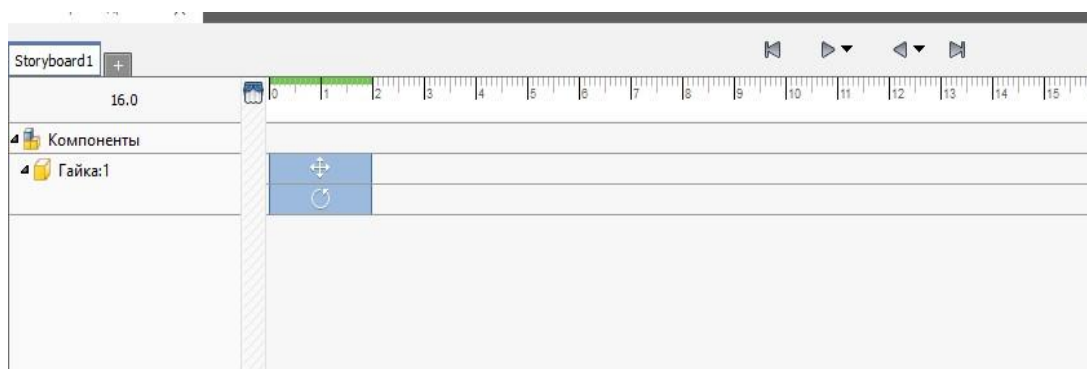


Рисунок 9 – Создание схемы разнесенной сборки

Для воспроизведения анимации левой кнопкой мыши нажимаем кнопку «Воспроизведение текущей раскадровки».

При нажатии правой кнопки мыши появляется окно где можно редактировать время и сдвиг компонента.

8. Следующим шагом устанавливаем вылет верхней опоры. Принцип аналогичен предыдущему при помощи команды «Сдвинуть компоненты». Также выбираем ось Z, вылет задаем равным (-75) мм. Из – за того что компоненты сборки могут быть созданы в разных плоскостях, следовательно, могут наблюдаться несоответствия между осями, тем самым иногда задают вылет с отрицательным значением. Вращение вокруг оси задавать не надо. Продолжительность устанавливаем 2 секунды. Для того чтобы компоненты сборки не скапливались в одном месте, их можно сдвинуть по разные стороны.левой кнопкой мыши выбираем опору и при помощи команды «Сдвинуть компоненты» сдвигаем ее по оси X, с указанием расстояния (-150) мм. Продолжительность также можно установить 2 секунды. В панели раскадровок, в дереве выбираем нужный компонент «Опора», напротив которой расположены 2 прямоугольника, отвечающих за анимацию.левой кнопкой мыши перемещаем прямоугольники друг за другом таким образом, чтобы начало анимации перемещения опоры совпадало с концом анимации перемещения гайки, тем самым добиваемся общей последовательности (
9. Рисунок 10 – Создание схемы разнесенной сборки). Для проверки можно воспользоваться командой «Воспроизведение текущей раскадровки».

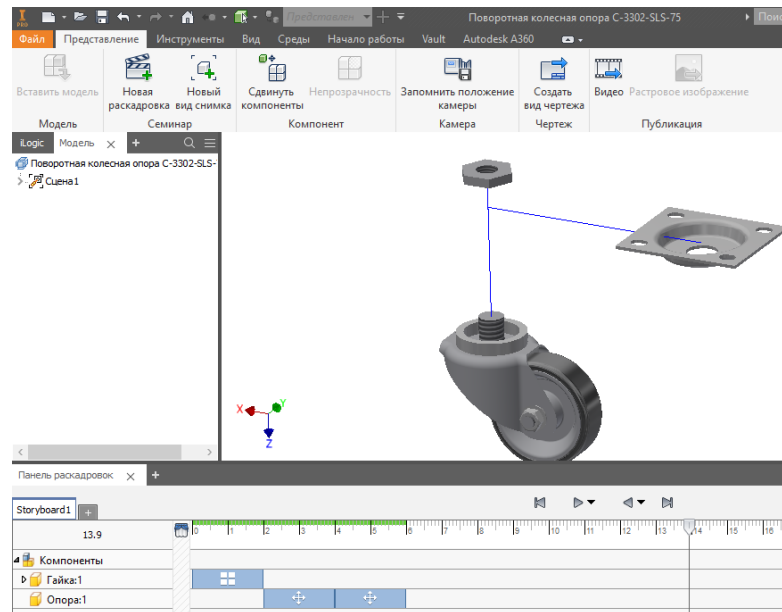


Рисунок 10 – Создание схемы разнесенной сборки

10. Затем устанавливаем вылет кольца, расположенный между двумя опорами. Принцип задания вылета аналогичен предыдущим. Устанавливаются только столько свои значения вылета. Например, по оси Z расстояние задаем равным 80 мм, продолжительность 2 секунды, а вылет по оси X задаем равным 150 мм с продолжительность. равным 2 секунды (Рисунок 11– Создание схемы разнесенной сборки).

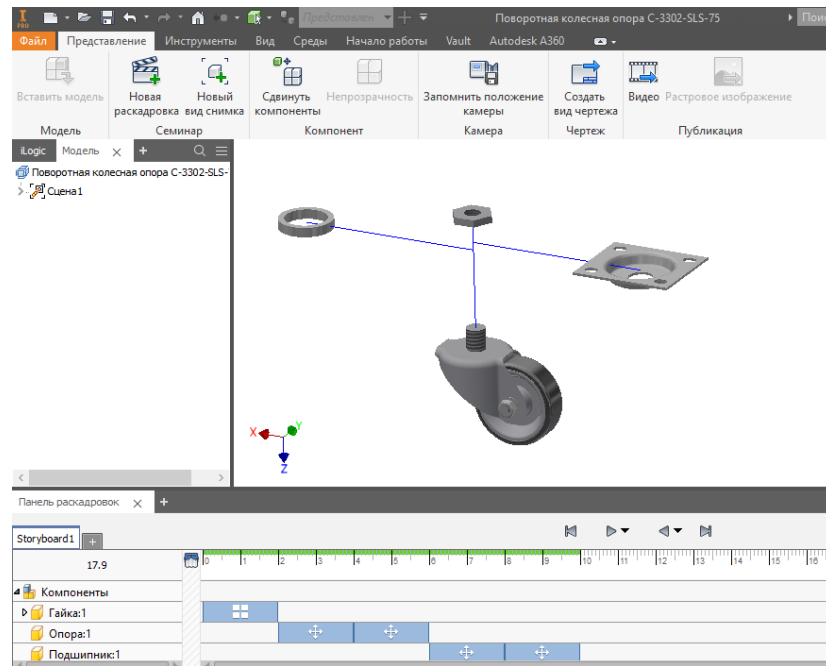


Рисунок 11– Создание схемы разнесенной сборки

11. Колесо расположено на оси, которая в свою очередь закреплено по бокам двумя гайками. Устанавливаем вылет одной из гаек. Принцип такой же, как и в предыдущих операциях. При помощи команды «Сдвинуть компоненты» выбираем одну из гаек, затем на оси X задаем значение вылета 100 мм, продолжительность 2 секунды, после чего во вспомогательном окне выбираем значение «Повернуть». Гайка должна поворачиваться вокруг своей оси, т.е. вокруг оси X. Задаем значение поворота (-360) градусов. Продолжительность задаем 2 секунды (Рисунок 12 – Создание схемы разнесенной сборки). Продолжительность анимации устанавливаем в правильной последовательности (Рисунок 13 – Создание схемы разнесенной сборки).

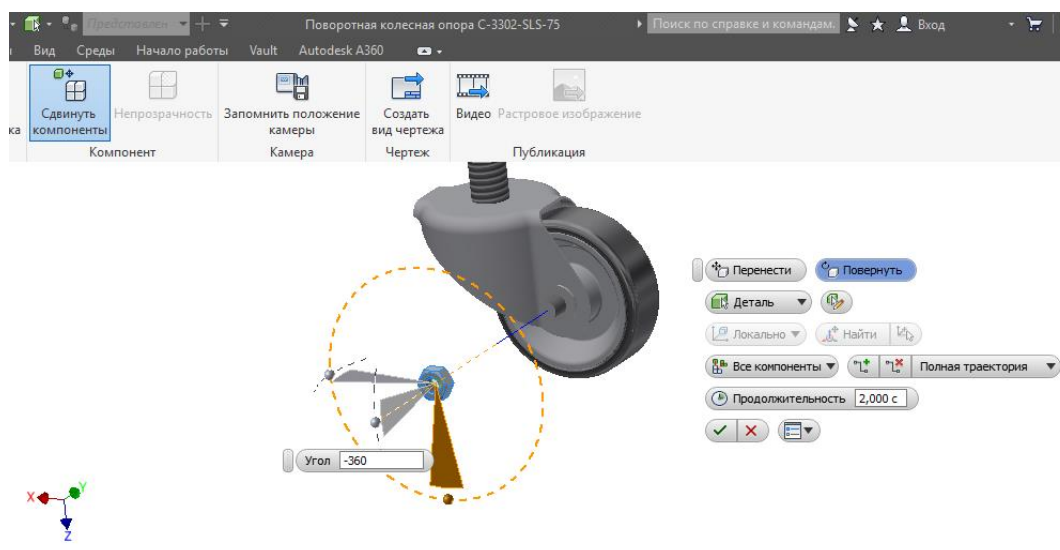


Рисунок 12 – Создание схемы разнесенной сборки

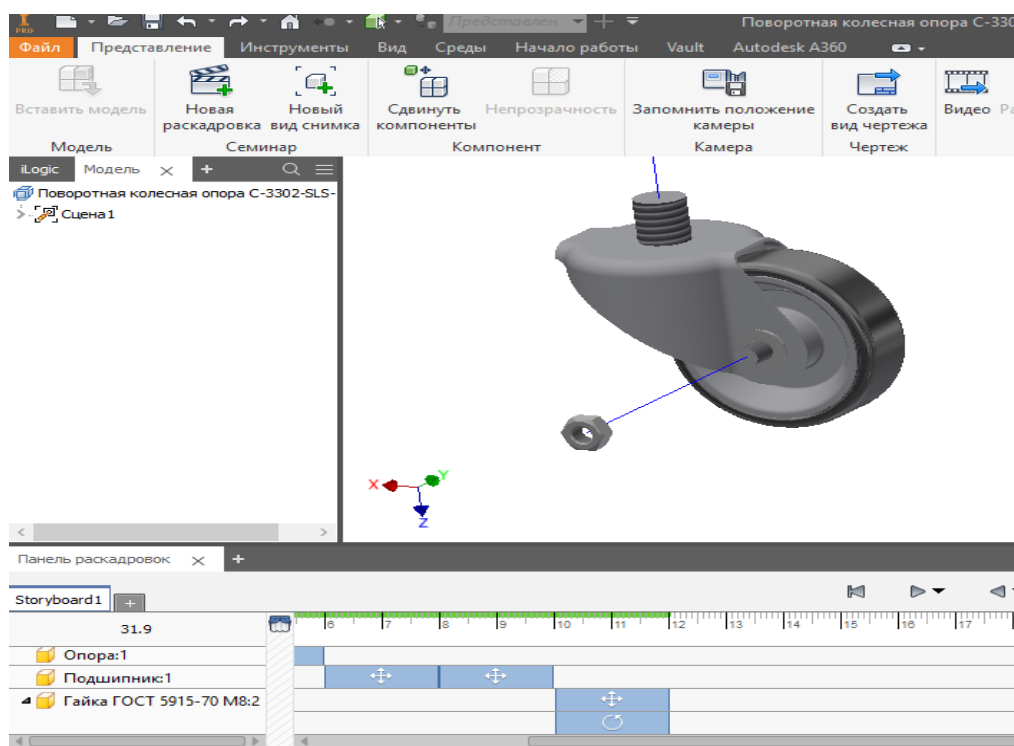


Рисунок 13 – Создание схемы разнесенной сборки

12. Устанавливаем вылет шайбы по аналогии с предыдущими операциями.

Выбираем ось X, расстояние вылета задаем равным 80 мм, продолжи-

тельность 2 секунды. По аналогии в панели раскадровок устанавливаем последовательность анимации.

13.Следующим шагом, по аналогии, задаемся вылетом гайки и шайбы. Расстояния по оси X задаем 100 мм и 80 мм соответственно. Выкручивание у гайки задаем в отрицательном значении (-360) градусов. По аналогии с предыдущими операциями задаем последовательность выполнения анимации. Проверку хода анимации осуществляем при помощи команды «Воспроизвести текущую раскадровку».

14.При помощи известной команды «Сдвинуть компоненты» осуществляем вылет оси, с помощью которой колесо крепится к основной опоре. Внимание! Из – за того что компоненты сборки могут быть созданы в разных плоскостях, следовательно, могут наблюдаться несоответствия между осями.

Поэтому для оси вылет осуществляется по Z, со значением равным 55 мм, поворот устанавливать не надо. Аналогично предыдущим операциям следим за последовательностью анимации (Рисунок 14 – Создание схемы разнесенной сборки).

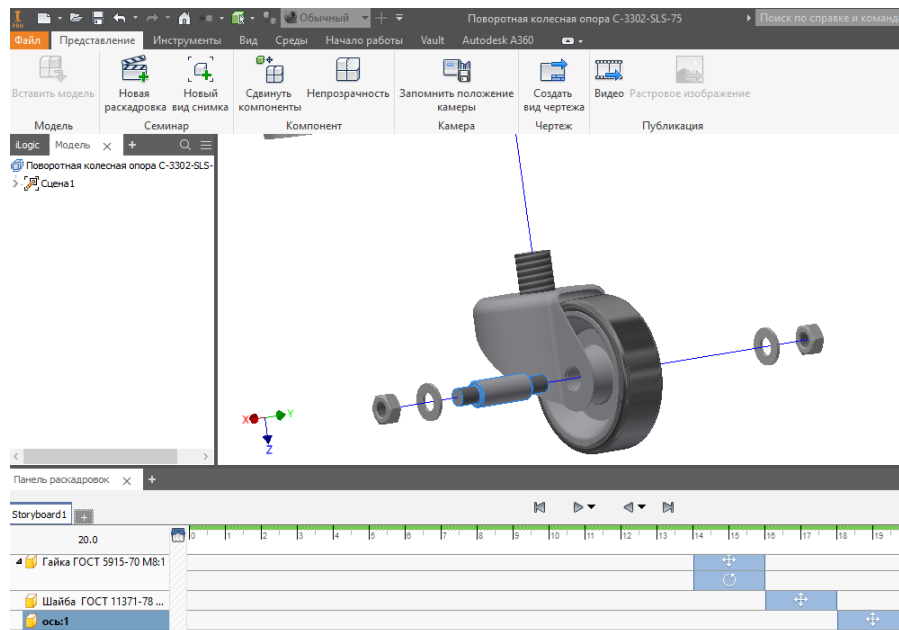


Рисунок 14 – Создание схемы разнесенной сборки

15. Заключительным шагом задаем вылет колеса. Колесо представлено в виде сборочной модели и состоит из шины и двух полу ободов. Для осуществления вылета выбираем сразу три компонента при помощи комбинации клавиши ctrl и левой кнопки мыши. Для выбора противоположного полу обода воспользуемся видовым кубом для разворота сборки, не отпуская при этом клавишу ctrl. После выбора всех трех компонентов воспользуемся известной командой «Сдвинуть компоненты». Вылет колеса осуществляем по оси Z, на расстоянии (-60) мм. Продолжительность 2 секунды (Рисунок 15 – Создание схемы разнесенной сборки).

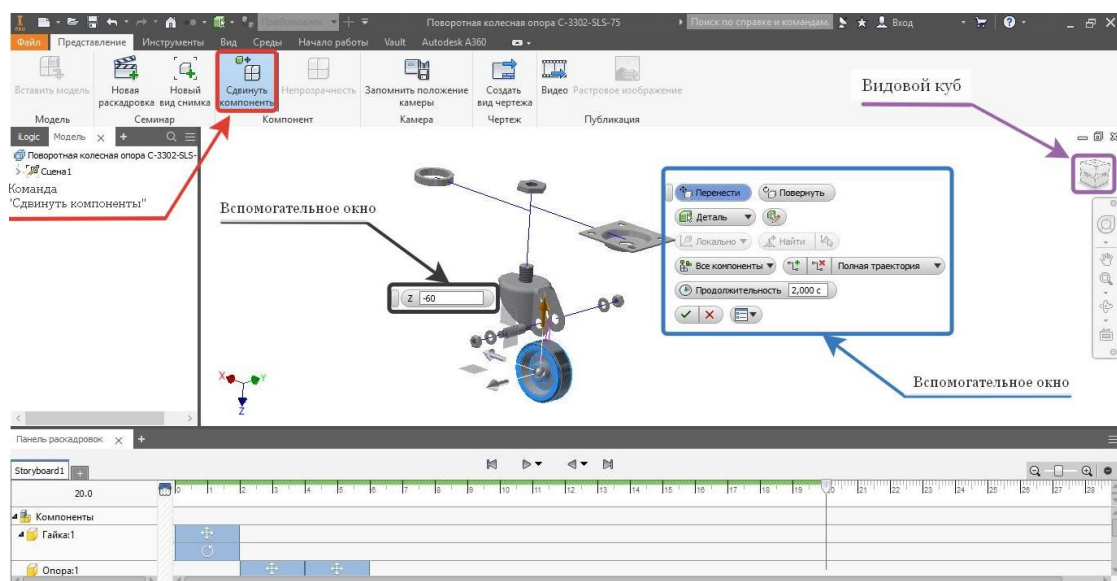


Рисунок 15 – Создание схемы разнесенной сборки

16. Для экономии времени анимации можно задать одновременный вылет нескольких компонентов. Например, одновременный вылет можно осуществить 3х гайк. На панели раскадровок левой кнопкой мыши перетаскиваем в начало действия анимации все прямоугольники напротив каждой модели, отвечающие за вылет гайк, расположенных по обеим концам оси. Аналогично можно сделать одновременный вылет верхней опоры и двух шайб. Начало вылета шайб совмещаем с завершением вылета гайк. Вылет кольца можно скомбинировать с вылетом оси. Последним шагом будет осуществиться выход компонентов колеса. (Рисунок 16 – Создание схемы разнесенной сборки). Проверку хода анимации осуществляем при помощи команды «Воспроизвести текущую раскадровку».

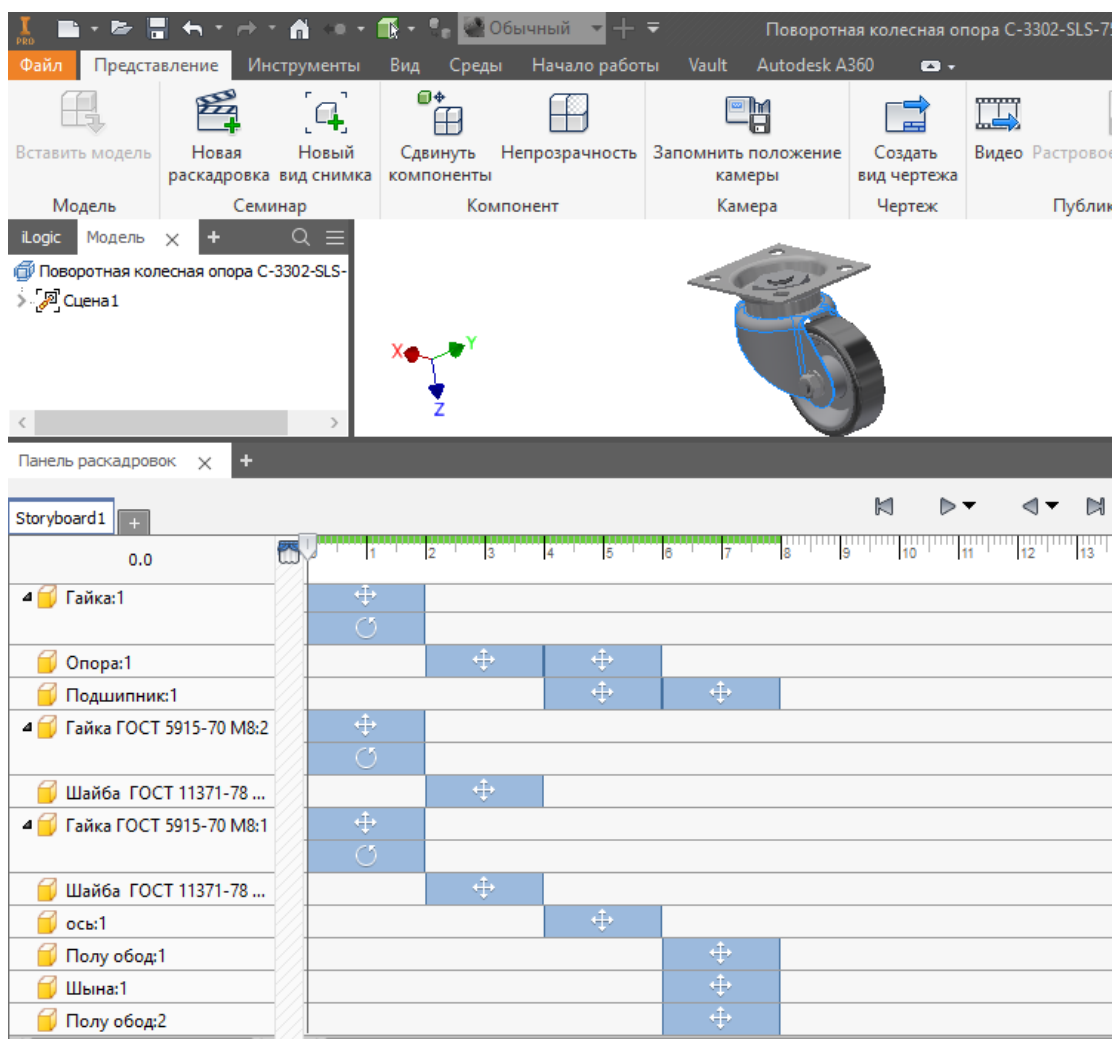


Рисунок 16 – Создание схемы разнесенной сборки

При помощи команды «Запомнить положение камеры» можно изменить ракурс камеры при создании демонстрационной разнесенной сборки.

17. Чтобы скрыть все появившиеся траектории, синего цвета, вылета компонентов в дереве построения: «Поворотная колесная опора C-3302-SLS-75.ipr» переходим к параметру: «Сцена1» далее открываем папку «Сдвиги» в которой показаны все компоненты сдвигов, используемые ранее. Каждый из них выделяем, зажав клавишу Ctrl и правой кнопкой мыши, в появившемся окне, выбираем пункт «Скрыть направляющие сборки» (Рисунок 17 – Создание схемы разнесенной сборки). После че-

го все направляющие исчезнут. Проверку хода анимации осуществляем при помощи команды «Воспроизвести текущую раскадровку».

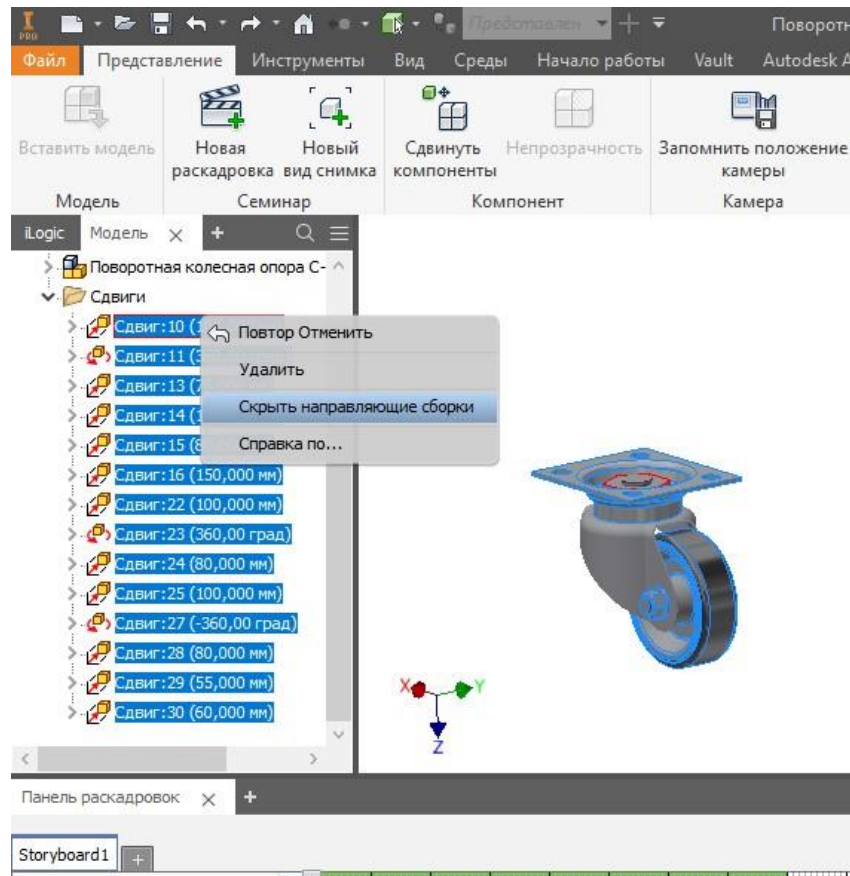


Рисунок 17 – Создание схемы разнесенной сборки

18. Для создания презентационного видеоролика воспользуемся на панели инструментов командой «Видео». В появившемся окне указываем разрешение видео, имя файла, расположения файла и формат файла. Для обратной сборки компонентов устанавливаем галочку в пункте «Обратить», где на видеоролике будет показан обратный процесс сборки (Рисунок 18 – Создание схемы разнесенной сборки).

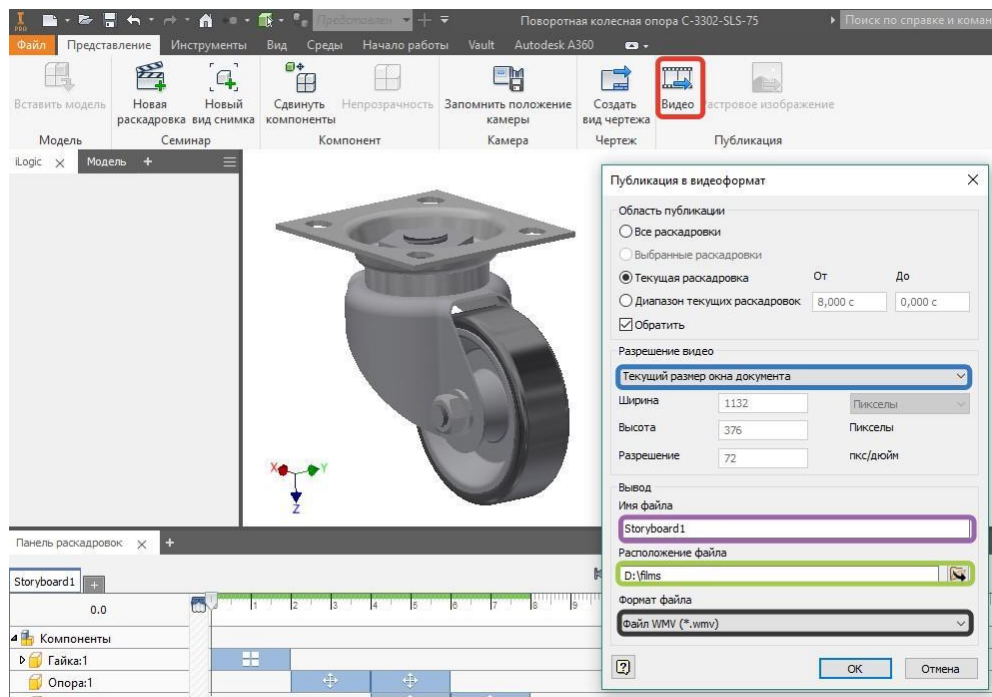


Рисунок 18 – Создание схемы разнесенной сборки

Формирование отчет в виде твердой копии

1. Открываем ранее созданную схему. В панели раскладок передвигаем верхний указатель в конец первой операции. После чего на панели управления выбираем команду «Новый вид снимка».

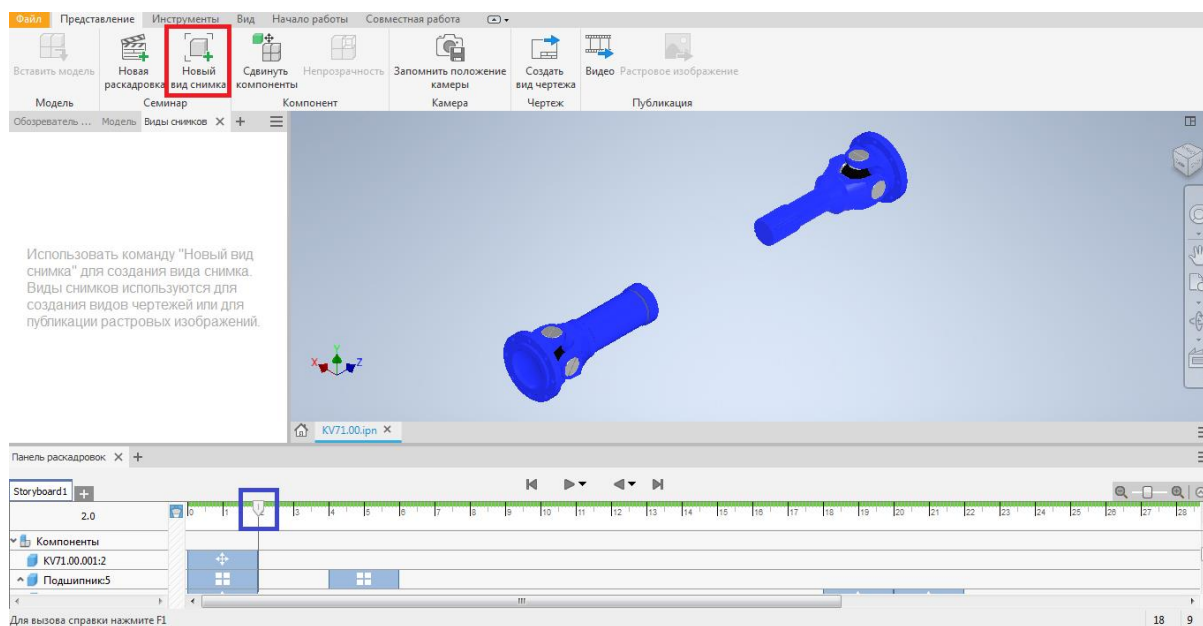


Рисунок 1 – Создание отчета

2. В дереве построений во вкладке «Виды снимков» появится ассоциативный вид.

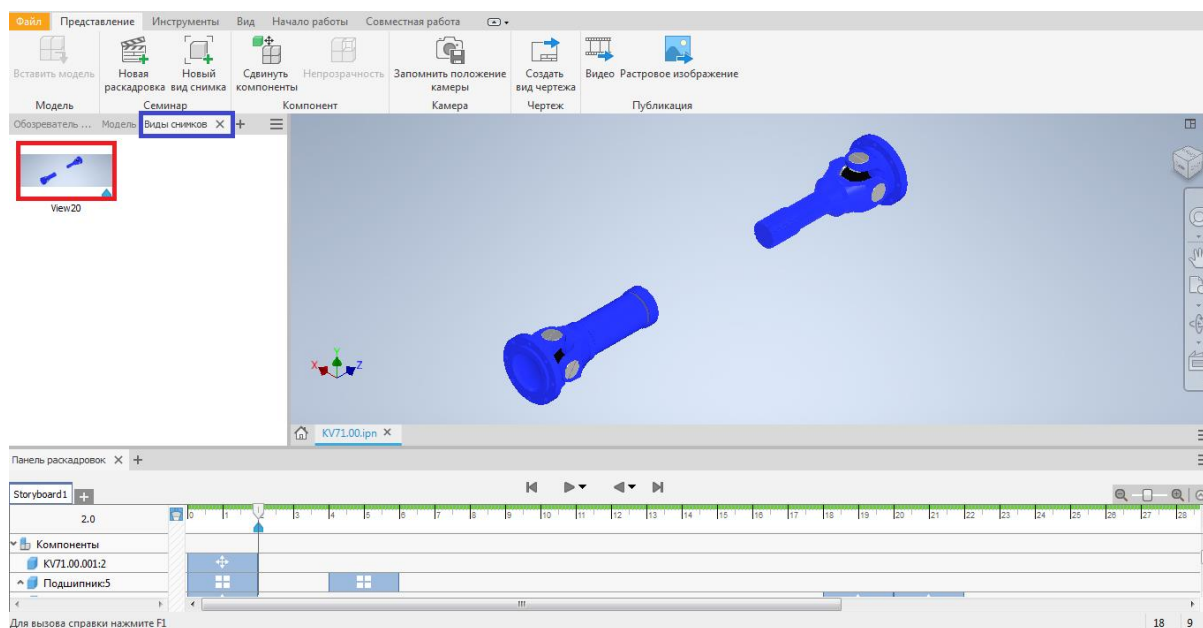


Рисунок 2 – Создание отчета

3. Аналогично с пунктом 1, создаем снимки каждой операции. После того, как все виды готовы, на панели управления выбираем команду «Растровое изображение».

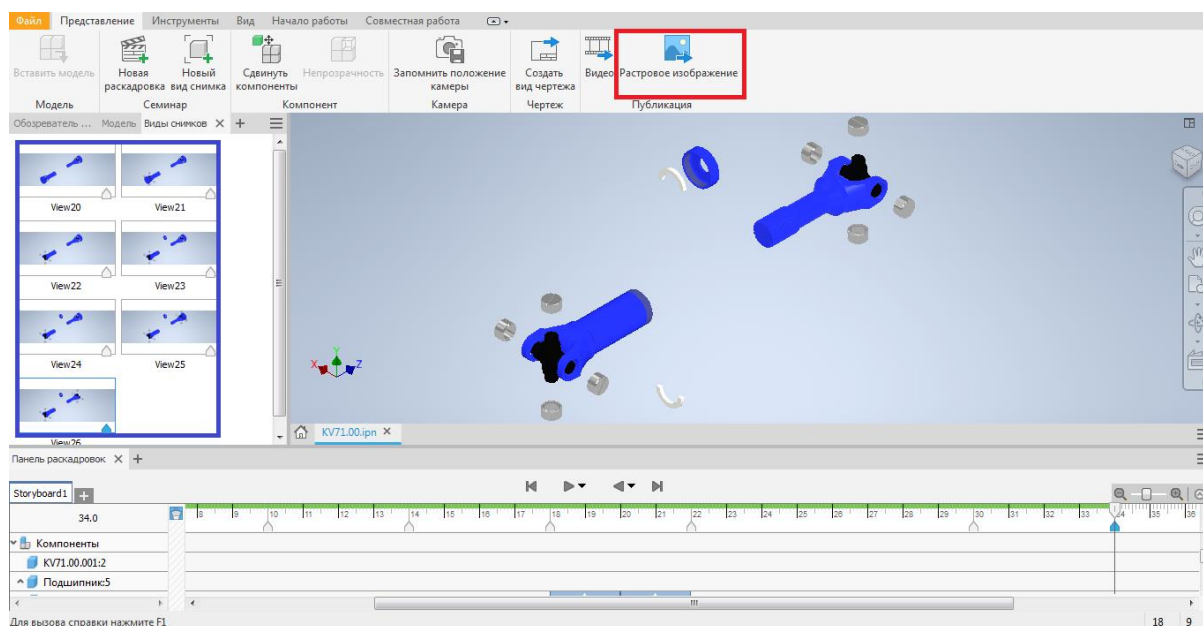


Рисунок 3 – Создание отчета

4. В появившемся окне «Публикация в формате растровых изображений», в области публикации выбираем «Все виды», далее задаем путь расположения файлов и ставим маркер на «Прозрачный фон».

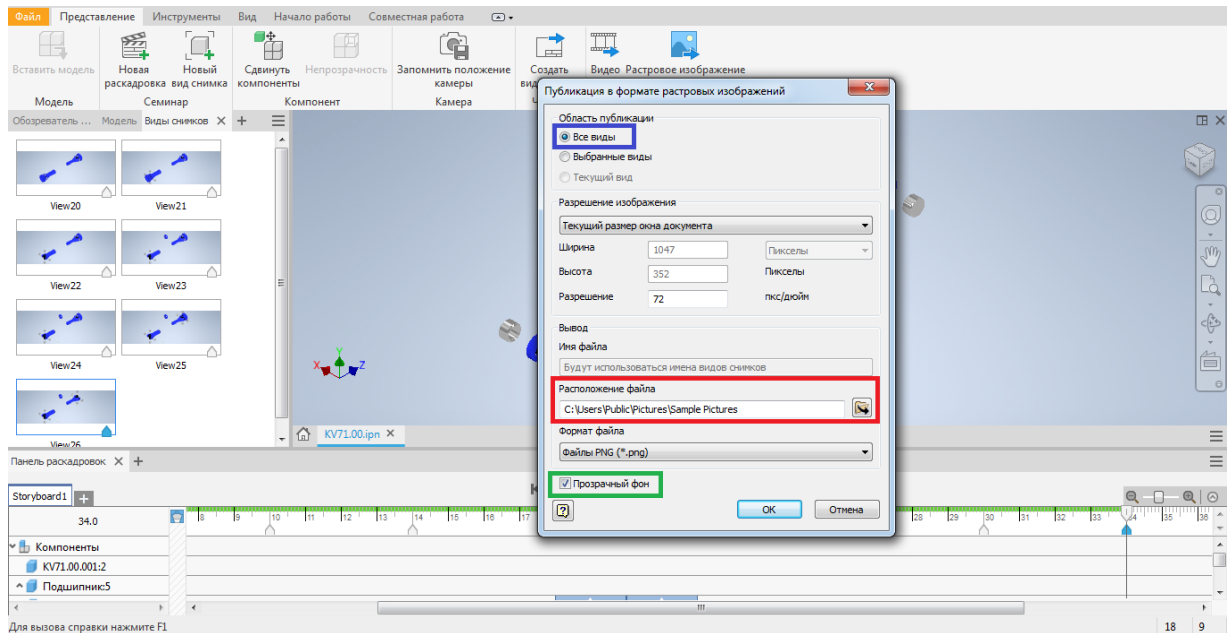


Рисунок 4 – Создание отчета

5. После этого вставляем готовые снимки в отчет.

Список использованных источников

1. Autodesk Inventor // wikipedia URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor (дата обращения:
11.10.2018).
2. Autodesk Inventor // Поинт URL:
<https://www.pointcad.ru/product/autodesk-inventor/podrobnое-opisanie-autodesk-inventor> (дата обращения: 11.10.2018).

3. Видео курс «Схемы и презентации в Autodesk Inventor» // Vertrx URL:
<https://autocad-lessons.ru/tweaks-base/> (дата обращения: 11.10.2018).
4. Схемы, разнесенные виды и публикация // Autodesk Inventor 2018 URL:
<http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2018/RUS/?guid=GUID-2A480981-2E53-4408-BFA9-290C14F03C95> (дата обращения: 11.10.2018).

6 Практическое занятие по теме « CALS-стандарты. Области применения в машиностроении»

Цель работы: Изучение современных стандартов для виртуального предприятия.

Знать: современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Уметь: использовать современные информационные технологии, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.

Владеть: методикой использования современных информационных технологий, прикладных программных средств при решении задач профессиональной деятельности.

Теоретическая часть

В настоящее время развитие существующих информационных систем виртуальных предприятий неразрывно связаны с понятием CALS-технологий. Кроме того, в некоторых случаях, термины «CALS-технологии» и «информационные технологии» употребляются как синонимы. Упрощенно, можно сказать, что CALS-технологии - это информационные технологии, построенные на определенных стандартах.

В России в качестве аналога понятия CALS иногда используется термин ИПИ (информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий).

Впервые концепция CALS возникла в середине 70-х годов в оборонном комплексе США. Причиной возникновения идеи была естественная потребность в организации «единого информационного пространства», обеспечивающего оперативный обмен данными между заказчиком (федеральными органами), производителями и потребителями военной техники. На первоначальном этапе аббревиатура CALS расшифровывалась как *Computer Aid-*

ed Logistic Support - компьютерная поддержка поставок. *Предметом CALS* являлась безбумажная технология взаимодействия между организациями, заказывающими, производящими и эксплуатирующими военную технику, а также формат представления соответствующих данных.

CALS-технологии, доказав свою эффективность, перестали использоваться только у военных и начали активно применяться в промышленности, строительстве, транспорте и других отраслях экономики, расширяясь и охватывая все этапы жизненного цикла продукта. Новая концепция сохранила аббревиатуру CALS, но получила более широкую трактовку Continuous Acquisition and Life Cycle Support - непрерывная поддержка ЖЦ продукта (изделия). CALS быстро превратилась в глобальную бизнес-стратегию перехода на безбумажную электронную технологию работы, повышения эффективности бизнес-процессов, выполняемых в ходе ЖЦ продукта, за счет информационной интеграции и совместного использования информации на всех его этапах.

Работы по внедрению CALS-технологий велись в 2 этапа. *На первом этапе* (рубеж 90-х годов) основное внимание уделялось представлению в электронном виде технической документации. На этом же этапе была определена технология представления технической и конструкторско-технологической документации в так называемом «нейтральном» электронном формате. *На втором этапе* (начало 90-х годов), в рамках всемирного консорциума 25 ведущих технических организаций США, было достигнуто соглашение об использовании нового «нейтрального» стандарта описания данных ISO 10303 (STEP- Standart for the Exchange of Product Model Data). Сразу же после разработки стандарта STEP была начата разработка стандартов ISO 13584 (PLIB), ISO 15531 (MANDATE), предназначенных для описания и представления информации о компонентах и комплектующих изделия, производственно-эксплуатационной среды и обмена данными, которые име-

ют общую со STEP структуру и технологию построения. Эти стандарты заложили основу CALS-технологий.

В России, хотя и с некоторым отставанием во времени, начиная с середины 90-х годов, началось внедрение CALS как в гражданской, так и в военной сфере.

В настоящий момент CALS понимается как глобальная стратегия повышения эффективности бизнес-процессов, выполняемых в ходе жизненного цикла продукта за счет информационной интеграции и преемственности информации, порождаемой на всех этапах жизненного цикла. Средствами реализации данной стратегии являются CALS-технологии, в основе которых лежит набор интегрированных информационных моделей: самого жизненного цикла и выполняемых в его ходе бизнес-процессов, продукта, производственной и эксплуатационной среды. Возможность совместного использования информации обеспечивается применением компьютерных сетей и стандартизацией форматов данных, обеспечивающей корректную интерпретацию информации [9].

Фундаментом CALS-технологии является система единых международных стандартов.

CALS-стандарты можно подразделить на три группы:

- функциональные стандарты, определяющие процессы* и методы формализации;
- информационные стандарты по описанию данных* о продуктах, процессах и средах;
- стандарты технического обмена*, контролирующие носители информации и процессы обмена данными между передающими и принимающими системами.

Место и роль информационных технологий и международных стандартов, а также взаимосвязь между ними, приведены на рисунке 6.1. Суть этих технологий кратко изложена ниже.

Выходы, связанные с производством продукции как у поставщика, так и у производителя можно представить при использовании стандартов MRP, MRP II, ERP, ISO 15531 ManDate.

Характеристики продукции и ее состояния как у поставщика, так и у производителя можно представить при использовании стандартов ISO10303 STEP, ISO 15531 ManDate.

Требования потребителя и производителя учитываются при использовании ФСА, ФФА, FMEA, QFD.

Обратная связь между потребителем и производителем, а также между производителем и субпоставщиком может быть организована на базе стандартов ISO 9000, MRP, MRP II, ERP, ISO 15531 ManDate, ISO 10303 STEP.

ISO 15531 ManDate - стандарты из системы стандартов CALS - технологий. Предназначен для обеспечения коллективного доступа поставщика и потребителя к информации о производственном процессе поставщика. Использует согласованные со стандартом ISO 10303 STEP форматы представления данных.

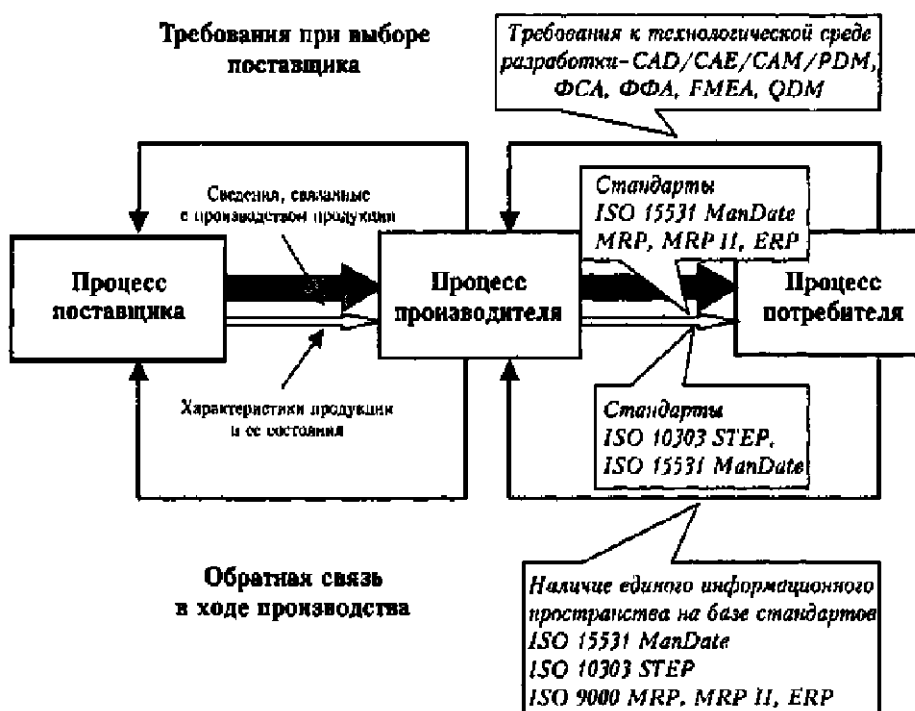


Рисунок 6.1- Взаимосвязь между стандартами и бизнес-процессами на предприятии

ISO 10303 STEP - основное семейство стандартов из системы стандартов CALS-технологий (в настоящее время включает около сотни стандартов и проектов). Предназначен для обеспечения коллективного доступа поставщика и потребителя к информации о:

- конструкции изделия;
- процедурам испытаний изделия;
- эксплуатационной документации на изделие;
- другой информации по всем стадиям жизненного цикла изделия.

Целью ИПИ (CALS) является информационная интеграция всех процессов ЖЦ изделий, в том числе в рамках международного сотрудничества. Поэтому важную роль в решении этой проблемы играет применение международных стандартов. Международные и национальные CALS-стандарты определяют формат и содержание информационных моделей продукции, ее ЖЦ и производственной среды.

В развитии CALS-стандартизации можно выделить два направления:

- применение для решения задач CALS уже существующих стандартов;
- разработка принципиально новых стандартов.

В первых проектах в области CALS использовались уже существующие стандарты, как правило, военные (например, в США – стандарты и нормативные документы серий MIL-STD, MIL-PRF, MIL-HBK), представляющие собой ведомственную трактовку некоторых стандартов ISO и других организаций. Стандарты первого поколения в основном регламентировали форматы данных.

В число стандартов первого поколения входит значительное количество стандартов и руководящих документов военного ведомства США (стандарты и документы MIL). Некоторые из этих стандартов оказались весьма полезными и (с модификациями) применяются по сей день. К их числу в первую очередь относится стандарт ISO 8879, введенный в действие еще в 1986г.

Этот стандарт активно используется в целях создания, управления и распространения научной и технической информации в электронном виде. В связи с тем, что электронная коммерция становится основным средством закупок, большинство правительственных учреждений США поддерживает и распространяет этот стандарт (и его национальный вариант FIPS 152) как средство информационного обмена и электронного документооборота. Поскольку в настоящее время многие заказы на поставки для нужд предприятий, курируемых правительством США, осуществляются через Интернет, большинство документов, проходящих через него, кодируются в HTML (Hypertext Markup Language – язык разметки, являющийся версией SGML). Консорциум WWW (W3C) при поддержке основных поставщиков программных продуктов, таких как Microsoft, Adobe, Netscape, продвигает XML

(eXtensible Markup Language) – развитие SGML, предназначенное для сети Интернет и электронных коммуникаций.

В рамках ISO/IEC JTC1/SC34/WG4 разработан ряд новых международных стандартов, дополняющих и развивающих упомянутые выше. Так, в дополнение к SGML как основе HTML и XML был разработан язык DSSSL (Document Style Semantics and Specification Language – ISO 10179-96), который стал ядром для языка XSL (eXtensible Style Language), а также языка HyTime/Time-based Document Structuring Language (стандарт ISO 10744 HyTime), оказавшего главное влияние на принятый W3C язык XLink (XML Linking Language). Все эти средства используются W3C и применяются вместе с XML. Рабочая группа WG4 также участвует в работах Технического комитета ISO TC184 по организации связей между STEP и SGML.

Проблемы, возникшие при использовании стандартов первого поколения, способствовали разработке новой серии CALS-стандартов, построенных на более совершенной идеологической базе. Первым из них стал стандарт ISO 10303 STEP, предназначенный для описания в «нейтральном» формате модели продукции, затем стандарт ISO 13584 PLIB и др. Стандарты второго поколения регламентируют уже не форматы, а структуры информационных моделей с использованием специально разработанных языков.

В настоящее время происходит замена стандартов первого поколения вновь разрабатываемыми стандартами. Поэтому существующий комплекс стандартов представляет собой комбинацию стандартов обоих типов, позволяющих, хотя и с ограничениями, строить интегрированные информационные модели и обмениваться данными на всех стадиях ЖЦ.

Стандарт ISO 10303 STEP (Standard for the Exchange of Product model data) – один из первых в семействе специализированных CALS-стандартов – характерный пример информационного стандарта нового поколения.

В соответствии с названием стандарта STEP определяет «нейтральный» формат представления данных об изделии в виде информационной модели.

Для единообразного описания изделий в различных прикладных областях предполагается, что информационные модели (в терминах стандарта – «прикладные протоколы» или «протоколы применения») создаются на базе типовых блоков («интегрированных ресурсов»), причем для описания схем данных используется специально введенный язык EXPRESS.

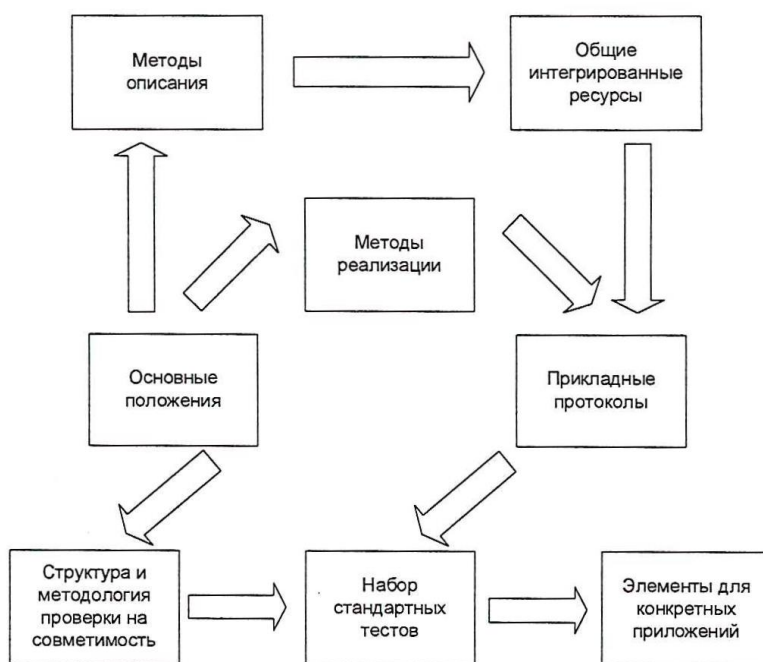


Рисунок 6.2- Типовые блоки

Стандарт ISO 10303 STEP состоит из восьми взаимосвязанных разделов, показанных на (рисунок 6.2).

Помимо перечисленных выше стандартов, большое влияние на становление и развитие CALS оказали функциональные стандарты, описывающие процессы в предметных областях (MIL-HDBK-59, MIL-HDBK-61), и технические стандарты, регламентирующие общие правила обмена информацией (ISO 9660, MIL-STD-1840B), и др.

Стандарт ISO 13584 Parts Library (PLIB). Любая продукция включает в себя компоненты и комплектующие изделия, получаемые от поставщиков.

Одновременно одни и те же компоненты и комплектующие могут входить в разную продукцию, поэтому существует потребность в средствах их самостоятельного информационного описания.

ISO 13584 PLIB – это серия международных стандартов для представления и обмена доступными для компьютерной интерпретации данными о поставляемых компонентах и комплектующих изделиях (узлах, деталях).

Стандарт ISO 13584 PLIB включает семь разделов:

- общий обзор и основополагающие принципы;
- концептуальная модель библиотеки деталей;
- интегрированные ресурсы;
- логическая модель библиотеки поставщика;
- данные о поставщике;
- программный интерфейс к данным;
- методология структуризации классов (семейств) деталей.

Стандарт ISO 13584 PLIB регламентирует:

- средства описания и технологию представления информации о компонентах и комплектующих;
- технологию обработки данных, в том числе хранения, передачи, доступа, изменения и архивирования.

В отличие от стандарта ISO 10303 STEP, предназначенного для описания конкретного экземпляра продукции, стандарт ISO 13584 PLIB позволяет описывать классы продукции (компонентов и комплектующих):

- детали, определенные международными или национальными стандартами (например, крепежные детали, уплотнения, подшипники);
- библиотеки (базы) данных о деталях конкретного поставщика.

В процессах проектирования обмен данными о деталях и комплектующих, например, между системами проектирования А и В, может иметь два контекста: обмен метаданными (данными об информационных моделях деталей) и обмен собственно данными о деталях. В последнем случае должен использоваться стандарт ISO 10303 STEP.

Стандарт ISO 15531 MANDATE (Manufacturing Data for Exchange) регламентирует некоторые вопросы представления производственных данных.

Областью стандартизации являются форма представления и методы использования информации о производстве и используемых производственных ресурсах, их характеристиках и ограничениях. Стандарт MANDATE, так же как и STEP, имеет сложную структуру и состоит из трех разделов:

- представление производственных данных для внешнего обмена;
- данные для управления использованием производственных ресурсов;
- данные для управления производственными потоками.

Каждый раздел в свою очередь состоит из нескольких томов.

Первый раздел определяет требования к обмену производственной информацией между компаниями на основе использования протоколов электронного обмена данными – EDI (Electronic Data Interchange). Особое внимание уделено:

- данным, которыми обменивается между собой коммерческая и производственная сферы;
- информации, необходимой для планирования производства;
- информации, содержащейся в получаемых заказах;
- информации, получаемой из сферы закупок;
- информации, необходимой для управления поставщиками и дочерними компаниями;
- информации, необходимой для приема и распределения изделий.

Второй раздел посвящен представлению данных по управлению использованием производственных ресурсов (оборудования, энергоснабжения, транспорта и пр.). Сюда относятся описание и характеристики ресурсов, управление работой промышленного оборудования, вопросы качества, обслуживания и безопасности. Описание производственных ресурсов может быть представлено в виде баз данных, содержащих параметры ресурсов, входы и выходы ресурсов, объем и мощность ресурсов, прикладное программное обеспечение, степень внутреннего управления и уровень интеллектуальности используемых ресурсов, ссылки на стандартные ресурсы, планы работы и управление обслуживанием, данные о стоимости использования ресурсов т.д.

Третий раздел касается данных по управлению производственными потоками и содержит данные о материальных потоках в дискретном производстве, а также информацию, необходимую для планирования, управления и мониторинга потоков материалов. В разделе рассматриваются вопросы определения объемов производства, управления производством, планирования производства, планирования потребности в ресурсах, работы по схеме «точно вовремя» (Just in Time), оптимизации технологии производства, оценки планов, мониторинга производства, учета стоимости, планирования процессов, спецификации изделий.

Стандарты ИЛП. Как указывалось выше, процессы и процедуры ИЛП организуются и выполняются в соответствии с рядом нормативно-технических документов, к числу которых относятся уже упомянутые стандарты Министерства обороны США MIL-STD-1388 и Министерства обороны Великобритании DEF STAN 00-60.

Другими известными стандартами, регламентирующими представление данных по логистической поддержке, являются международные спецификации AECMA SPEC 1000D и AECMA SPEC 2000M, разработанные Европей-

ской Ассоциацией Аэрокосмической промышленности (European Association of Analysis of the State and Development of CALS (ИПИ)-technologies and technologies of electronic business in the world and in Russia) в рамках программы стандартизации документации стран-участниц Ассоциации.

Спецификация AECMA SPEC 1000D используется в европейской авиационной промышленности и регламентирует технологию подготовки технической документации различного типа в управляемой среде на основе типизированных модулей данных. Основой спецификации является опыт совместных международных проектов в области авиастроения. Одна из ключевых идей стандарта – типизация модулей данных, в частности документации, на основе применения языка SGML как языка описания данных и стандартизация описанных на нем структур данных. Этот стандарт может применяться для документации, создаваемой в процессе проектирования любого воздушного судна или оборудования.

Кроме стандартизации перечня информационных модулей предметной области стандарт регламентирует определение общей БД, основная цель которой заключается в предоставлении исходной информации для создания технических публикаций.

БД также предназначена для использования в электронной системе ИЛП для передачи информационных модулей напрямую их потребителям (пользователям).

Спецификация AECMA SPEC 2000M, регламентирующая все вопросы материально-технического обеспечения эксплуатации авиационной техники, в т.ч. обеспечения запасными частями и материалами, в настоящее время применяется в пяти европейских странах: Франции, Германии, Италии, Испании и Великобритании.

В настоящее время усилиями нескольких стран разрабатывается новая «нейтральная» модель данных, объединяющая все рассмотренные выше логистические стандарты.

Стандарт США FIPS 183 регламентирует порядок и правила функционального моделирования бизнес-процессов на основе методологии IDEF0. Эта методология используется для создания ФМ, отображающей процессы и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, преобразуемые этими функциями. Стандарт фиксирует требования к графическому языку компьютерного отображения функциональных моделей, его синтаксис и семантику. Простота и наглядность этого языка привели к тому, что стандарт de-facto стал международным (выше уже упоминалось, что нотация языка IDEF0 использована в протоколах применения стандарта ISO 10303 для описания предметных областей, охватываемых этими протоколами).

В последние годы работа по созданию национальных CALS-стандартов проводится и в России под эгидой Госстандарта РФ. С этой целью в 1999г. приказом Госстандарта РФ №515 от 01.12.99 создан Технический комитет ТК431 «CALS-технологии», силами которого разработан ряд стандартов серии ГОСТ Р ИСО 10303, являющихся адекватными переводами соответствующих международных стандартов. К настоящему времени Госстандартом РФ утверждены следующие стандарты:

- ГОСТ Р ИСО 10303-1-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы;
- ГОСТ Р ИСО 10303-11-2000. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 11. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS; ГОСТ Р ИСО 10303-12-2000. Системы автоматизации производ-

ства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS-I;

- ГОСТ Р ИСО 10303-21-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 21. Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена;

- ГОСТ Р ИСО 10303-22-2001. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 22. Методы реализации. Стандартный интерфейс доступа к данным;

- ГОСТ Р ИСО 10303-41-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 41. Интегрированные обобщенные ресурсы. Основы описания и поддержки изделий;

- ГОСТ Р ИСО 10303-45-2000. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 45. Интегрированные обобщенные ресурсы. Материалы.

Подготовлены проекты следующих стандартов:

- ГОСТ Р ИСО 10303-203. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Протокол применения 203 – Проектирование изделия управляемой конфигурации;

- ГОСТ Р 5 ***.01-02. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Техническая документация в электронном виде. Основные положения и общие требования.

Стандарт распространяется на конструкторские, технологические, программные и другие проектные документы, изготавливаемые, хранимые и применяемые в электронном виде. Стандарт устанавливает понятие электронно-

го технического документа и предназначен для нормативного обеспечения автоматизированного ведения проектно-конструкторских работ с помощью средств электронно-вычислительной техники.

В 2001г. утверждены Госстандартом РФ и выпущены следующие документы в статусе Рекомендаций по стандартизации (РС):

– РС Р 50. 1. 027-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Автоматизированный обмен технической информацией.

Основные положения и общие требования.

РС распространяются на обмен между организациями или системами конструкторскими, технологическими, программными и другими проектными данными, представленными в электронном виде. РС определяют основные правила формирования пакета технических данных для электронного обмена, форматы представления технических данных об изделии, а также устанавливают требования и соглашения к логическому распознаванию файлов независимо от среды передачи технической информации;

Раздел I. CALS (ИПИ) на машиностроительных предприятиях России – принципы, предпосылки, методология РС Р 50. 1. 028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. РС описывают язык моделирования IDEF0, правила и методику структурированного графического представления процессов (бизнес-процессов) предприятия или организации;

– РС Р 50. 1. 029-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Общие требования к содержанию, стилю и оформлению.

Целью документа является стандартизация требований к стилю содержанию и средствам диалогового общения с пользователем в интерактивных электронных технических руководствах;

– РС Р 50. 1. 030-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Логическая структура базы данных.

Целью документа является стандартизация представления технических данных, а также ознакомление производителей промышленных изделий с рекомендациями по подготовке интерактивных электронных технических руководств и осуществлению разнообразных функций материально-технического снабжения;

– РС Р 50. 1. 031-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 1. Стадии жизненного цикла продукции;

– РС Р 50. 1. 032-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 2. Применение стандартов серии ГОСТ Р ИСО 10303.

РС устанавливают термины и определения понятий в области CALS-технологий. Термины, установленные в РС, обязательны для применения во всех видах документации и литературы по технологиям непрерывной информационной поддержки жизненного цикла продукции.

7 Практическое занятие по теме «CALS-стандарты. Электронная модель изделия»

Цель работы: Создание электронной модели детали для виртуального предприятия.

Теоретическая часть

Электронная модель детали или сборочной единицы по ГОСТ 2.102 в компьютерной среде представляется в виде набора данных, которые вместе определяют геометрию изделия и иные свойства, необходимые для изготовления, контроля, приемки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия.

Электронная модель изделия, как правило, используется:

- для интерпретации всего составляющего модель набора данных (или его части) в автоматизированных системах;
- для визуального отображения конструкции изделия в процессе выполнения проектных работ, производственных и иных операций;
- для изготовления чертежной конструкторской документации в электронной и/или бумажной форме.

Электронный конструкторский документ, выполненный в виде модели, должен соответствовать следующим основным требованиям:

- а) атрибуты (модели), обозначения и указания, приведенные в модели, должны быть необходимыми и достаточными для указанной цели выпуска (например, изготовления изделия или построения чертежа в бумажной и/или электронной форме);
- б) все значения размеров должны получаться из модели;
- в) определенные в модели связанные геометрические элементы, атрибуты, обозначения и указания должны быть согласованы;

г) атрибуты, обозначения и указания, определенные и/или заданные в модели и изображенные на чертеже, должны быть согласованы*;

д) если в модели не содержатся все конструкторские данные изделия, то это должно быть указано;

е) не допускается давать ссылки на нормативные документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов (отверстия, фаски, канавки и т.п.), если в них нет геометрического описания этих элементов. Все данные для их изготовления должны быть приведены в модели;

ж) разрядность при округлении значений линейных и угловых размеров должна задаваться разработчиком;

4.8 При визуализации (отображении) модели на электронном устройстве (например, экране дисплея) выполняют следующие правила:

а) размеры, предельные отклонения и указания (в т.ч. технические требования) следует показывать в основных плоскостях проекций по ГОСТ 2.305, аксонометрических проекциях - по ГОСТ 2.317 или иных удобных для визуального восприятия отображаемой информации плоскостях проекций*;

б) весь текст (требования, обозначения и указания) должен быть определен в одной или более ПОУ;

в) отображение информации в любой ПОУ не должно накладываться на отображение любой другой информации в той же самой ПОУ;

г) текст требований, обозначений и указаний в пределах любой ПОУ не должен помещаться поверх геометрии модели, когда он расположен перпендикулярно к плоскости отображения модели;

д) для аксонометрических проекций ориентация ПОУ должна быть параллельна, перпендикулярна или совпадать с поверхностью, к которой она применяется;

е) при повороте модели должно быть обеспечено необходимое направление чтения в каждой ПОУ*.

4.9 При визуализации модели допускается:

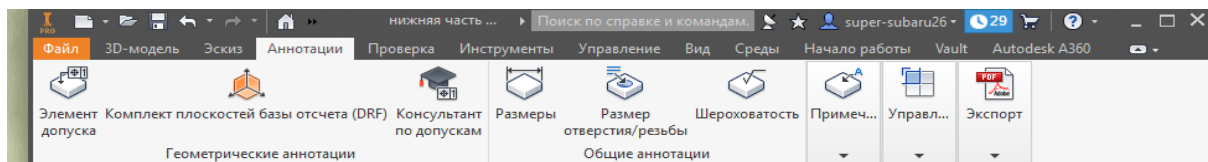
- а) не представлять модель на чертежном формате;
- б) не показывать отображение центральных (осевых) линий или центральных плоскостей для указания размеров;
- в) не показывать штриховку в разрезах и сечениях;
- г) не представлять реквизиты основной надписи и дополнительных граф к ней на чертежном формате. В этом случае просмотр реквизитов основной надписи и дополнительных граф к ней следует обеспечивать по запросу. Состав реквизитов - по ГОСТ 2.104;
- д) показывать дополнительные конструктивные параметры с помощью вспомогательной геометрии, например координаты центра масс;
- е) показывать размеры и предельные отклонения без использования сечений;
- ж) включать ссылки на документы другого вида при условии, что ссылаемый документ выполнен в электронной форме. При передаче конструкторской документации другому предприятию эти документы должны быть включены в комплект КД на изделие.

Методика создания на 3D модели аннотации в соответствии MBD.

Аннотация - краткая характеристика, содержащая допуски и отклонения, а также примечание и комментарии разработчика.

Трёхмерные аннотации работают только в деталях, т.е. в сборку трёхмерные аннотации ввести не получится, но это не мешает добавлять деталь в сборку. При этом полностью отсутствуют классические двумерные чертежи. Благодаря этой функции двумерные чертежи нам больше не нужны.

1. В панели инструментов выбираем вкладку «Аннотации»



19.

Посредством этой панели выводятся размеры, допуски формы и расположения, размеры отверстий и резьбы, шероховатость, любой текст на выноске и общие примечания, т.е. технические требования.

2. Выбор стандарта.

При запуске 1-ой команды нанесения какой-либо аннотация, программа спрашивает, по какому стандарту будут нанесены размеры. Существует 2 стандарта ASME и ISO. (ГОСТ в данной программе не поддерживается, но наиболее близкий к нему стандарт ISO).

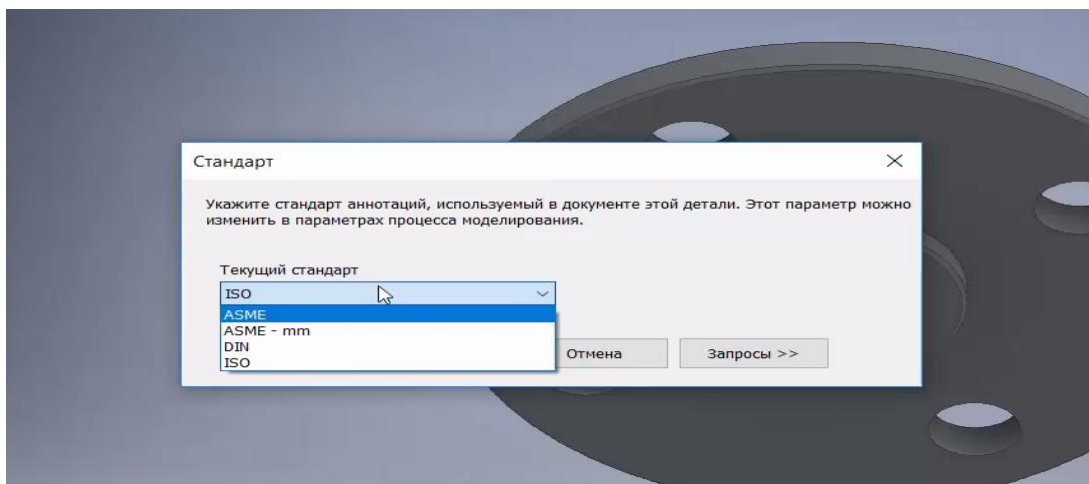


Рис.2

3. Вывод размеров на модели.

К примеру, вынесем размеры отверстия детали, как аннотацию. Выберем в панели инструментов «Размеры отверстия/резьбы», необходимое отверстие и выводим аннотацию в удобное нам положение, как на рис.3.

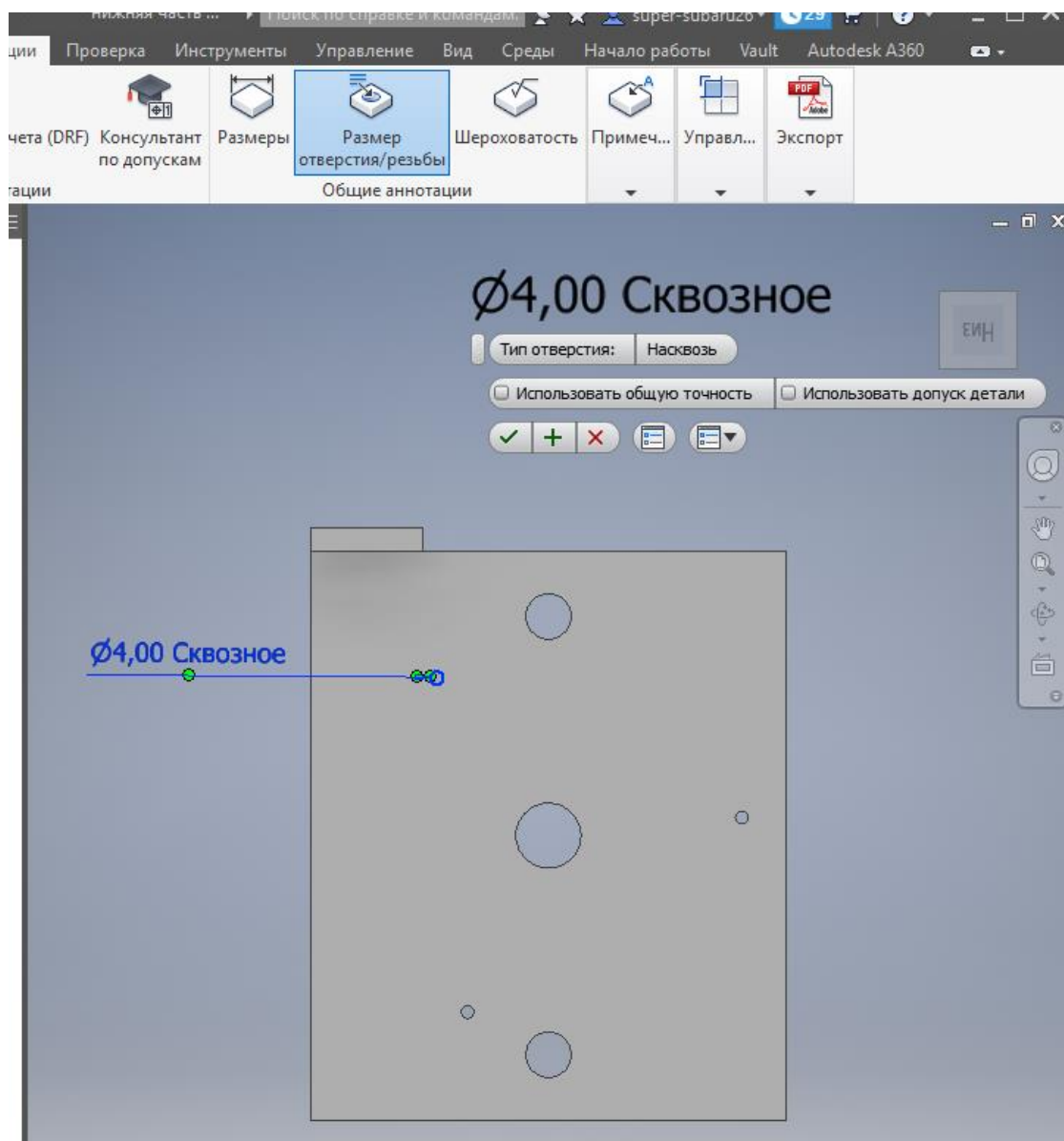


Рис.3

4. Вывод допусков и отклонений.

Выбираем в панели инструментов «Элемент допуска», затем нажимаем на нужный нам элемент детали и выводим его в удобное место, как показано на рис.4.

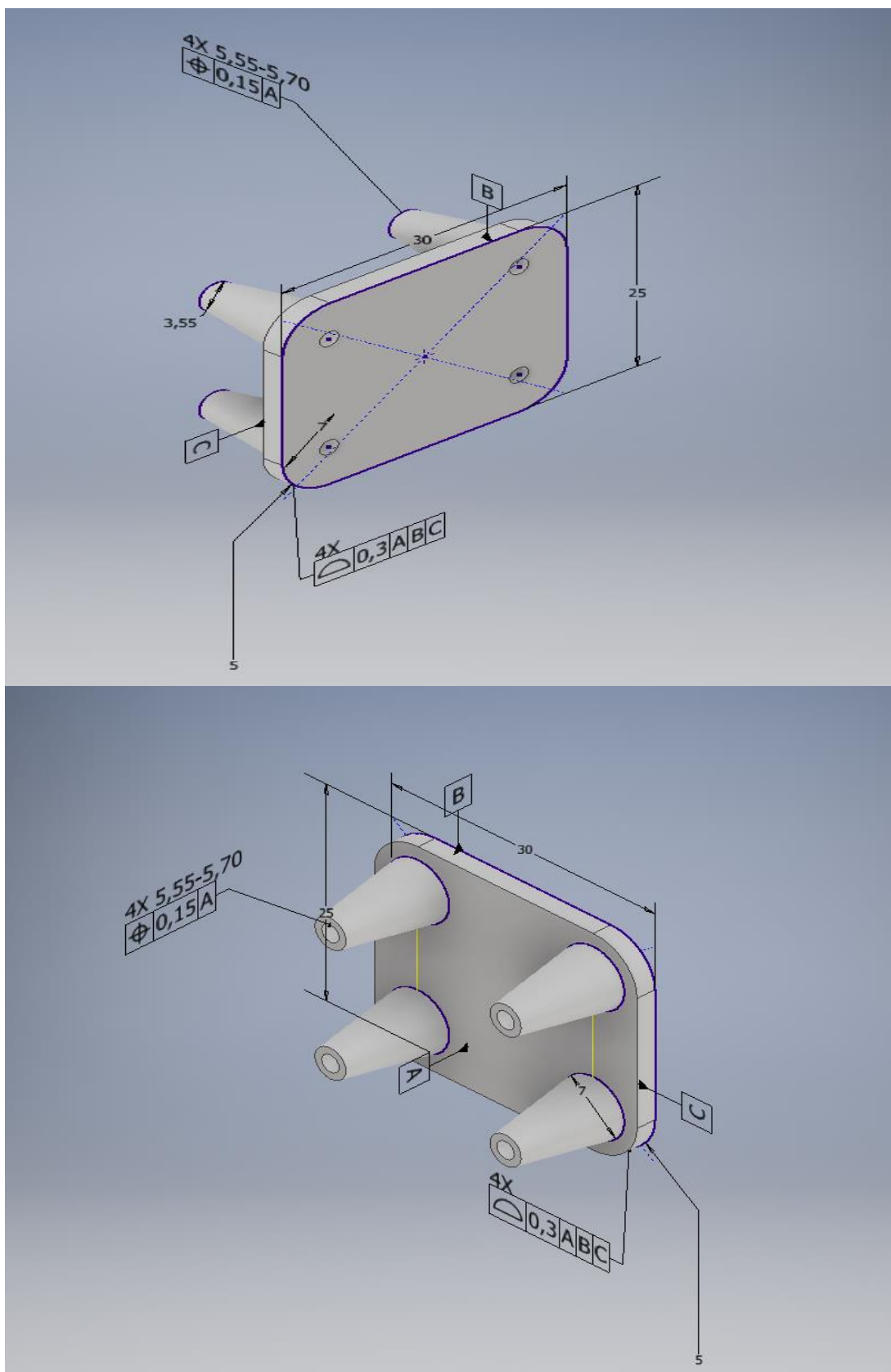


Рис.4

Элементы допуска можно редактировать, т.е. изменять вид допуска; величину допуска; добавлять текстовое пояснение; изменять относительно каких баз, выставлен допуск; добавлять сегменты и т.д. Диалоговое окно «Элементного допуска» показано на рис.5.

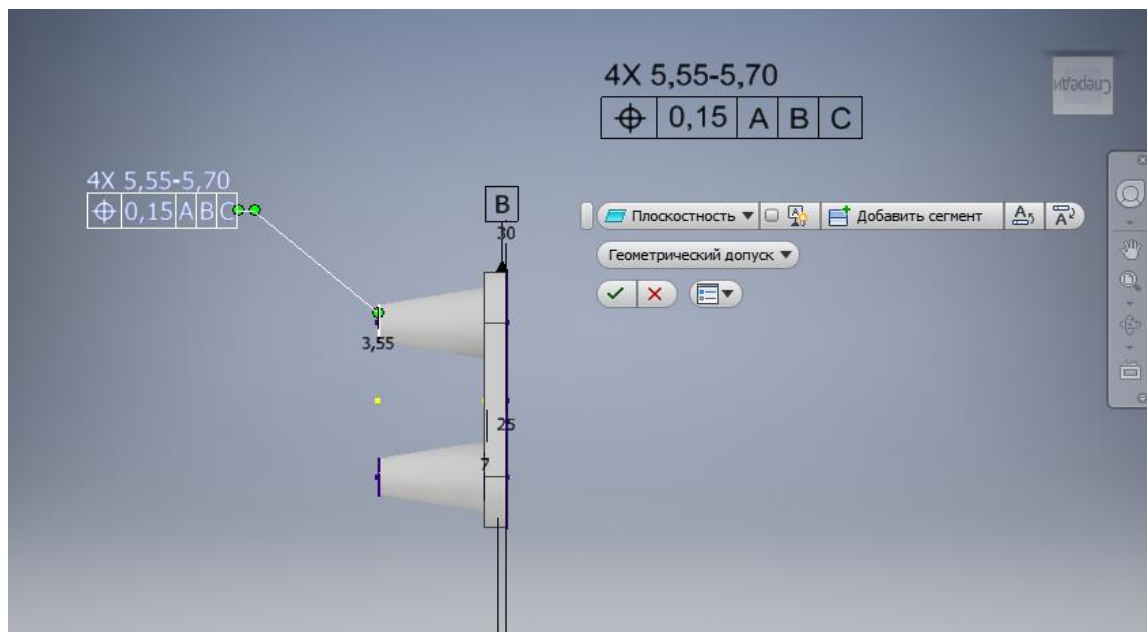
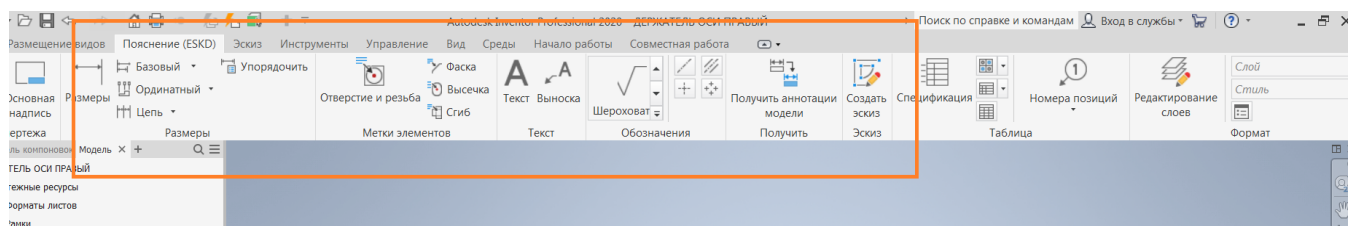


Рис.5

Для вынесения аннотаций в чертеж изделия выделить соответствующий вид на чертеже и перейти во вкладку Пояснения (ЕСКД) в раздел «Получить аннотацию модели». (рисунок 6).



Видеовстаавка: https://www.youtube.com/watch?v=jLvofzTz_HE
С 22 минуты показано, как сделать размеры на 3D модели. (Invebtor 2018)

Задание

1 Выполнить поиск ГОСТ gost_2.052-2006 Электронная модель изделия в сети Интернет и выполнить подготовку документации по индивидуальному заданию, выданному преподавателем.

Продолжительность занятия 2 часа.

Вопросы

1. Какова последовательность действий для создания объекта и его описанием?
2. Как внести обозначения узлов в базу данных?
3. Как выбрать из перечня допустимых к использованию покупных изделий, хранящегося в БД, необходимое и включить его в состав изделия?
4. Что необходимо сделать, чтобы присоединить соответствующие характеристики к описанию изделия как требуемые?
5. Как разработанный документ ассоциировать с описанием изделия и отправить его по электронной почте?

8 Практическое занятие «CALS-стандарты. Электронная структура изделия»

Цель работы: Изучение современных стандартов для виртуального предприятия.

Требования к выполнению электронных моделей деталей изделий машиностроения и приборостроения определяются ГОСТ 2.056-2014.

ЭМД выполняется программно-техническими средствами только в электронной форме и предназначена для использования в компьютерной среде. В соответствии с ГОСТ 2.102 ЭМД является основным КД. ЭМД должна содержать все данные, необходимые для изготовления и контроля детали в соответствии с требованиями ГОСТ 2.052.

ЭМД должна содержать:

- основную геометрию детали;
- конструкторские и технологические требования (при необходимости);
- физические параметры (согласно [ГОСТ 2.109](#)), необходимые для выполнения расчетов (прочностных, весовых и т.д.), математического моделирования, разработки технологических процессов и др.;
- другие данные (при необходимости).

8.1.1 Требования к оформлению электронной модели детали

8.1.1.1 Общие требования

ЭМД следует разрабатывать в соответствии с требованиями:

- общих требований к проектированию (разработке);
- данных расположения;
- требований к изготовлению и контролю, действующих на изделия конкретных видов техники с учетом их специфики.

ЭМД следует выполнять в правосторонней системе координат в метрической системе единиц измерения.

ЭМД следует выполнять в натуральную величину по номинальным (без допусков) размерам.

Моделирование технологических припусков в ЭМД не допускается.

Требования к точности выполнения моделей следует устанавливать с учетом требований к их изготовлению и контролю. Рекомендуется устанавливать следующие требования к точности выполнения моделей:

- линейная точность - 0,001 мм;
- угловая точность - 0,01.

Степень подробности ЭМД должна соответствовать стадии разработки по [ГОСТ 2.103](#).

Примеры представления ЭГМД на стадиях разработки приведены на рисунке 8.1.

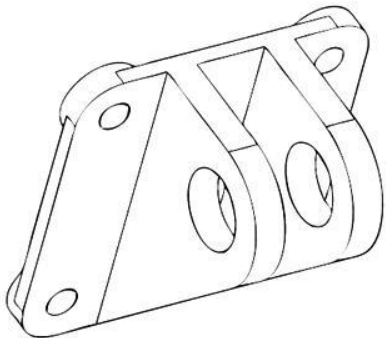
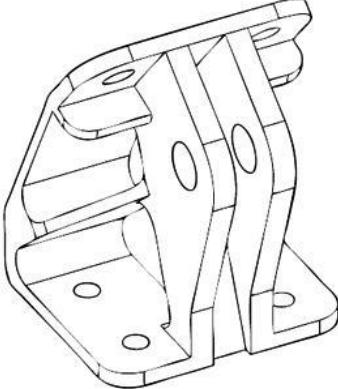
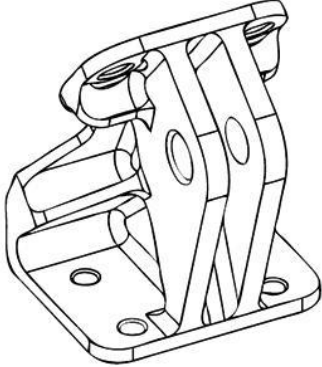
		
а) ЭМД стадии технического предложения	б) ЭМД стадии эскизного проекта	в) ЭМД стадии технического проекта и рабочей КД

Рисунок 8.1– Примеры представления ЭГМД на стадиях разработки

ЭМД может быть выполнена в абсолютной системе координат или рабочей системе координат, заданной разработчиком (конструктором).

За абсолютную систему координат, как правило, принимают систему координат сборочной единицы (комплекса, комплекта), в которую входит моделируемая деталь.

Направление координатных осей системы координат изделия устанавливают с учетом требований, действующих на изделия конкретных видов техники с учетом их специфики.

Без привязки к системе координат с последующим позиционированием в ЭМСЕ допускается выполнять электронные модели покупных (в т.ч. стандартных) деталей (например, крепежных изделий) и деталей, выполняемых без привязки к расчетным (теоретическим) плоскостям и осям разрабатываемой сборочной единицы.

В процессе разработки ЭМД следует проверять на геометрическую целостность в соответствии с заданной точностью. При обнаружении ошибок они должны быть исправлены.

Для управления визуализацией ЭМД следует использовать информационные уровни.

Для удобства визуального восприятия и информативности ЭМД следует использовать цвета, толщины линий и прозрачность граней.

Для представления осевых линий (осей симметрии элементов ЭМД, осей вращения деталей, осей цилиндрических тел, осей отверстий и т.п.) следует использовать тип линии - "осевая", ширина линии - "тонкая".

Для представления на основных формообразующих элементов ЭМД следует использовать тип линии - "сплошная", ширина линии - "тонкая".

Не рекомендуется:

- использовать для окраски ЭМД системные цвета соответствующей САПР;

- окрашивать разные грани одной и той же ЭМД в различные цвета или использовать различную степень прозрачности граней.

Для выполнения ЭМД должен быть назначен материал.

Для отображения дополнительной информации в ЭМД следует использовать атрибуты.

Для указания технических (конструкторских и технологических) требований следует использовать аннотации - специализированные текстовые атрибуты модели. Технические требования рекомендуется излагать в следующей последовательности:

- требования к методу производства;
- требования к материалу или к методу производства заготовки (литье, штамповка и другие виды заготовок), указания о материалах (заменителях);
- размеры, предельные отклонения размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, массы и т.п.;
- требования к термообработке (включая требования к упрочнению);
- требования к контролю;
- требования к покрытию;
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировке и клеймении;
- правила консервации, хранения и транспортирования;

- дополнительные требования (при необходимости масса заготовки);
- требования к изготовлению (включая требование к методу обработки);
- указание о необходимости составления паспорта.

Допускается задавать технические требования в виде указания ссылочных нормативных документов на процессы изготовления и контроля.

Если в процессе сборки изделия деталь подвергается деформациям упругим (прокладки, резиновые профили и т.п.) или пластическим (развальцовка, гибка и т.п.), то ЭМД следует выполнять в двух альтернативных состояниях этой детали - "как установлено" (деформированное при установке) и "как изготовлено" (без учета деформаций, возникающих при установке).

В процессе разработки ЭМД может содержать ассоциативные ссылки на пограничные (соседние) ЭМИ и размеры, определяющие их взаимное расположение ("обстановка"). При этом следует обеспечить, чтобы в разработанную ЭМД изделия "обстановки" не входили.

При выполнении в ЭМД стандартизированных элементов (резьбы, цековки, отбортовки и т.д.) размеры данных элементов следует выполнять по нормативным документам на эти элементы.

Для каждой ЭМД рекомендуется создавать изображение для предварительного (быстрого) просмотра (если применяемая САПР это поддерживает).

На изображении для предварительного просмотра деталь следует представлять в закрашенном состоянии и наиболее выгодном ракурсе без текстовой информации.

Формат представления изображения для предварительного просмотра рекомендуется выбирать с учетом возможности просмотра изображения не только средствами применяемой САПР, но и наиболее распространенными прикладными программными средствами.

Сохранение ЭМД следует проводить при открытой компоновке видов (если применяемая САПР это поддерживает). При этом визуализируемая информация не должна выходить за границы экрана.

Общие требования к сохранению ЭМД - согласно рисунку Рисунок 8.2.

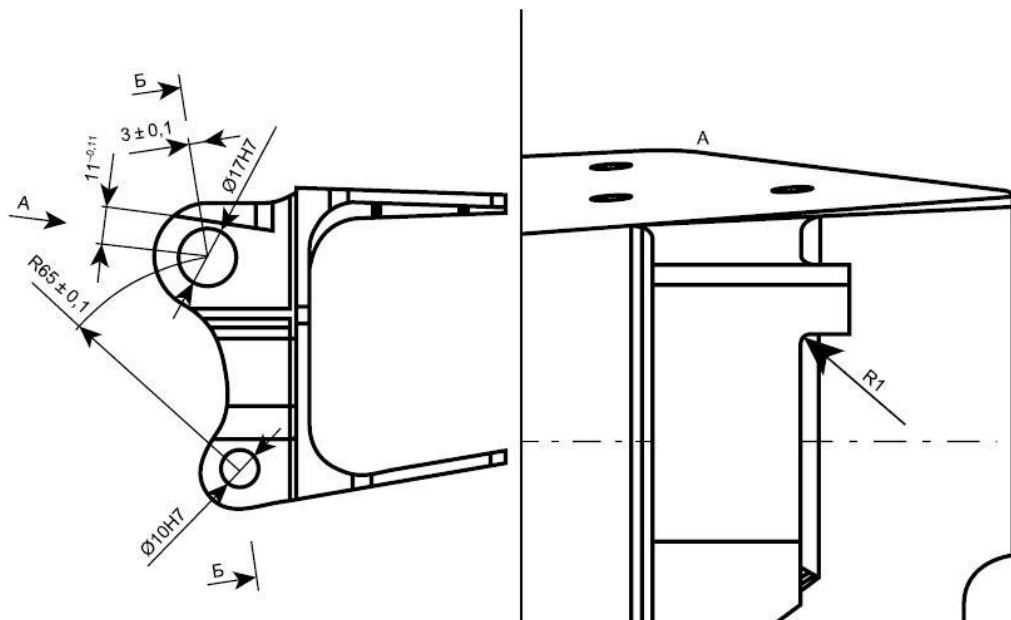


Рисунок 8.2– Пример выполнения дополнительного вида

Если при разработке модели была применена рабочая система координат (заданная разработчиком), то перед сохранением рабочая система координат должна быть совмещена с абсолютной системой координат.

8.1.2 Упрощения при выполнении электронной модели детали

В ЭМД допускается не выполнять скругление и притупление острых кромок с радиусами скругления или граней фаски менее или равными 1 мм в случаях, когда:

- указание о необходимости скругления или притупления острых кромок внесено (будет внесено) в технические требования ЭМД;
- параметр скругления или притупления острых кромок или граней фаски задан в нормативных документах.

При создании ЭМД штамповочные и литейные уклоны следует выполнять только в случае их использования в увязке со стыкуемыми деталями.

При моделировании деталей, имеющих резьбу, следует создавать условную резьбу - две пунктирные окружности (см.Рисунок 8.3).

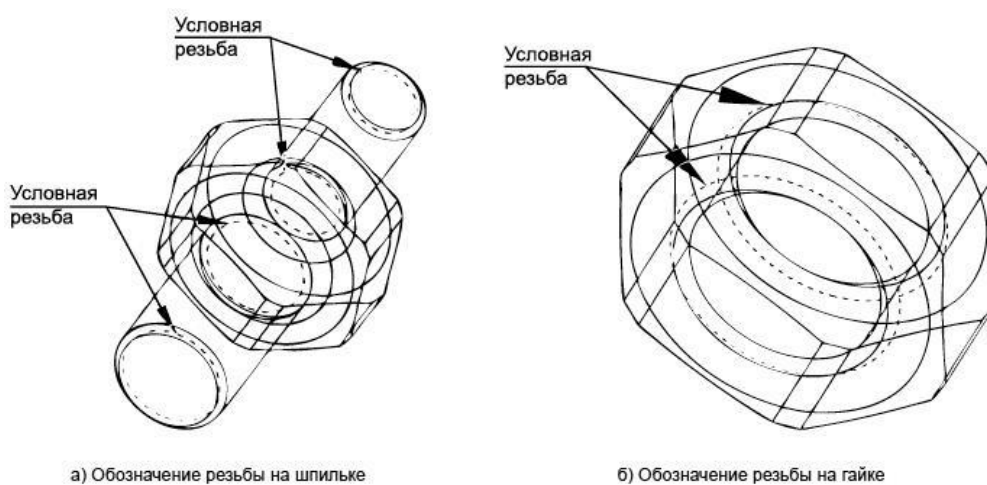


Рисунок 8.3– Пример обозначения условной резьбы

Как правило, рекомендуется применять следующие правила моделирования деталей с резьбой:

- для вала - диаметр вала следует выполнять равным наружному диаметру резьбы, пунктирные линии - равными внутреннему диаметру резьбы [см. Рисунок 8.4, а)];

- для отверстия - диаметр отверстия следует выполнять равным внутреннему диаметру резьбы, пунктирные линии - равными наружному диаметру резьбы [см. Рисунок 8.4, б)].

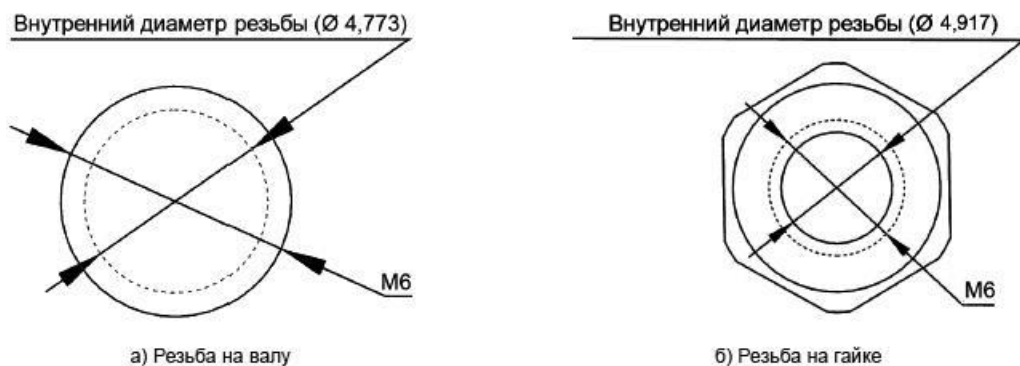


Рисунок 8.4– Примеры ЭМД с резьбой М6 согласно [ГОСТ 24705](https://www.gost.ru/standarts/gost/24705)

Конические резьбы следует выполнять пунктирными окружностями (см. Рисунок 8.5).

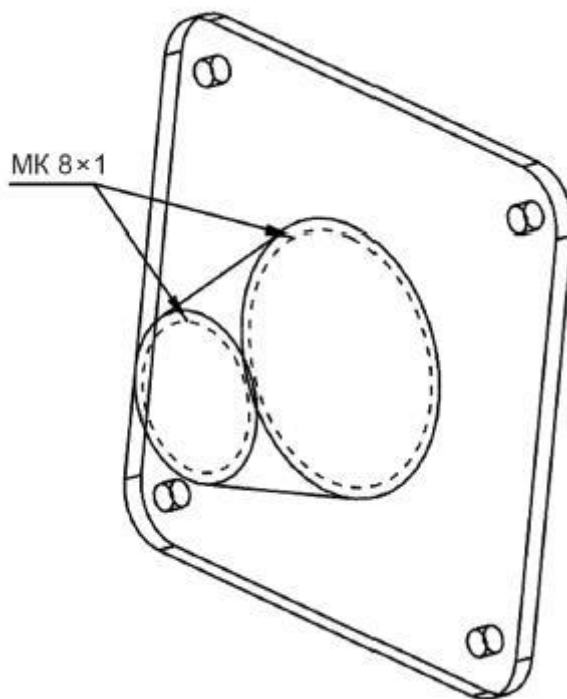


Рисунок 8.5– Пример обозначения конической резьбы

Окружности, показывающие границы резьбы при условном изображении, следует хранить на ИУ, содержащем основную геометрию модели детали.

Задание

1 Выполнить поиск ГОСТ 2.053-200х. Электронная структура изделия в сети Интернет и выполнить подготовку документации по индивидуальному заданию, выданному преподавателем.

Продолжительность занятия 2 часа.

Вопросы

1. Как файл разработанного чертежа ассоциировать с описанием узла в системе?
2. Каким образом можно ассоциировать 3D-модель изделия с описанием узла?
3. С помощью чего можно загрузить в БД состав узла и модели в формате CAD системы?

9 Практическое занятие по теме « CALS-стандарты. Представление данных об изделии и обмен этими данными»

Цель работы: Создание электронной структуры изделия для виртуального предприятия.

Представление данных об изделии и обмен этими данными выполняется согласно ГОСТ Р ИСО 10303-46-2002. «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 46. Интегрированные обобщенные ресурсы. Визуальное представление»

Настоящий стандарт определяет интегрированные ресурсы для визуализации свойств изделий, воспроизводимых на экране дисплея.

Информация, задаваемая в четырех схемах, определенных в настоящем стандарте, достаточна для подробного описания правил и порядка визуального представления информации об изделии в принимающей системе. Информацию о представлении, описанную в настоящем стандарте, следует использовать только вместе с подлежащей визуализации информацией об изделии. Информация о представлении не может быть отображена на экране без связи с соответствующей информацией об изделии.

Схема структуры представления (`presentation_organization_schema`) описывает иерархию и частичную рекурсию структуры наборов, областей и видов представлений, при помощи которых информацию об изделии отображают на экране. Данная схема уточняет как компоненты изображения информации об изделии и пояснения к ним компонуют в отображаемые объекты и располагают в контексте представлений. Схема также определяет процесс построения геометрических проекций по-

средством модели камеры и требования к моделям распространения света и затенения.

Схема описания представления (`presentation_definition_schema`) служит для определения, как отдельные геометрические и негеометрические компоненты информации об изделии должны быть выбраны, скомпонованы в группы представлений и связаны со стилями представлений.

Схема вида представления (`presentation_appearance_schema`) определяет видовые атрибуты, которые могут быть выбраны для описания желаемого визуального вида отображаемых элементов информации об изделии посредством перечисления доступных стилей графического представления.

Схема ресурсов представления (`presentation_resource_schema`) определяет основные графические возможности, например описание текстовых шрифтов, символов и цветов.

Характеристики визуального представления, описанные в настоящем стандарте, часто связаны с другими стандартами по обобщенным ресурсам, особенно в части геометрических и топологических представлений. Порядок совместного использования этих стандартов определяют в прикладных протоколах. Приложения, в которых используют обобщенные ресурсы из настоящего стандарта, должны определять информацию об изделии, подлежащую визуальному представлению, и семантический смысл такого представления. Подобными приложениями, например, являются: изображаемые виды формы изделия, визуализация научных результатов, технические чертежи, схемы, диаграммы и графики для научно-технических изданий.

Схема `representation_organization_schema` представляет структуру для управления самим изображением и его компонентами. Она также

устанавливает отношение между свойствами изделия и их представлениями в изображении. Компоненты изображения могут быть связаны друг с другом либо путем взаимоувязки двух компонентов, являющихся в других случаях независимыми, либо компонентами, один из которых является элементом определения другого. Эти отношения позволяют создавать сложные структуры изображений и их компонентов.

Компоненты изображения могут быть организованы в соответствии с иерархией, построенной на наборах представлений, областях представлений, аннотациях представлений, связанных с их областями, видах представлений, аннотациях представлений, связанных с их видами, и видами представлений данных об изделии. Данная иерархия состоит из следующих четырех уровней.

Уровень 1 - набор представлений (presentation set) множества (коллекции) независимых изображений, относящихся к одному и тому же субъекту.

Примерами наборов представлений являются комплект чертежей или коллекция экранных изображений. Набор образует одну или несколько областей представления.

Уровень 2 - область представления (presentation area), являющаяся обобщенным описанием дисплея, на экране которого представляется одна из возможных областей. Область представления может содержать любое число вложенных областей представлений, видов представлений и аннотированных представлений, связанных с соответствующими областями.

Уровень 3 - вид представления (presentation view), являющийся двумерным представлением формы изделия, в которое входит любая аннотация, связанная с этим видом. Вид представления может содержать

любое количество видов представления данных об изделии и представлений аннотаций, связанных с этими видами.

Уровень 4:- вид представления данных об изделии (product data representation view), являющийся двумерным представлением формы изделия, включающим в себя любые аннотации, связанные с формой изделия;

- представление аннотации, связанное с видом представления (view-dependent annotation representation).

Фактическая иерархия представления может состоять из более чем четырех уровней. Единая область представления может быть образована из нескольких областей. Иерархия представления может состоять из менее чем четырех уровней, потому что отдельные компоненты иерархии могут быть не востребованы.

На рисунках 9.1 и 9.2 показаны отношения между уровнями иерархии представления.

Задание

1 Выполнить поиск ГОСТ gost-r-iso-10303-46-2002 .Представление данных об изделии и обмен этими данными в сети Интернет и выполнить подготовку документации по индивидуальному заданию, выданному преподавателем.

Продолжительность занятия 2 часа.

Вопросы

1. Как создать в БД описания деталей и ассоциировать с ними файлы чертежей как документы?
2. Какие действия необходимо выполнить для присвоения всем разработанным документам статуса «разработано»?
3. Как запретить изменение присвоенных статусов?
4. Как внести изменения в созданные ранее модели деталей?
5. Каковы отличительные признаки активной версии объекта?
6. Как всем документам, полученным в ходе детализовки, присвоить статус «проверено»?
7. Как отредактировать сборочный чертеж и присвоить ему статус «разработан»?
8. Какие действия необходимо выполнить для внесения в БД характеристик с типом «расчетная» и присвоить им статус «утверждено».
9. Как всем документам, ассоциированным с редуктором, присвоить статус «утверждено»?
10. Как присоединить к описанию узла характеристики с типом «требуемая»?
11. Как присвоить описаниям узлов и деталей статус «утверждено» и запретить изменение состава изделия?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

1. Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. [текст] / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. –320 с.
2. Дмитриев В. И. Компьютерная поддержка непрерывных поставок и жизненного цикла продукции – основа обеспечения конкурентоспособности государств в XXI веке [текст] / В. И Дмитриев. // Вестник машиностроения - М., 1996.

10 Практическое занятие «Методика построения моделей в условиях виртуальных предприятий»

Цель работы: Изучение методик организации процесса моделирования в условиях удаленного нахождения исполнителей.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью организации эффективного процесса моделирования и внесения правок в модели в рамках организаций, распределенных географически, с возможностью организации только онлайн связи. Знания, полученные в процессе выполнения лабораторной работы, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время на всех без исключения предприятиях в РФ используется единая система конструкторской документации (ЕСКД) для представления результатов опытно-конструкторских работ в виде двухмерных чертежей. Использование ЕСКД гарантирует возможность и однозначность интерпретации результатов проектирования в виде конструкторской документации любым инженером. В связи с этим требования ЕСКД, а также международных стандартов изначально учитывались и при разработке и развитии систем автоматизированного проектирования, ориентированных на выпуск конструкторской документации в виде двухмерных чертежей. Функционал и методики работы таких систем как Autocad, Компас-График приспособлены для того, чтобы конструкторская документация, генерируемая в них, соответствовала предъявляемым требованиям.

Развитие информационных технологий и вычислительной техники,

а также усложнение задач проектирования привело к возникновению и практически повсеместному внедрению трехмерных систем автоматизированного проектирования (САПР), например, Inventor, Компас 3D, SolidWorks.

При работе с указанными системами первичными становятся трехмерные геометрические модели, которые используются для оформления конструкторской документации, упрощения процессов написания управляющих программ для станков с ЧПУ, осуществления метрологического контроля и многих иных производственных задач.

Развитие систем данного класса проходило в условиях отсутствия каких-либо регламентирующих документов, аналогичных требованиям к чертежам. Разработка и внедрение подобных документов началось относительно недавно, например, на сегодняшний день в России разработана и внедрена группа стандартов на электронные модели (ГОСТ 2.051-2013, ГОСТ 2.052-2015), позволяющих перейти к представлению конструкторской документации в виде 3D-моделей без изготовления чертежей. При этом следует заметить, что несмотря на появление стандартов на электронные модели, в большинстве своем они решают задачу представления результатов работы, и практически не затрагивают вопросы достижения данных результатов, и методик построения геометрических моделей. Данное обстоятельство привело к возникновению актуальной проблемы чтения, интерпретации 3D-моделей, сделанных разными конструкторами, а также их повторного использования.

Как правило каждый конструктор использует собственные оригинальные методы построения геометрии 3D-моделей, что в свою очередь зачастую приводит к невозможности за приемлемое время разобраться в структуре «чужой» модели, ее внутренних взаимосвязях и параметрах, и сводит к минимуму одно из основных назначений САПР, а именно по-

вышение эффективности труда инженеров за счет автоматизации части процессов.

Одним из возможных решений данной проблемы является унификация способов и алгоритмов построения электронных геометрических за счет разработки и внедрения типовых (обобщенных) алгоритмов (методик) построения 3D-моделей.

Кроме того, унификация позволит решить еще одну актуальную проблему повышения эффективности использования трехмерных САПР, а именно создания хранилищ 3D-моделей различных деталей, сборочных единиц и комплектующих.

Для решения данных задач в работе предлагается рассмотреть типовой алгоритм моделирования, который в общем состоит из следующей последовательности действий:

1. Анализа исходных данных для стандартных, унифицированных деталей (сборочных единиц) или математической модели на типовую деталь (сборочную единицу), с определением особенностей построения;
2. Создания расчетной модели на основе пользовательских переменных, позволяющей описать поведение геометрии 3D-модели;
3. Создание атрибутов цифрового прототипа и правил их динамического формирования для описания наименования, обозначения и иных данных;
4. Построение геометрии одного из типоразмеров стандартной, унифицированной детали (сборочной единицы) или одного из состояний типовой детали (сборочной единицы) на основе расчетной модели с учетом ряда требований;
5. Определение возможных состояний модели при помощи создания таблицы типоразмеров модели в виде параметрической таблицы (в случае наличия технической возможности ее реализации) или определе-

ния правил перестроения геометрии модели в зависимости от исходных данных.

6. Заключительный этап в виде проверки корректности перестроения геометрии детали в зависимости от исходных данных, публикации семейства в библиотеку или каталог цифровых прототипов, проверки корректности вставки цифровых прототипов из библиотеки или каталога в среду системы автоматизированного проектирования

Рассмотрим более подробно каждый из этапов на примере моделирования стандартных деталей.

На этапе анализа исходных данных необходимо определиться с рядом факторов, учет которых должен быть осуществлен до начала построения геометрии детали или сборочной единицы. К данным факторам относятся в первую очередь относятся:

количество исполнений в стандартных и унифицированных деталях (количество различных конструктивных элементов в типовой детали); стратегия моделирования.

Так первоначально необходимо изучить чертеж (эскиз) моделируемой детали (Сборочной единицы) на предмет наличия различных конструктивных исполнений, например, стандарт ГОСТ 14733-69 на Г-образные прихваты для станочных приспособлений содержит 3 исполнения (Рисунок 10.1), отличающихся рядом конструктивных элементов.

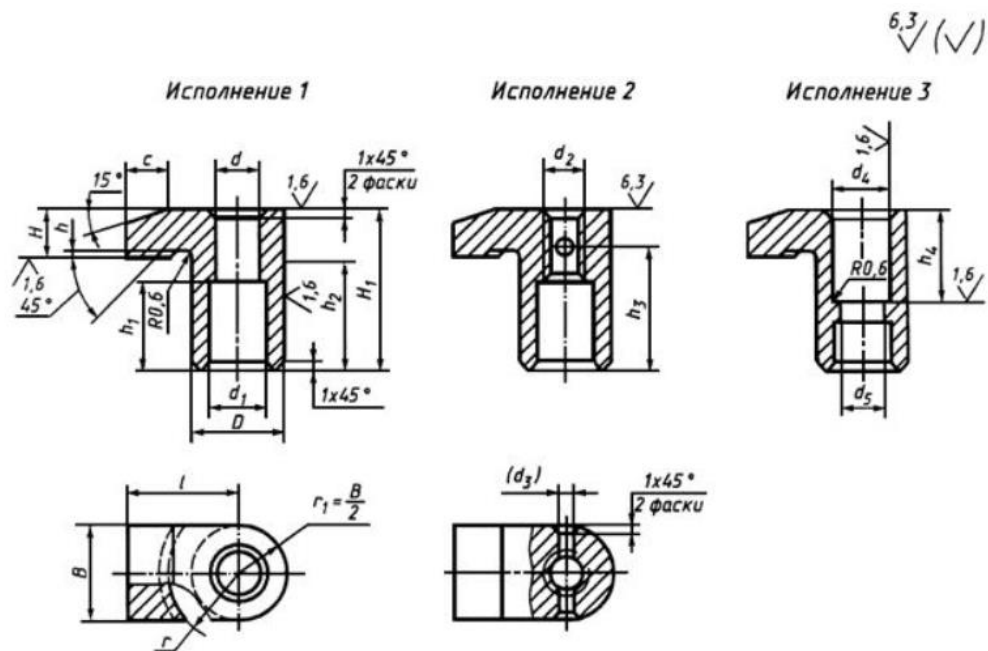


Рисунок 10.1 – Исполнения Г-образных прихватыв по ГОСТ 14733-69

В связи с этим следует стремиться к моделированию каждого исполнения детали в виде отдельной модели, так как такой подход:

- существенно упрощает процесс моделирования;
- позволяет организовать каталог деталей или библиотеку элементов в более удобном для использования виде;
- значительно уменьшает размерность таблицы параметров

Моделирование всех исполнений в рамках одной детали с позиции сложности приводит к необходимости создания избыточных конструктивных элементов, поведение которых необходимо контролировать в процессе моделирования и проверять корректность изменения модели по завершению моделирования. На рисунке 10.2, представлено дерево построений детали с несколькими исполнениями, а на рисунке 10.3, с одним. Разница между двумя вариантами заключается в шести элементах дерева построения.

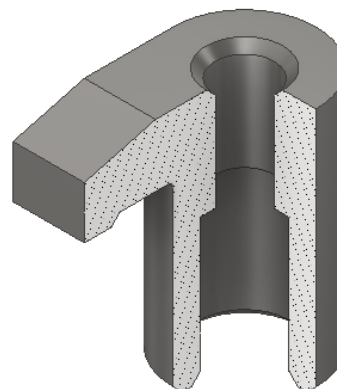
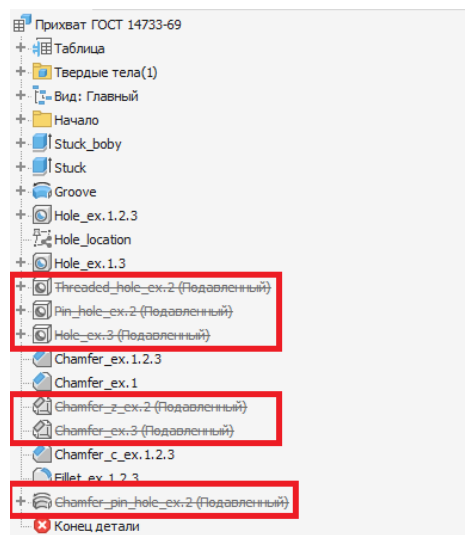


Рисунок 10.2 – Дерево построения детали с несколькими исполнениями

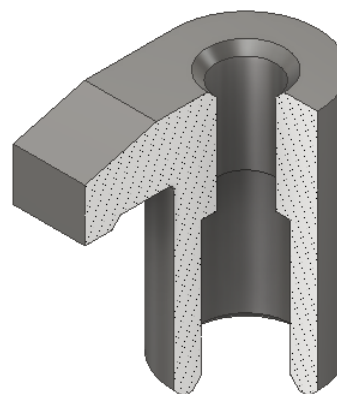
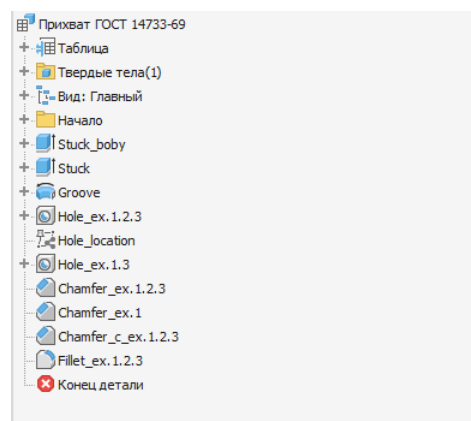


Рисунок 10.3 – Дерево построения детали с одним исполнением

Помимо необходимости контроля, использование нескольких исполнений требует более тщательной проработки стратегии моделирования в части привязок геометрии конструктивных элементов.

Необходимо заметить, что в случае невозможности выделения исполнений в отдельные детали, следует стремиться организовать привязки подавляемых конструктивных элементов к корневым элементам глобальной системы координат, а не к существующей геометрии. Данная рекомендация позволит избежать ошибок геометрии, вызванных вырождением отдельных элементов и потери ссылочной геометрии в случае подавления родительских конструктивных элементов.

Моделирование всех возможных исполнений в рамках одной дета-

ли потребует от пользователя доскональных знаний об используемых стандартах, а в случае создания разных исполнений в отдельных файлах выбор нужного исполнения может быть осуществлен по миниатюрам деталей, пример описанных вариантов показан на рисунках 10.4, в рамках которого для выбора прихвата необходимо знать все представления, а выбор шпонок может быть осуществлен по миниатюрам.



Рисунок 10.4 – Пример миниатюр деталей

Применение рекомендации по моделированию только одного исполнения в рамках одной детали позволяет уменьшить размерность параметрической таблицы, а также количество логических правил переключения, например, параметрическая таблица для всех трех исполнений прихвата с учетом особенностей системы автоматизированного проектирования (Рисунок 10.1) может содержать до 35 столбцов и 42 строки, а таблица для одного исполнения до 18 столбцов и 14 строк.

Кроме того, создание больших параметрических таблиц внесет некоторое неудобство их заполнения из-за неизбежного несоответствия последовательности столбцов параметрической таблицы и таблицы, представленной в стандарте. Так при описании параметров резьбы в

САПР Autodesk Inventor необходимо использовать как минимум четыре столба в таблице, а для удобства выбора пять столбцов, в то время как в стандарте резьба описывается одним столбцом с указанием номинального диаметра.

Перед началом моделирования необходимо также тщательно продумать стратегию моделирования детали.

На этапе анализа исходных данных следует определиться с типом детали, используемыми материалами и средами моделирования, ориентировочной технологией изготовления, например, детали из листовых материалов целесообразнее всего создавать в среде работы с листовыми материалами, а какие-либо металлоконструкции в специализированных генераторах.

Независимо от среды моделирования и типа детали перед началом работы следует изучить геометрию на предмет наличия конструктивных элементов, в качестве которых могут быть использованы элементы глобальной системы координат. К таким элементам относятся точки, оси и плоскости. Примером могут служить плоскости симметрии, в качестве которых следует использовать плоскости глобальной системы координат. Иллюстрация описанной рекомендации продемонстрирована на рисунках 10.5 и 10.6.

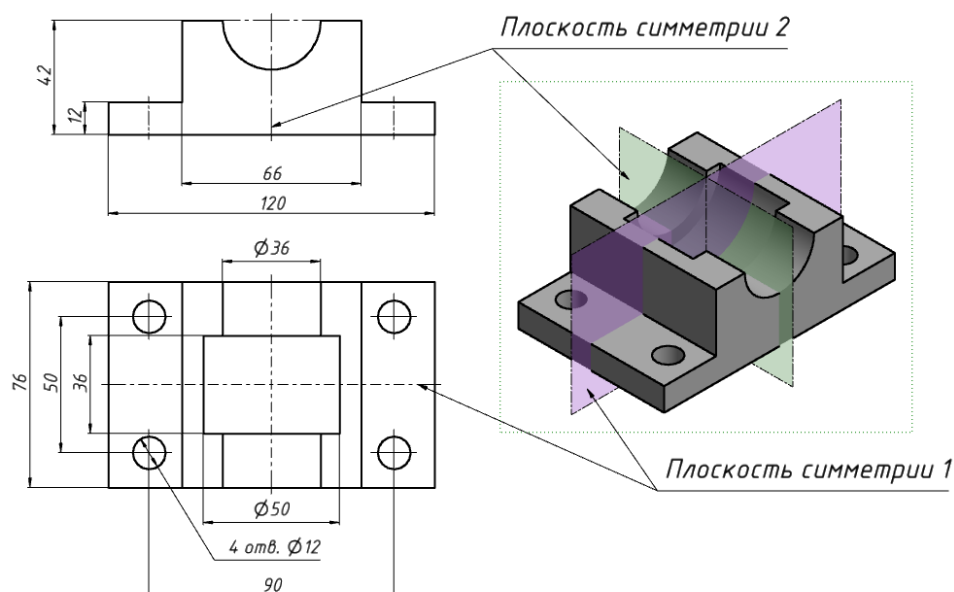


Рисунок 10.5 – Пример геометрии детали с симметрией

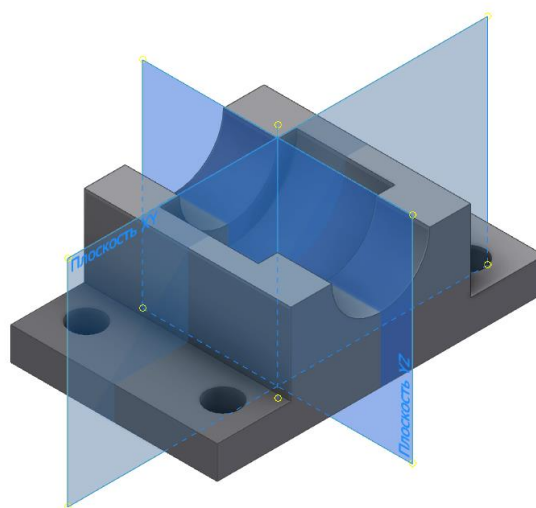


Рисунок 10.6 – Реализация рекомендации в модели

Изложенные рекомендации по использованию элементов глобальной системы координат позволят: упростить процесс позиционирования детали в среде сборочной модели;

снизить чувствительность сборочных моделей к изменениям геометрии детали при позиционировании детали при помощи элементов глобальной системы координат;

уменьшить количество построений в модели.

При построении геометрии следует стремиться к использованию правосторонней системы координат, либо ориентировать модель в соответствии с технологическими рекомендациями, например, при создании детали с последующей обработкой на фрезерном станке с ЧПУ ориентировать положительное направление Z модели в положительном направлении одноименной оси станка.

Выполнение данной рекомендации позволит облегчить ориентацию модели детали в среде сборочной единицы, а кроме того, уменьшить количество действий, необходимых в рамках технологической подготовки управляющих программ на основе геометрии модели.

На этапе создания расчетной модели требуется изучить какие переменные используются для определения размеров геометрии, задаются ли их значения в явном виде или рассчитываются на основе каких-либо исходных данных.

Как правило в САПР существует два подхода к моделированию: использования переменных модели, которые вводятся и настраиваются непосредственно при создании геометрии, например, при построении эскиза или применении каких-либо операций; использование пользовательских переменных, не влияющих напрямую на геометрию модели, но позволяющих определять значения переменных модели.

Использование пользовательских переменных является оптимальным вариантом, так как данный тип переменных не зависит от геометрии и может быть создан как до начала построения, так и во время выполнения построений. Отсутствие прямой зависимости от элементов модели (примитивов эскизов) позволяет: минимизировать ошибки построения, при которых удаление части конструктивных элементов неизбежно приводит к удалению переменных модели; ускорить процесс создания деталей с исполнениями, за счет наличия возможности повторного использо-

вания части расчетной модели.

Так до начала построения геометрии необходимо изучить параметрическую таблицу, либо расчетную модель и выполнить создание пользовательских переменных, реализующих конкретное исполнение или расчетную модель в каком-либо общем состоянии.

При создании пользовательских переменных следует учитывать особенность большинства современных САПР, заключающуюся в наличии зарезервированных имен переменных, использование которых невозможно при определении имен переменных любой из групп, а также в специфике обработки переменных. Например, в системе Inventor нет возможности использовать в качестве имени пользовательской переменной «l» и иных односимвольных обозначений, кроме того, в обычных моделях учитывается регистр в имени переменной, и распознаются переменные «l1» и «R1» как разные, а в ряде случаев не учитывается. В результате возникают ошибки, приводящие к некорректности обработки модели. При этом в стандартах ситуация, при которой используется множество как односимвольных переменных, так и переменных различающихся только регистром встречается повсеместно, иллюстрация чего представлена на примере параметрической таблицы ГОСТ 14733-69 (Рисунок 10.7).

Обозначение прихватов	Применяемость	Исполнение	Подсержень диа- мет- ром	<u>l</u>	<u>D</u> f9	<u>B</u> -0,1 -0,2	<u>H</u>	<u>H</u> ₁	<u>d</u> = <u>d</u> ₅	<u>d</u> ₁	<u>d</u> ₂	<u>d</u> ₃	<u>d</u> ₄ H11	<u>h</u>	<u>h</u> ₁	<u>h</u> ₂	<u>h</u> ₃	<u>h</u> ₄	<u>r</u>	<u>c</u>	Масса, кг
7011-0721		1							6,6		—	—	—		16		—	—	14	8	0,041
7011-0722		2		18			8	28	—		M6	2			19		18	—			0,042
7011-0723		3	6		16	16			6,6	10	—	—	10		8		—	16			0,038

Рисунок 10.7 – Основа параметрической таблицы ГОСТ 14733-69

В виду описанных особенностей возникает необходимость использования единых для предприятия или группы конструкторов систем наименования параметров, которых в настоящее время имеется огромное

количество. В работе принята следующая система наименования параметров: имена переменных записываются в соответствии со стандартом – строчными латинскими буквами, а регистр обозначается суффиксом «_m» и «_b», для указания принадлежности к строчным или заглавным обозначениям соответственно. При такой системе наименования переменная «H₁» (Рисунок 10.7) примет вид «h1_b», а переменная «h₁» (Рисунок 10.7) примет вид «h1_m».

В случае создания расчетной модели типовых деталей машин необходимо изучить математическую модель и определить принадлежность переменных одной из групп:

параметры, задаваемые пользователем: числовые; текстовые, необходимые для указания сложноформализуемых параметров; логические, управляющие включением или отключением каких-либо элементов или участков расчетной модели;

параметры, вычисляемые при помощи математических выражений на основе данных переменных первой группы;

параметры, выбираемые в зависимости от определенных критериев или на основе логических условий.

Наибольший интерес представляет работа со второй группой переменных, имеющая ряд нюансов, которые также необходимо учитывать. Так важной особенностью системы Inventor является высокая чувствительность к единицам измерения, их явному объявлению и операциям над ними.

При выполнении каких-либо вычислений, математические операции применяются не только к аргументам функций, но и к их размерности. Например, при умножении двух переменных с размерностью в мм, в системе ожидается результат в квадратных мм, что не всегда совпадает с пользовательским представлением. В результате несовпадения ожиданий

между пользовательским представлением о размерности переменной и его вычисленной величиной, происходит ошибка в расчетах, о чем свидетельствует неверный результат и красная подсветка выражения в диспетчере параметров (Рисунок 10.8).

Имя параметра	Используется	Единицы	Формула	Номин. знач	Доп.	Значение в	Клс	Примечание
Параметры модели								
Пользовательские								
a_m	с.т.	мм	4 мм	4,000000	●	4,000000	☐	
b_m	с.т.	мм	5 мм	5,000000	●	5,000000	☐	
c_m		мм	a_m * b_m	2,000000	●	2,000000	☐	

Рисунок 10.8 – Пример ошибки размерности

Данное свойство необходимо учитывать и строго следить за выводом итоговой размерности. В случае, если ожидания пользователя не ошибочны и умножение величины в мм на величину в мм не должно привести к появлению миллиметров в квадрате, необходимо искать обходные пути. Одной из таких возможностей является ввод дополнительных величин, направленных на компенсацию размерностей, для примера, показанного на рисунке 10.8, это деление всего выражения на 1 мм. В результате выражение примет вид, показанный на рисунке 10.9.

c_m	мм	(a_m * b_m) / 1 мм	20,000000	●
-----	----	--------------------	-----------	---

Рисунок 10.9 – Модификация выражения

Показанная возможность характерна для построения относительно простых выражений, в которых учет размерности не вызывает особых трудностей. В то же время, показанный механизм не применим или ограниченно применим к сложным выражениям, выражениям с отсутствием прямой связи размерностей аргументов с результирующей размерностью, например, эмпирических, а также для выражений со специфическими единицами измерения, отсутствующими в системе, такими, как подача измеряющейся в мм/об.

Для обхода данных ограничений существует несколько вариантов:

использование безразмерных величин в качестве двойников основных переменных; расчеты с помощью Microsoft Excel, с последующей связью с файлом детали, или проведение вычислений в правилах iLogic.

Все твердотельные модели помимо геометрии детали могут содержать и как правило содержат еще и реквизитную часть в виде различных атрибутов, описывающих как общие элементы в виде наименования, обозначения, авторов, цены, так и специализированную информацию, например, данные необходимые для технологической подготовки производства, принадлежность к структурным подразделениям, инвентарные номера.

Атрибуты являются основой для корректного формирования спецификаций на изделие, выполнения поиска файлов в системах поддержки жизненного цикла изделия, составления электронных каталогов и инструкций. В связи с этим их корректное создание и наполнение является достаточно важной задачей, особенно с учетом необходимости отражения уникального состояния конфигурируемых моделей типовых деталей машин.

Большинство САПР позволяют реализовывать статические и динамические значения атрибутов. Статические значения не зависят от конкретного состояния модели и задаются пользователем вручную, динамические могут формироваться в автоматическом режиме в зависимости от значений числовых, текстовых и логических переменных, а также значений других атрибутов модели на основе логических правил или выражений.

В рамках работы предлагается использование комбинированного подхода, при котором часть значений будет статична, а другая часть значений атрибутов, будет формироваться при помощи специальных выражений как для моделей стандартных деталей, так и для моделей типовых

деталей.

Данное решение позволит существенно упростить процедуру наполнения как библиотек стандартных элементов за счет формирования части параметрической таблицы в автоматизированном режиме, так и использования конфигурируемых моделей с формированием уникальных значений при сохранении файла или вставке детали в сборочные модели на основе какого-либо шаблона.

Каждый файл модели содержит набор атрибутов файлов, они подразделяются на: общие, прочие, физические и т.д. Принципы формирования атрибута «Обозначение» для различных групп моделей могут несколько отличаться.

В случае создания моделей стандартных или унифицированных деталей, как правило стандартом определяется схема создания атрибута, которая содержит постоянную и изменяемую части. Для прихватов, показанных на рисунке 10.1, схема создания атрибута имеет вид: Наименование – Номер детали – Обозначение стандарта, например, прихват под стержень диаметром 6 мм в первом конструктивном исполнении будет иметь следующее обозначения: «Прихват 7011-0721 ГОСТ 14733-69». В показанном примере изменяемой частью атрибута будет являться только номер детали. Для реализации динамического способа формирования потребуется ввод дополнительного атрибута «No._of_the_stitch» (Рисунок 10.10).

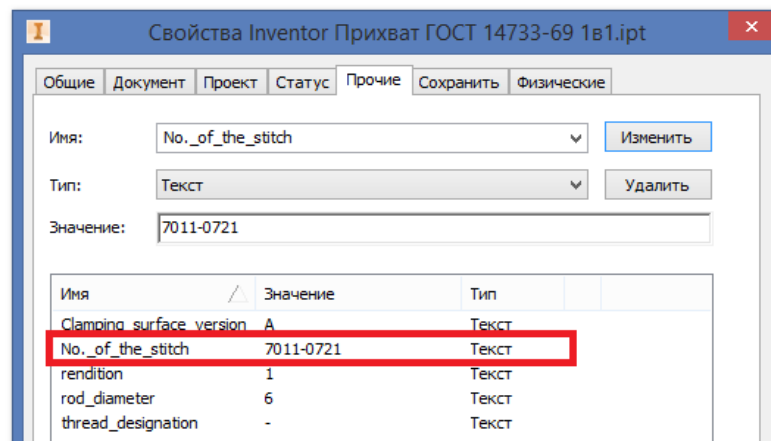


Рисунок 10.10 – Атрибут номера детали

В результате добавления дополнительного атрибута с номером детали, значение атрибута «Обозначение» может быть сформировано при помощи выражения: = Прихват <No._of_the_stitch> ГОСТ 14733-69 (Рисунок 10.11).

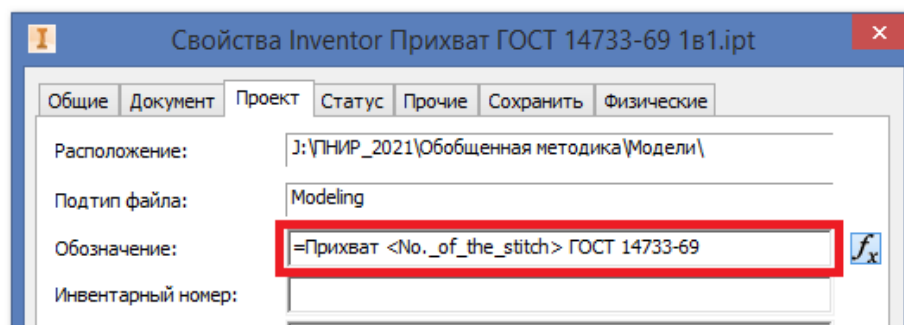


Рисунок 10.11 – Атрибут «Обозначение»

Конкретная форма записи выражения может отличаться в зависимости от назначения детали. Так, выше показана форма для записи обозначения унифицированной детали, при размещении детали в библиотеке структурно выражение не изменится, но его запись примет вид: "Прихват "&{No._of_the_stitch [Custom]}}&" ГОСТ 14733-69" (Рисунок 10.12).

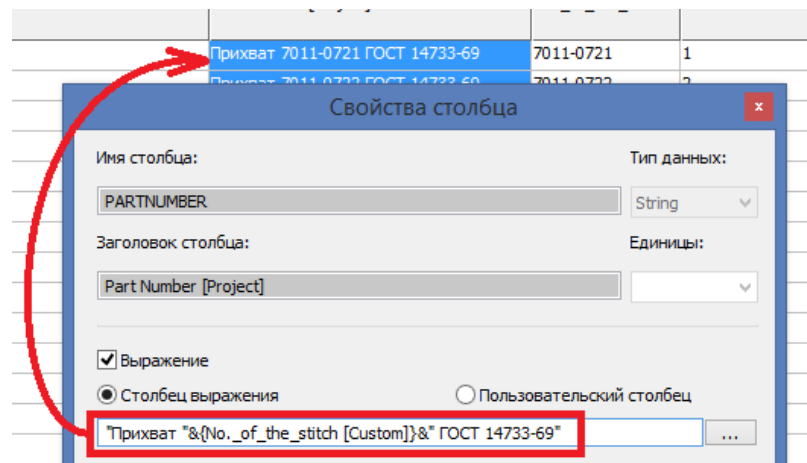


Рисунок 10.12 – Атрибут «Обозначение» в семействе библиотеки

Модели типовых деталей машин как правило не имеют каких-либо общепринятых схем формирования атрибутов, однако ввиду огромного количества возможных состояний геометрии, и возможностей использования множества вариантов, выполненных на базе одной модели в рамках сборочной единицы, данные модели также должны содержать динамически формируемые значения атрибутов. При создании выражений для данной группы деталей следует придерживаться общего правила: значение атрибута должно содержать все изменяемые параметры уникальные для конкретной конфигурации.

Рассмотрим данное правило на примере модели бруска (Рисунок 10.13), размеры которого управляются переменными: a_m , b_m , c_m . При этом значение переменной a_m является постоянным.

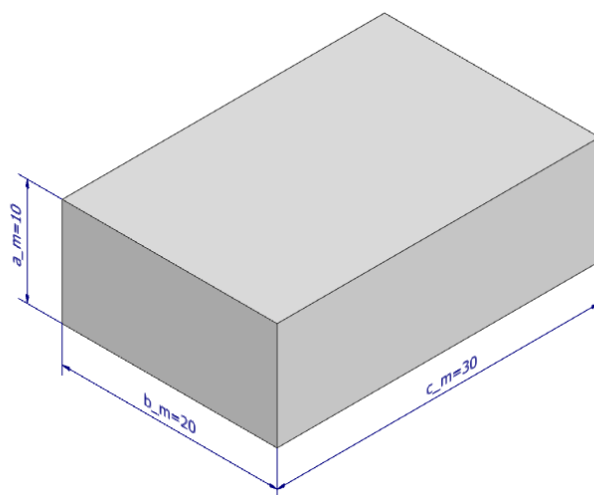


Рисунок 10.13 – Модель бруска

В результате для того чтобы при формировании на основе данной модели различных вариантов не возникало неопределенности или конфликтов необходимо атрибуту «Обозначение» присваивать помимо статичной части, значения параметров b_m , c_m предварительно преобразованных в атрибуты, а выражение примет вид: =Брусok < b_m >x< c_m >.

Максимальной гибкости можно достичь при преобразовании параметров в атрибуты с помощью логических правил iLogic.

После определения стратегии моделирования и создания расчетной модели со всеми необходимыми атрибутами выполняется построение геометрии.

Последовательность действий при твердотельном моделировании как правила неизменна и заключается в создании эскизов с примитивами, реализующими собой контур будущего конструктивного элемента и траекторию его перемещения, а также применение к данным объектам какой-либо из операций. Пример описанной последовательности действий показан на рисунке 10.14.

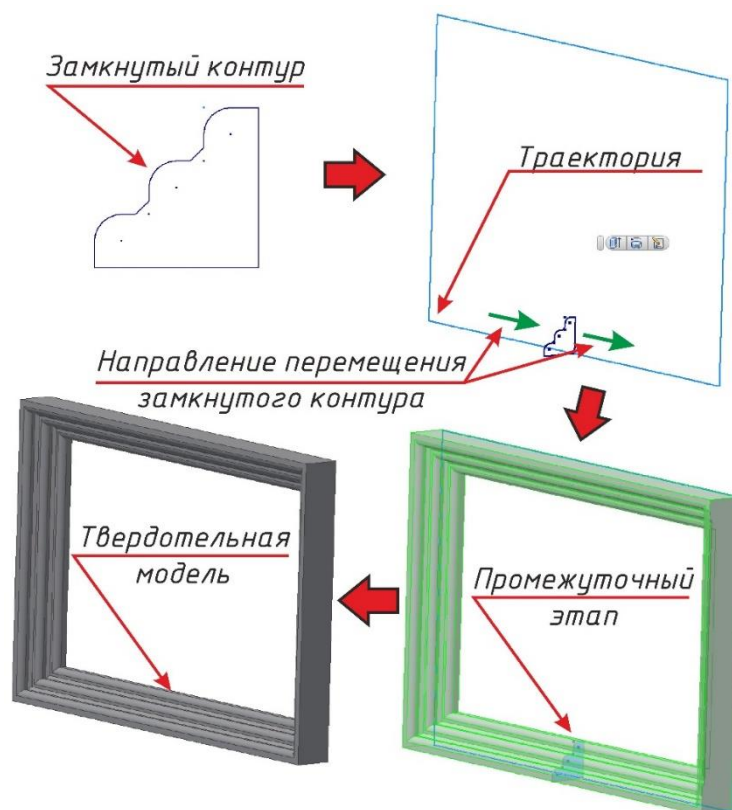


Рисунок 10.14 – Последовательность создания модели

В связи с этим при описании методики необходимо отметить особенности построения эскизов; применения к ним операций моделирования; применения операций изменения; их последовательность и способы организации.

При построении эскизов следует стремиться к реализации ряда рекомендаций:

1. В качестве точки отчета при определении положения примитивов использовать точку начала глобальной системы координат, избегая по возможности использования зависимости фиксации геометрии.

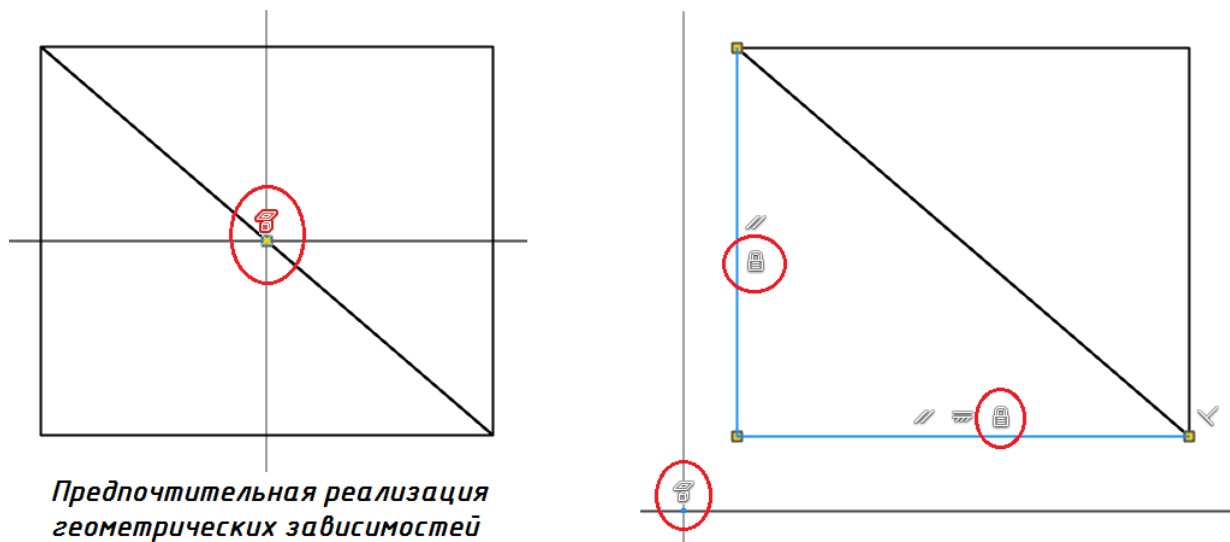


Рисунок 10.15 – Фиксация геометрии

2. Выполнять построения геометрии с совмещением каких-либо базовых элементов модели с элементами глобальной системы координат в виде осей, плоскостей (Рисунок 10.5).

3. Стремиться к построению в рамках эскиза наиболее простых геометрических, без его перегрузки лишними конструктивными элементами. Для этого необходимо на этапе выработки стратегии моделирования декомпозировать модель на элементарные геометрические объекты. Например, моделирование детали, представленной на рисунке 10.16, можно выполнить как минимум двумя способами.

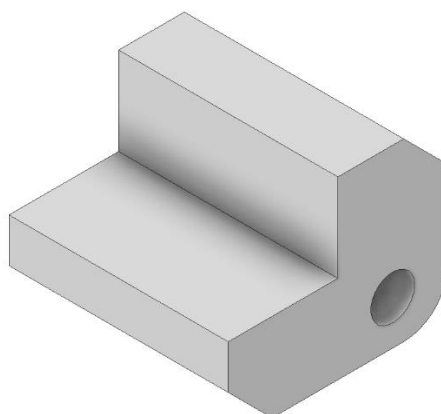


Рисунок 10.16 – Пример детали

Первый способ подразумевает построение одного эскиза со всеми

конструктивными элементами в виде уступа, фасок, скругления и отверстия, и применение к нему операции выдавливания. Второй способ подразумевает использование максимально простых эскизов, при данном способе стратегия моделирования будет заключаться в построении эскиза с габаритными размерами, затем построение эскиза для моделирования уступа, после создание отверстия и добавление фасок и скруглений. Второй вариант предпочтительнее, так как: менее затратен в плане вычислительной мощности; имеет больше возможностей организации управления конструктивными элементами; не требует создания эскизов для моделирования ряда конструктивных элементов; при ошибке отсутствует необходимость правки эскизов либо их правка упрощена за счет минимального количества примитивов.

4. Следует избегать ситуаций построения нескольких контуров в рамках одного эскиза, так как это замедляет процесс моделирования и может привести к возникновению ошибок при перестроении геометрии под новые наборы параметров. В случае возникновения нескольких контуров в рамках одного эскиза следует стремиться к их объединению в один за счет преобразования части геометрии во вспомогательную (Рисунок 10.17).

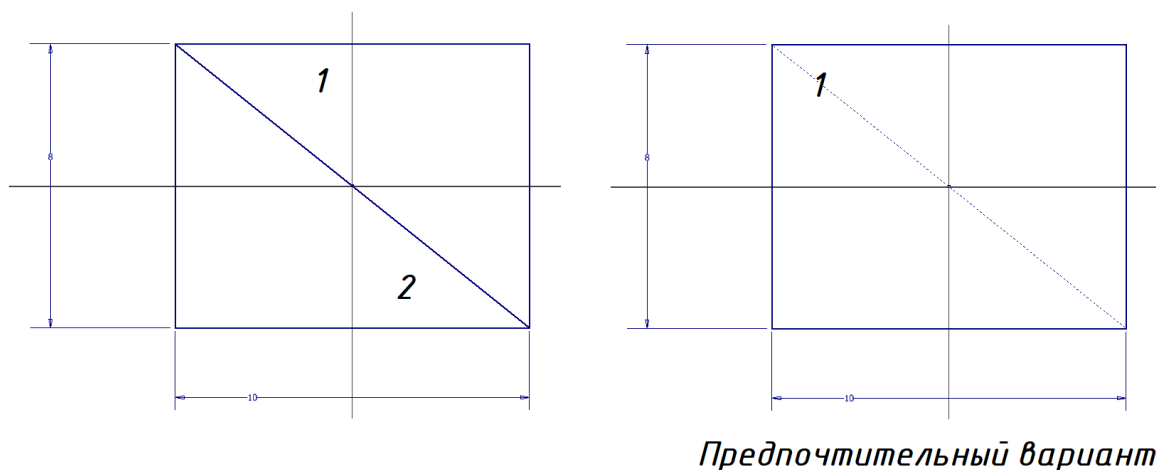


Рисунок 10.17 – Замкнутые контуры

5. В случае моделирования деталей с различными конструктивными исполнениями необходимо не допускать ситуаций, при которых построение каких-либо эскизов основывается на конструктивных элементах, которые могут быть подавлены при определенном наборе параметров. Так при перестроении детали ссылки на подавленную геометрию будут потеряны, и как следствие возникнут ошибки в деталях и сборочных моделях, содержащих данные детали.

В случае необходимости реализации подавления каких-либо конструктивных элементов за точку отсчета следует принимать начало глобальной системы координат, а положение конструктивного элемента определять при помощи ссылок на параметры расчетной модели, а не проецированную геометрии.

В случаях, при которых часть примитивов эскиза может принимать нулевое значение необходимо проверять при помощи как можно большего числа вариантов состояния модели, так как в противном случае возможно появление ошибок перестроения.

Аналогично эскизам, при моделировании стандартных и унифицированных деталей, а также типовых деталей машин существует ряд рекомендаций к операциям моделирования, операциям создания конструктивных элементов и последовательности их применения. К данным рекомендациям относятся:

1. В случае наличия в моделях плоскостей симметрии учитывать данное обстоятельство в настройках моделирования и применять симметричное направление действия операции, например, симметричное выдавливание, пример чего показан на рисунке 10.18.

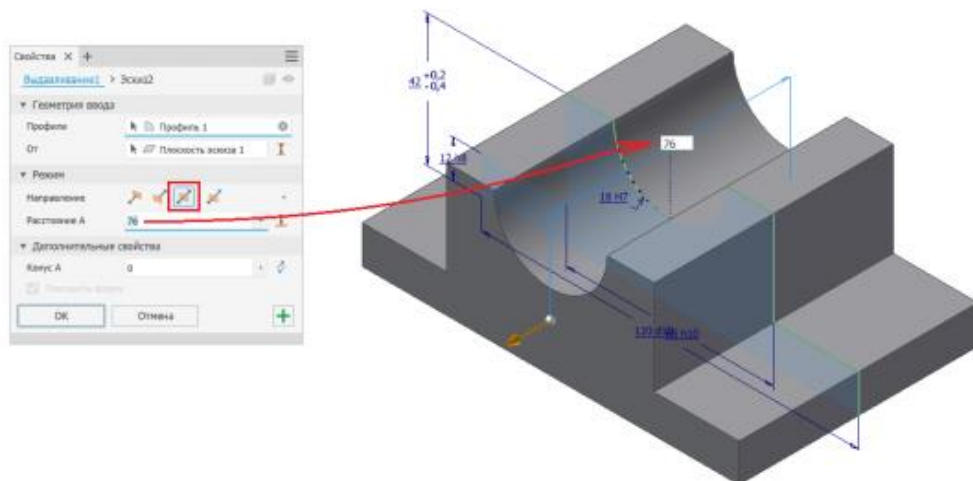


Рисунок 10.18 – Условия применения операции

2. Стремиться к минимизации переменных, создаваемых при выполнении операций моделирования, либо к созданию зависимости переменных модели от пользовательских переменных расчетной модели. В случаях, где возможно задание условий ограничивающих область действия операции моделирования использовать их, например, выдавливание насквозь, или выдавливание до какой-либо поверхности. Если же ограничение области действия невозможно при помощи условий, то стремиться к созданию зависимостей или выражений, ссылающихся на пользовательские переменные, с целью уменьшения контролируемых параметров при перестроении геометрии.

3. В случае необходимости моделирования конструктивных элементов в виде отверстий, фасок, скруглений, стремиться выполнять их при помощи соответствующих функций, а не при помощи базовых операций формообразования.

4. Стремиться к выдерживанию последовательности моделирования при которой все мелкие элементы, например, канавки под выход шлифовального круга, фаски, галтели и скругления будут выполнены на завершающих этапах моделирования (Рисунок 10.19). Эта рекомендация позволит упростить процесс моделирования, не допустить ошибки при

организации привязок, а также позволит получить ряд преимуществ при построении сборочных моделей, подготовки модели для создания управляющих программ.

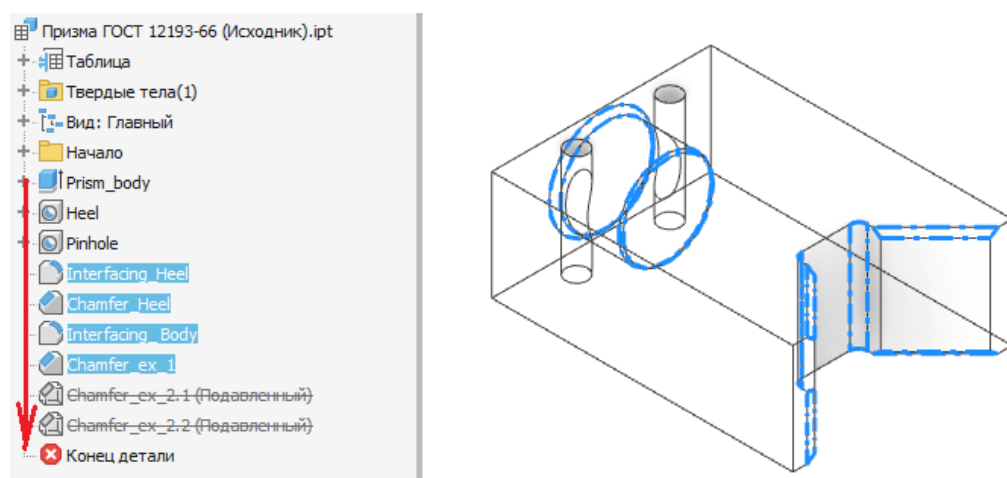


Рисунок 10.19 – Последовательность операций

При создании конструктивных элементов необходимо изменять их наименования в дереве построения со стандартных на те, которые бы отражали их назначение по какому-либо признаку, пример чего продемонстрирован на рисунке 10.19. Данная рекомендация позволит при необходимости упростить процесс внесения изменений в модель как самим разработчиком, так и сторонними пользователями.

В случае создания моделей стандартных или унифицированных деталей их возможные состояния определяются при помощи параметрической таблицы, к которой предъявляется ряд требований:

1. Последовательность переменных в таблице следует формировать таким образом, чтобы порядок столбцов соответствовал порядку, представленному в стандарте, что существенно облегчает процесс ее заполнения, а в некоторых случаях позволяет его автоматизировать. Таблица 10.1 демонстрирует порядок столбцов стандарта ГОСТ 14738-69, а его реализация в виде параметрической таблицы представлена на рисунке 10.20

Таблица 10.1 – Варианты размеров шпонки ступенчатой ГОСТ 14738-

69

Обозначение шпонок	Применяемость	B h6	B_1 js6	H	L	h h12	$b = h_1$	c	c_1	Масса, кг $\approx$
7031-0641		10	14	10	16	4	1	0,6	1,6	0,012
7031-0642		12	16	12	20					0,022
7031-0643		14	20	14	25	5		1		0,040
7031-0634		18	24	18	30	6	2		2	0,080
7031-0635		22	28	22	40	7				0,166
7031-0636		28	36	28	50	10			2,5	0,340
7031-0644		36	45	36	60			1,6		0,653
7031-0645		42	52	42	70				3	1,024
7031-0639		48	60	48	80	12				1,536
7031-0646		54	65	54	90					2,153

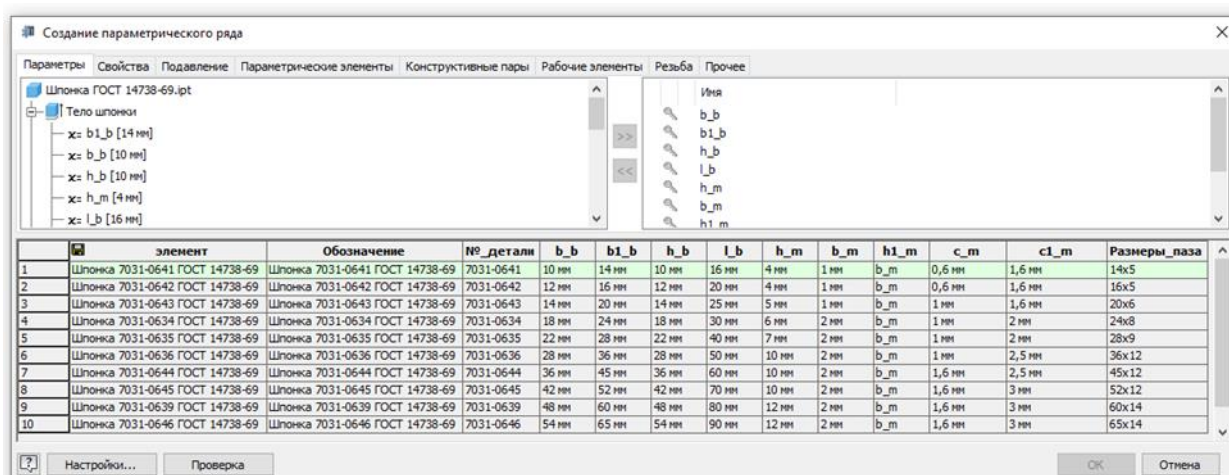


Рисунок 10.20 – Реализация параметрической таблицы

2. В случае необходимости дополнения параметрической таблицы переменными, из иных стандартов, на которые предоставлена ссылка из текущего стандарта, необходимо размещать их после основных переменных. Например, переменные определяющие размеры отверстий под крепежные элементы задаются в виде ссылки на определенный стандарт.
3. В случае необходимости реализации в рамках одной детали нескольких конструктивных элементов, подавляемых в зависимости от исполнения, необходимо размещать столбцы с переменными, отвечающими

ми за их текущее состояние в правой части таблицы после определения всех числовых и описательных данных.

При создании моделей типовых деталей машин или невозможности по каким-либо причинам реализовать параметрическую таблицу для стандартных деталей следует выполнять описание состояний модели при помощи логических правил iLogic в зависимости от какого-либо параметра или группы параметров. Примером подобных правил является модель стола металлорежущего станка (Рисунок 10.21), в которой в зависимости от модели изменяются размеры, расположение и количество пазов.

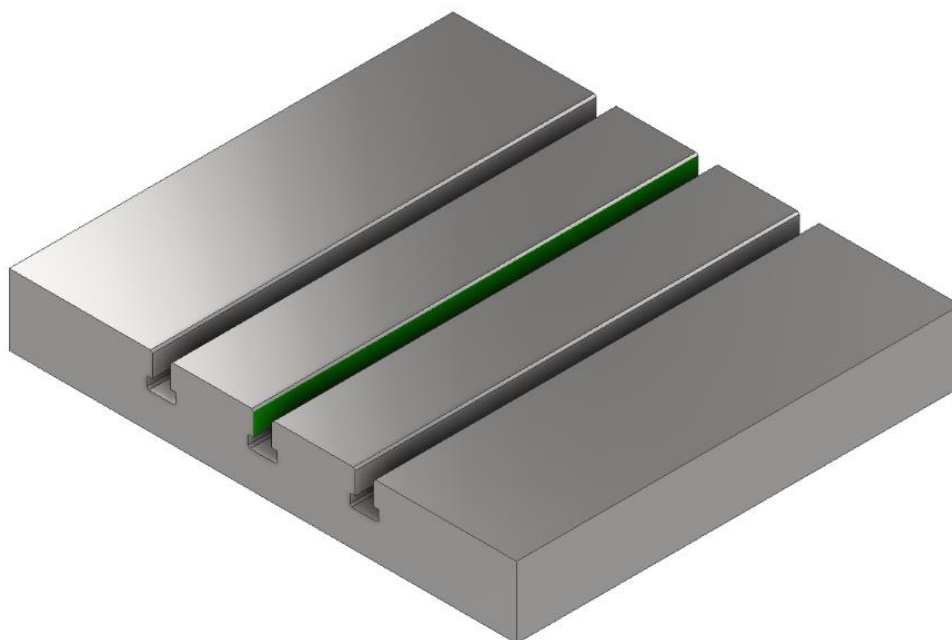


Рисунок 10.21 – Модель типовой детали

В данном случае модель станка определяется при помощи текстовой переменной, а все размеры при помощи набора переменных в соответствии со схемой (Рисунок 10.22).

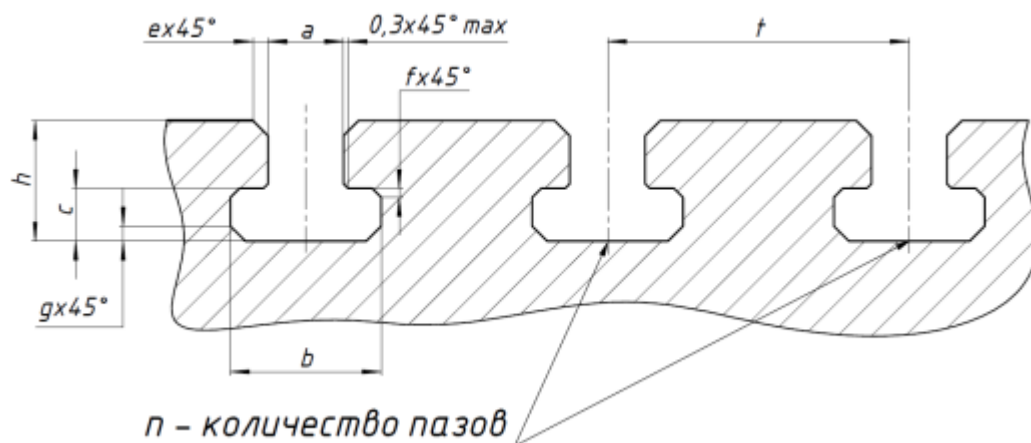


Рисунок 10.22 – Схема типового стола

Привязка конкретных размеров пазов к наименованию станка осуществляется при помощи правила (Рисунок 10.23).

```

If Machine_model = "6T12" Then
    Groove_am = 18
    Groove_tm = 63
    Groove_nm = 3
    Machine_model_gost = False
    Table_bm = 65.5
    Not_standard = False

ElseIf Machine_model = "6T13" Then
    Groove_am = 18
    Groove_tm = 100
    Groove_nm = 3
    Machine_model_gost = False
    Table_bm = 50
    Not_standard = False

```

Рисунок 10.23 – Пример определения размеров при помощи правила

При использовании электронных таблиц для определения каких-либо параметров, например, определения значений допуска и расположения, необходимо стремиться к отсутствию связей между отдельными файлами, для реализации чего встраивать таблицы в документ (Рисунок 10.24) либо реализовывать таблицы при помощи логических правил (Рисунок 10.23).

	1	2	3	4	5	6	7
1	degree of accuracy	de min	de max	t min	t max	difference of steps	radial runout
2	A	0	120	0	20	0,025	0,08
3	A	0	120	20	35	0,032	0,08
4	A	0	120	35	55	0,04	0,08
5	A	0	120	55	100	0,04	0,08
6	A	120	260	0	20	0,032	0,1
7	A	120	260	20	35	0,04	0,1
8	A	120	260	35	55	0,05	0,1
9	A	120	260	55	100	0,06	0,1

Рисунок 10.24 – Пример встроенной таблицы

Проверка корректности перестроения геометрии стандартных и унифицированных деталей осуществляется переключением между исполнениями, созданными на базе параметрической таблицы. При этом следует активировать исполнения в пределах всего диапазона.

Проверка осуществляется по двум критериям: корректность геометрии с позиции построения и отсутствия ошибок в геометрии; проверка геометрии и свойств на соответствие требованиям стандарта.

Для проверки с позиции ошибок построения в САПР как правило встроены индикаторы наличия проблем с геометрией, сигнализирующие о потерях связей в эскизах, вырождении каких-либо конструктивных элементов.

Проверка с позиции соответствия требованиям стандарта может осуществляться различными методами и по различным критериям, в том числе и автоматизировано. Например, в качестве критерия может использоваться соответствие массы модели и значения массы в стандарте на реализуемую деталь.

После завершения указанных проверок, производится публикация прототипа библиотеку или каталог, и проводится завершающая проверка корректности вставки модели из библиотеки/каталога. Данная проверка в основном осуществляется с позиции контроля формируемых атрибутов

и формирования спецификаций либо списков деталей.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по практическому занятию студент предоставляет файл 3D-модели выполненный в соответствии с представленными рекомендациями.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите процедуру проверки корректности модели
2. Опишите алгоритм определения возможных состояний модели
3. Укажите рекомендации по построению геометрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Косолапов, В. В. Компьютерная графика. Решение практических задач с применением САПР AutoCAD : учебно-методическое пособие / В. В. Косолапов, Е. В. Косолапова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 117 с. — ISBN 978-5-4486-0794-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85748.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Феоктистова, А. А. Основы 2D- и 3D-моделирования в программе AutoCAD : учебное пособие / А. А. Феоктистова, О. Л. Стаселько. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. — 103 с. — ISBN 978-5-

9961-1617-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83707.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

11 Практическое занятие «Методика построения компоновки на основе блоков при нисходящем проектировании»

Цель работы: Изучение методик организации нисходящего проектирования в условиях работы в виртуальном предприятии.

Формируемые компетенции:

ОПК-8. Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью изучения методик эффективной работы в рамках организаций, распределенных географически, с возможностью организации только онлайн связи. Знания, полученные в процессе выполнения лабораторной работы, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Суть метода нисходящего проектирования заключается в создании на первоначальном этапе принципиальной схемы механизма, определяющей не только параметры или размеры отдельных деталей, но и их расположение. Структурная схема метода «Сверху-вниз» представлена на рисунке 11.1.

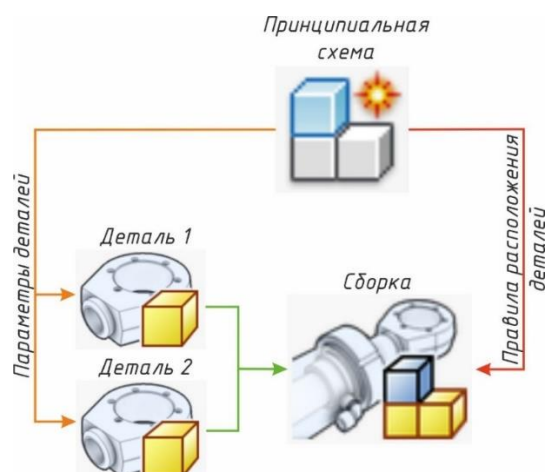


Рисунок 11.1 – Структурная схема метода нисходящего проектирования

Анализ представленной схемы позволяет сделать выводы о ее преимуществах и недостатках. Так, одним из основных преимуществ является возможность сбора большинства параметров и зависимостей, управляющих расположением и размерами отдельных деталей, в одном месте, вне зависимости от их принадлежности к каким-либо структурным единицам изделия. Данное обстоятельство ведет к реальному уменьшению количества контролируемых элементов и существенному упрощению карты зависимостей, которая из-за использования компоновки изделия в информационном поле модели примет вид, показанный на рисунке 11.2.

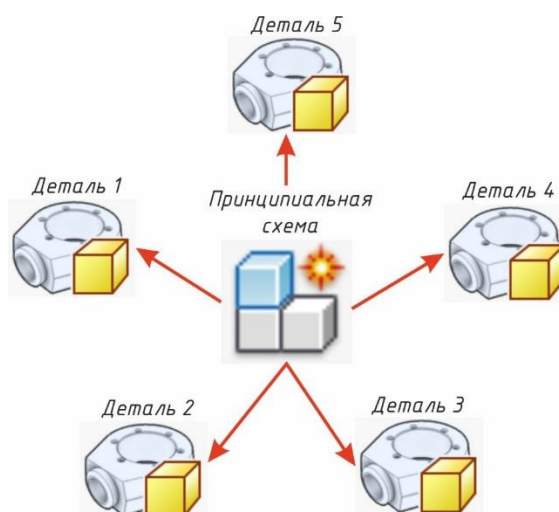


Рисунок 11.2 – Карта зависимостей при нисходящем проектирова-

нии

Рассматривая случай, аналогичный показанному, для восходящего проектирования, при котором требуется внесение изменений в конструкцию деталей №3, 4 и 5, можно заметить наличие необходимости изменения лишь принципиальной схемы, что сокращает количество редактируемых элементов до одного. При этом усложнение конструкции и увеличением количества связей между деталями не приводит к увеличению количества контролируемых элементов в различных деталях.

Вторым достоинством представленного метода организации процесса проектирования является малая чувствительность к смене разработчика, достигаемая наличием всех необходимых сведений о проектируемом изделии в информационном поле модели.

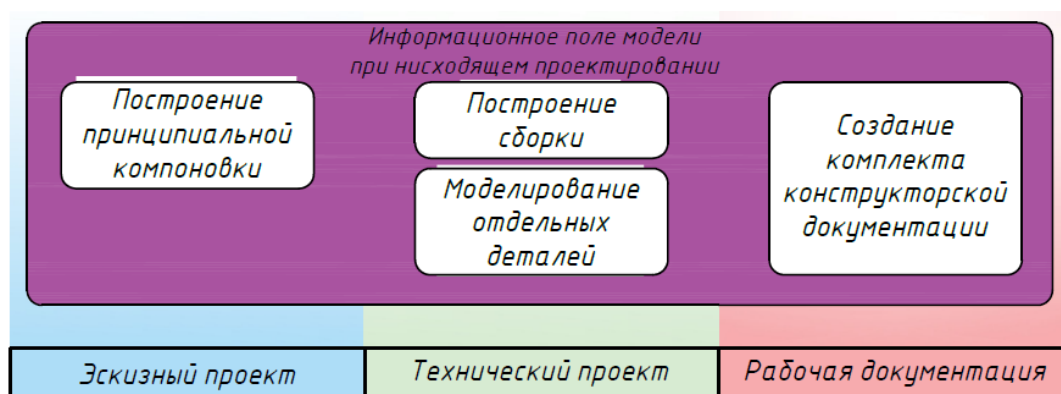


Рисунок 11.3 – Место метода «сверху-вниз» в структуре проектирования

Анализируя схему информационного поля модели и охват ею стадий проектирования можно сделать выводы об области применения метода проектирования «сверху-вниз». Благодаря возможности организации работ над стадиями эскизного и технического проектов в единой среде системы автоматизированного проектирования упрощается процесс внесения изменений в конструкцию, что позволяет разрабатывать сложные изделия и изделия с уникальной конструкцией.

Строго говоря, именно введение стадии эскизного проекта в ин-

формационное поле модели позволяет говорить о проектировании как таковом. Так как построение принципиальной компоновки априори является одним из этапов проектирования, а ее отсутствие в информационном поле модели говорит лишь о том, что ее построение было выполнено вручную или в другой системе автоматизированного проектирования.

Алгоритм работы в САПР по методу нисходящего проектирования, как правило, представлен следующими этапами:

1. Создание отдельного файла (в большинстве случаев детали), содержащего компоновочную схему изделия;
2. Преобразование компоновочной схемы в сборочную модель;
3. Проработка геометрии отдельных деталей в среде сборочной модели за счет использования геометрических и размерных параметров компоновки.

Сама компоновка будущего изделия на сегодняшний день может быть реализована большим количеством способов, к основным из которых следует отнести:

1. Один или несколько эскизов, содержащий обычные геометрические примитивы в виде отрезков, дуг, окружностей и т.д.;
2. Эскиз, содержащий блоки будущих деталей и сборочных единиц;
3. Мультидеталь, каждое тело которой в последующем будет являться отдельной единицей сборочной модели;
4. Рабочую геометрию в виде осей, точек, плоскостей или поверхностей, ограничивающих размеры и взаимное расположение элементов изделия.
5. Комбинацию из указанных выше элементов.

При этом осуществление второго этапа алгоритма возможно двумя способами. Первый способ заключается в преобразовании элементов компонов-

ки в отдельные детали или сборочные единицы и автоматическая генерация сборки их преобразованных элементов. Для работы при помощи данного способа наиболее характерно построение компоновки при помощи блоков или многотельных деталей. Второй же способ заключается в самостоятельном создании сборки с количеством деталей, равным количеству элементов компоновки и постепенным заимствованием геометрических примитивов и размерных параметров из компоновки в отдельные детали при помощи технологии подобных деталей или их аналогов. При использовании данного способа наиболее характерным подходом к построению компоновки является применение в ней отдельных геометрических примитивов и рабочей геометрии. Кроме того, в процессе проектирования можно использовать оба способа для работы с одной и той же сборочной моделью.

Для изучения алгоритма нисходящего проектирования на основе блоков рассмотрим процесс создания компоновочной схемы на примере фрагмента кинематической схемы коробки скоростей с первой множительной группой, представленной на рисунке 11.4.

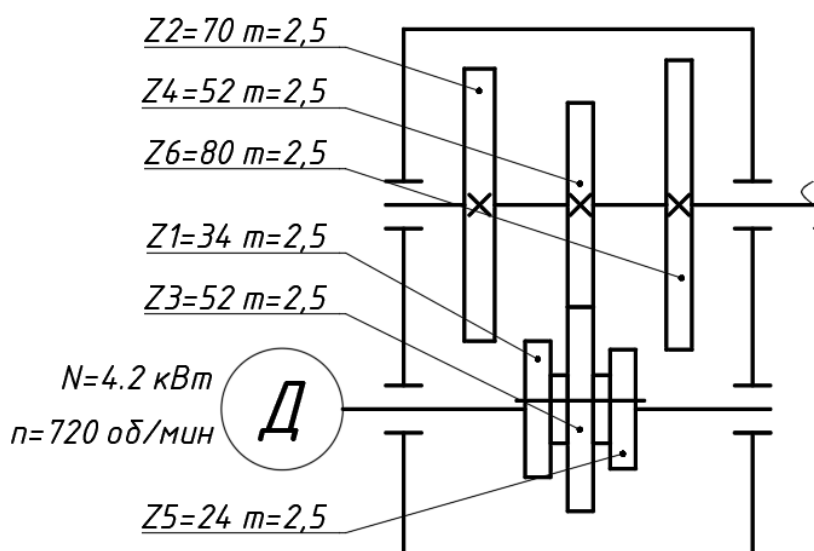


Рисунок 11.4 – Кинематическая схема

Построение компоновки на основе блоков позволяет проектиро-

вать достаточно сложные механизмы и, как правило, выполняется в несколько итераций с представленной последовательностью действий:

1. Создается файл детали с расширением IPT;
2. В файле детали производится создание расчетной модели;
3. Создается один или несколько эскизов;
4. В рамках каждого эскиза создаются блоки, представляющие собой отдельные детали, и определяется их положение;
5. Производится преобразование файла детали в сборочную единицу с выделением из блоков отдельных деталей или под сборки;
6. В рамках деталей и сборочных единиц, полученных на основе блоков, производится создание 3D-моделей.
7. Выполняются необходимые проверочные расчеты, в случае отрицательного результата выполняется возврат к редактированию геометрии блоков.

Создание файла производится при помощи стандартных средств на основе обычного или специального шаблона. Специальный шаблон целесообразно использовать в случае повторяемости задач и наличия в них схожих элементов.

Далее производится создание расчетной модели, содержащей параметры, общие для нескольких блоков, например модуль первой множительной группы или коэффициент ширины зубчатого венца для одной или нескольких множительных групп.

Расчетная модель может быть создана в одном из двух вариантов: в файле детали с компоновкой механизма, либо в отдельном файле электронной таблицы Excel, который в дальнейшем будет связан с файлом компоновочной схемы.

Рассмотрим процесс создания расчетной модели непосредственно в файле с компоновочной схемой, что позволяет наиболее наглядно

представить задачу. Для этого потребуется ввести при помощи диспетчера параметров ряд пользовательских переменных, часть из которых будет являться исходными данными, часть величин - определяемыми пользователем из различных источников, а часть - рассчитываемыми величинами.

Исходным данными являются: число зубьев всех колес, мощность двигателя, число оборотов двигателя. К расчетным параметрам, необходимым для формирования компоновки, относятся: модуль первой множительной группы (в примере не показывается его определение), габаритные размеры зубчатых венцов колес и подвижных блоков колес, крутящие моменты на входном и выходном валах, расчетные диаметры выходных участков валов, геометрические размеры колес. К размерам, принимаемым пользователями, относятся: допустимые напряжения кручения на входном и выходном валах, предварительные значения диаметров валов, соответствующие ряду нормальных линейных размеров Ra40, некоторые конструктивные элементы, например, ширина канавок для выхода режущего инструмента, гарантированные зазоры в соединениях.

На начальном этапе выполняется создание файла детали с расширением IPT, в котором производится открытие диспетчера параметров и добавление пользовательских переменных по известному алгоритму.

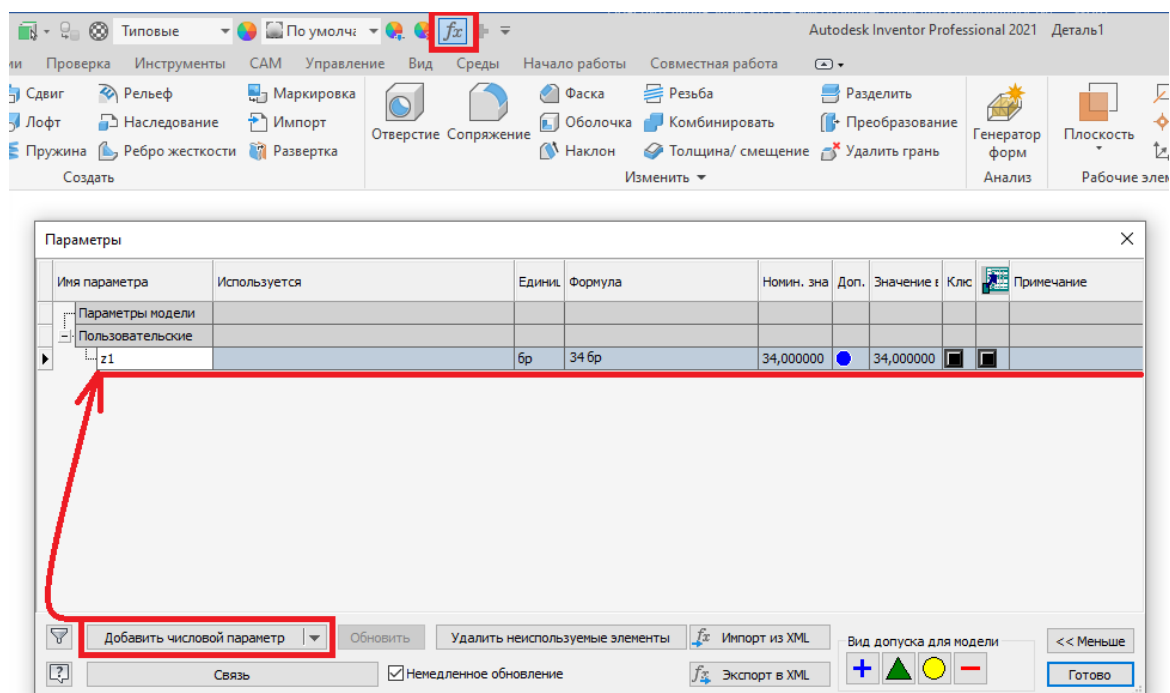


Рисунок 11.5 – Добавление параметров

При создании переменных следует в обязательном порядке определять их размерность, а ряд переменных, например, числа зубьев, делать безразмерными. Числа зубьев являются безразмерными величинами изначально, однако существует ряд случаев, при которых необходимо делать безразмерными и те переменные, значения которых определяются сложно выводимыми размерностями. Связано данное обстоятельство с особенностями работы математического ядра системы Inventor, которая применяет математические операции не только к значениям, но и к размерности. В связи с этим к безразмерным необходимо отнести мощность электродвигателя и число его оборотов.

Для того, чтобы сделать переменную безразмерной или же изменить размерность, необходимо нажать на ячейку с ее размерностью и в открывшемся окне выбрать необходимую или ввести размерность вручную. Определение безразмерной величины выполняется при помощи суффикса «бр».

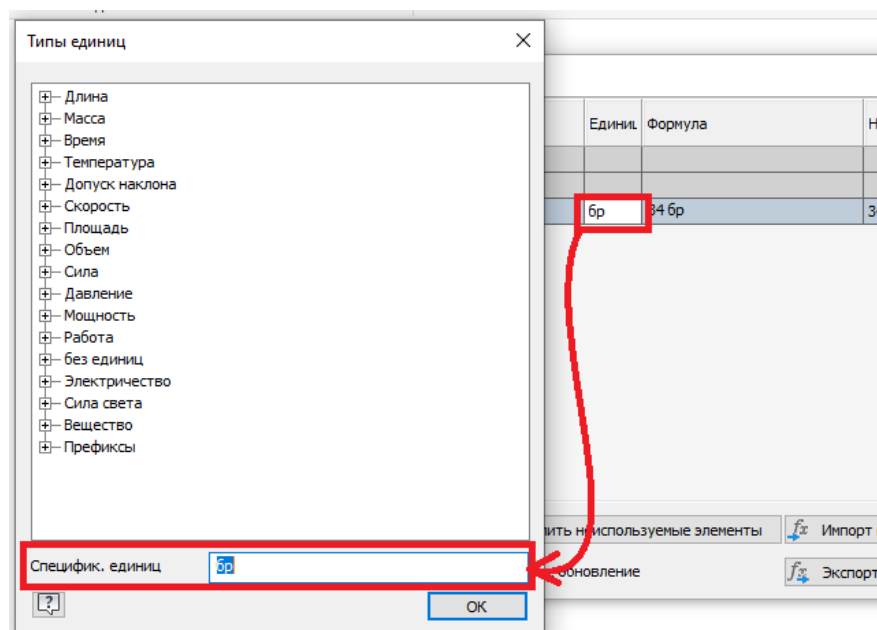


Рисунок 11.6 – Изменение размерности

Для рассматриваемого случая минимально-необходимый перечень переменных, которые необходимо создать в диспетчере параметров на начальном этапе, их размерность, а также математические формулы для расчета, с учетом особенностей Inventor сведены в таблицу.

Таблица 11.1 – Переменные расчетной модели

№ п/п	Имя переменной	Единица измерения	Значение/Формула	Примечание
1.	z1	бр	34	Число зубьев первого колеса
2.	z2	бр	70	Число зубьев второго колеса
3.	z3	бр	52	Число зубьев третьего колеса
4.	z4	бр	52	Число зубьев четвертого колеса
5.	z5	бр	24	Число зубьев пятого колеса
6.	z6	бр	80	Число зубьев шестого колеса
7.	m1	мм	2,5	Модуль первой множительной группы
8.	aw1	мм	$((z1 + z2) * m1) / 2 \text{ бр}$	Межосевое расстояние первой множительной группы
9.	km1	бр	8	Коэффициент ширины зубчатого венца для первой множительной группы колес. Принимается от 6 до 10
10.	da1	мм	$(z1 + 2 \text{ бр}) * m1$	Диаметр вершин зубьев зубчатого венца первого колеса

11.	da2	мм	$(z_2 + 2 b_p) * m_1$	Диаметр вершин зубьев зубчатого венца второго колеса
12.	da3	мм	$(z_3 + 2 b_p) * m_1$	Диаметр вершин зубьев зубчатого венца третьего колеса
13.	da4	мм	$(z_4 + 2 b_p) * m_1$	Диаметр вершин зубьев зубчатого венца четвертого колеса
14.	da5	мм	$(z_5 + 2 b_p) * m_1$	Диаметр вершин зубьев зубчатого венца пятого колеса
15.	da6	мм	$(z_6 + 2 b_p) * m_1$	Диаметр вершин зубьев зубчатого венца шестого колеса
16.	ad	мм	10	Ширина канавки для выхода долбяка при нарезании венцов на подвижном блоке колес
17.	bsh	мм	$km_1 * m_1 + 5 \text{ мм}$	Ширина зубчатых венцов блока зубчатых колес первой множительной группы
18.	bk	мм	$km_1 * m_1$	Ширина зубчатых венцов неподвижных колес первой множительной группы

Перечень переменных расчетной модели, представленный в таблице, будет увеличиваться по мере проработки проекта.

За созданием минимально необходимого количества переменных, позволяющих проработать конструкцию на текущем этапе, можно переходить к построению компоновочной схемы в виде эскиза, по мере наполнения которого расчетная схема будет дополняться новыми переменными.

Для этого в рамках детали на одной из базовых плоскостей создается эскиз, например на плоскости ХУ. В рамках эскиза начинается построение геометрии деталей с последующим преобразованием геометрии в блоки.

В рассматриваемом примере ключевой деталью, размеры которой влияют на положение и размеры остальных, является блок зубчатых колес на входном валу, в связи с чем построение геометрии начинается именно с него.

Для этого на эскизе, не привязываясь к началу координат, создаются три прямоугольника произвольного размера, середины которых расположены на одной осевой линии.

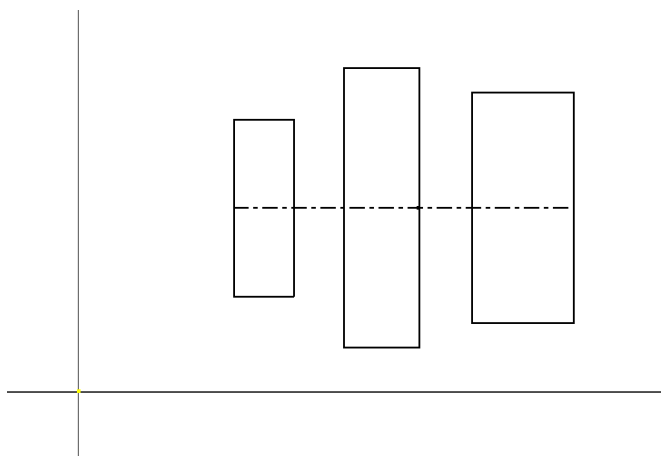


Рисунок 11.7 – Начало построения блока колес

Следующим действием является нанесение размерных зависимостей, определяющих диаметр вершин зубьев и ширину каждого зубчатого венца. Использование диаметра вершин зубьев, а не делительных диаметров обусловлено особенностями работы генераторов механических соединений. Для этого активируется функция «Размеры», указываются участки, между которыми создается размер, а в появившемся окне, после указания места расположения размера, записывается ссылка на имя переменной, содержащейся в расчетной модели. Например, при определении диаметра вершин зубьев первого зубчатого венца запись в окне редактирования размера примет вид «da1».

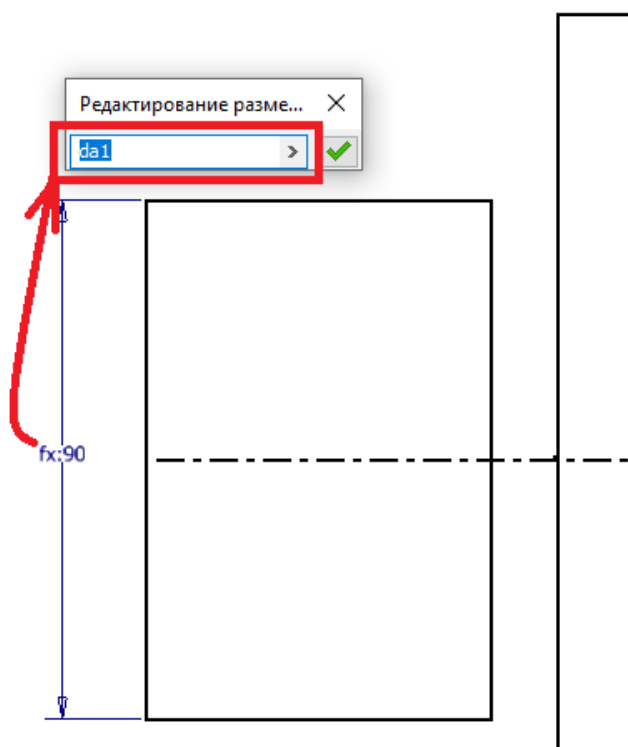


Рисунок 11.8 – Определение диаметра вершин первого венца

Остальные зависимости наносятся аналогичным образом и связываются с расчетной моделью. Диаметры вершин зубьев задаются для каждого венца, ширина венцов одинакова и задается один раз одному из венцов при помощи переменной «bsh» (хотя вполне вероятен вариант назначения различной ширины зубчатых венцов для каждого колеса для чего вводятся дополнительные переменные, например, «bsh1», bsh2» и т.д.).

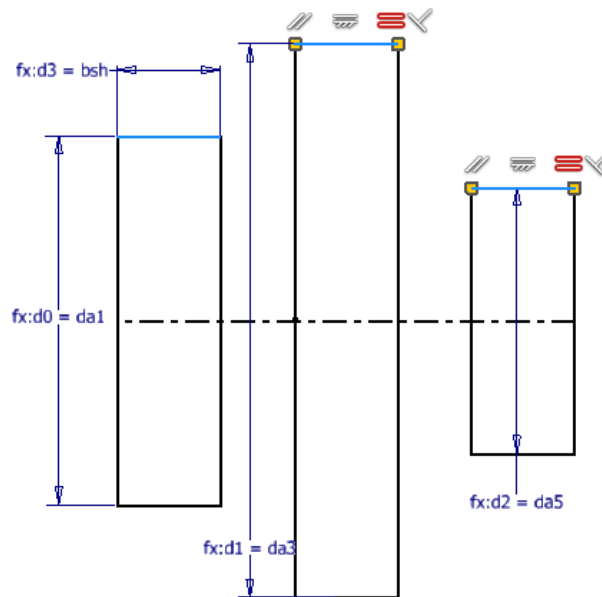


Рисунок 11.9 – Результат определения части размеров

Далее конструктор должен предварительно определиться с тем, будет ли блок цельным или сборным, каким образом будет осуществляться переключение передач и иными конструктивными элементами, влияющими на осевые размеры всего блока. Предположим, что в рассматриваемом случае подвижный бок колес будет выполняться цельным, а в качестве механизма переключения передач будет использоваться вилка, передвигающаяся по скалке. В соответствии с принятыми решениями создаются канавки для выхода долбяка и производится предварительное определение места расположения канавки для переключателя передач. В рассматриваемом случае в расчетную модель вводится переменная с именем «ad» и значением 10 мм (определено по ГОСТ 14775-81). Данная переменная будет использоваться при определении ширины канавки для выхода долбяка, глубина канавки от вершины зубьев равна 2,5 модулям, ширину канавки для вилки переключения передач принимаем равной также 10 мм, а расстояние между венцами - двойной величине канавки. В случае, если на данном этапе еще не принято решение по типу используемого механизма переключения передач, то канавки делаются одинаковой ширины.

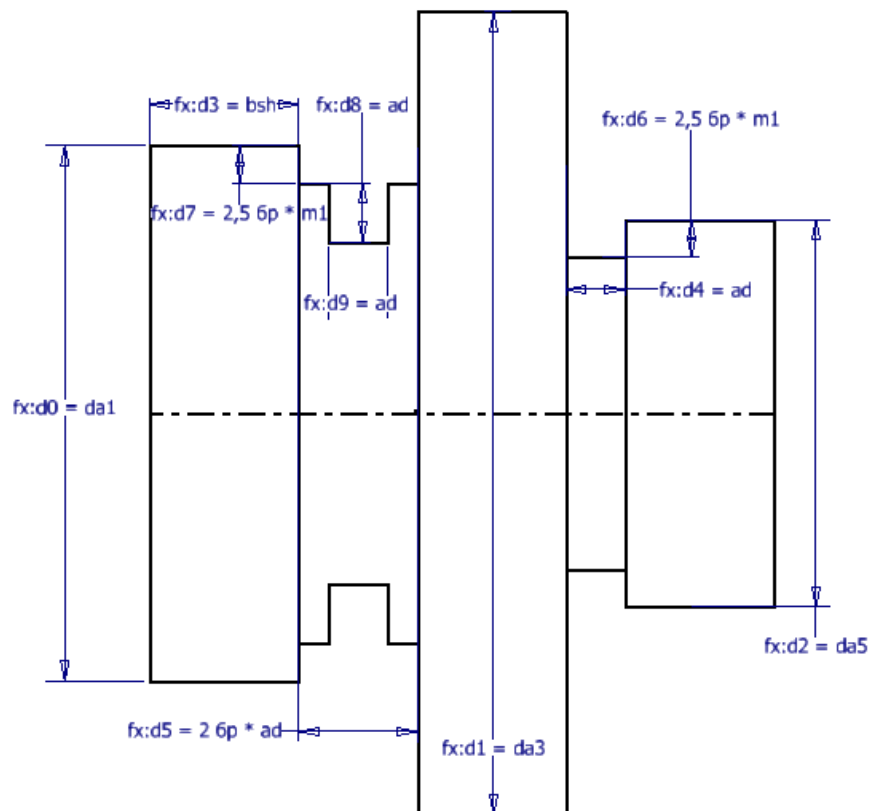


Рисунок 11.10 – Геометрия блока колес с добавленными элементами

На этом построение геометрии подвижного блока колес в первой итерации можно считать завершенным, после чего вся его геометрия преобразуется в блок, воспринимаемый системой Inventor как единый примитив.

Преобразование какой-либо геометрии осуществляется при помощи активации команды «Создать блок», расположенной на панели инструментов «Создать».

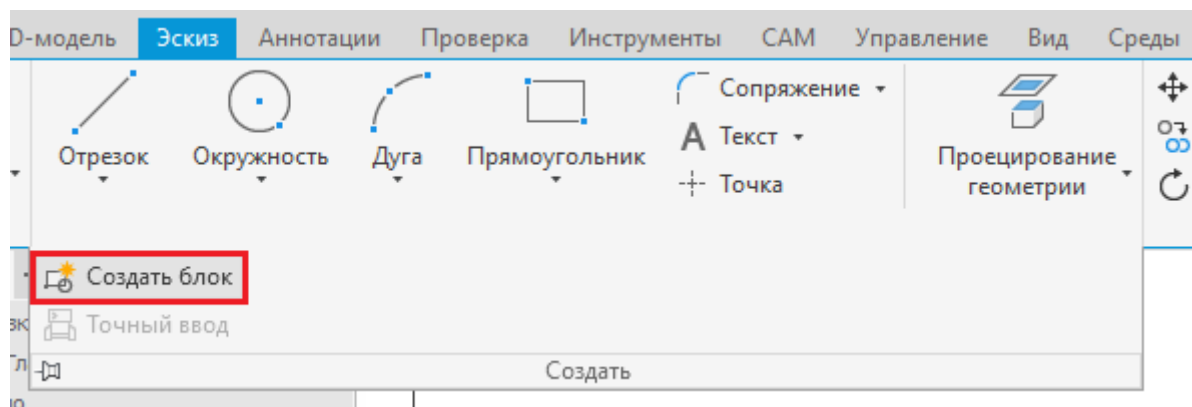


Рисунок 11.11 – Расположение функции «Создать блок»

В появившемся окне потребуется, активировав соответствующие области, указать точку вставки блока, набор примитивов, в него входящих, а также задать имя блока.

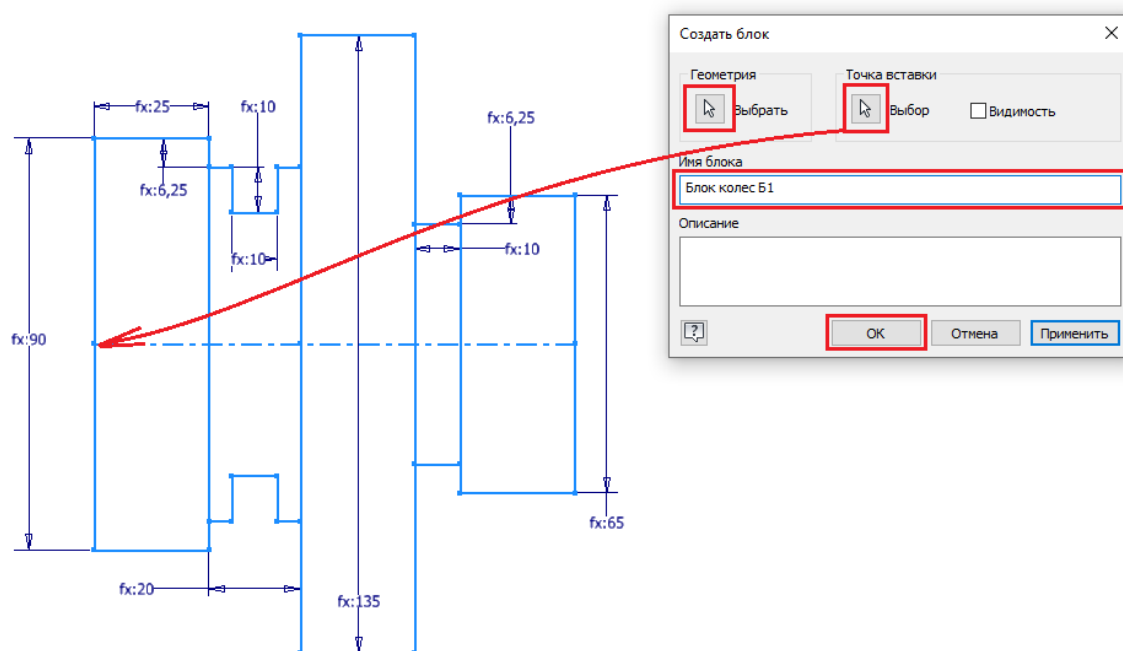


Рисунок 11.12 – Настройки окна для создания блока

Завершение работы с окном выполняется нажатием кнопки «ОК». В результате геометрия будет преобразована в блок, о чем появится соответствующая надпись в дереве построения модели и эскизе.

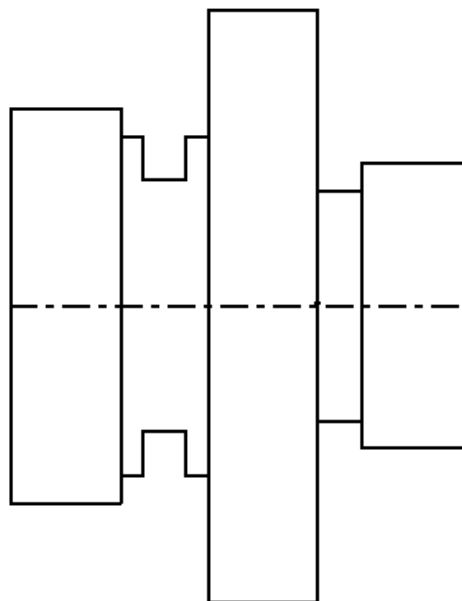
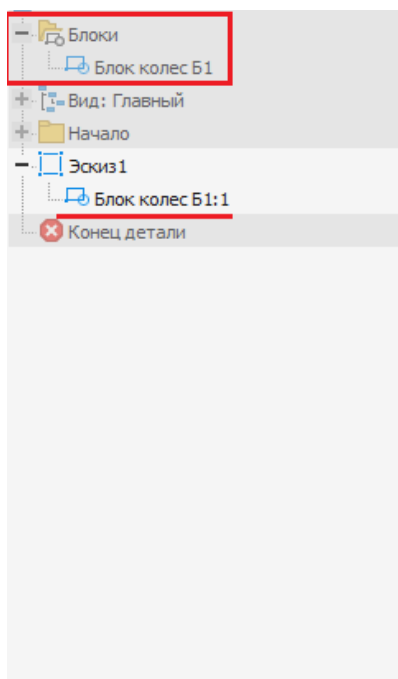


Рисунок 11.13 – Результат создания блока

Как видно из рисунка 11.13 все размеры, которые были ранее установлены для геометрии блока, перешли в него, и теперь системой Inventor блок будет обрабатываться как единый примитив, например отрезок или окружность.

В случае необходимости внесения изменений, потребуется выделить блок в рабочей области или дереве построения и при помощи двойного нажатия или вызова контекстного меню перейти к редактированию.

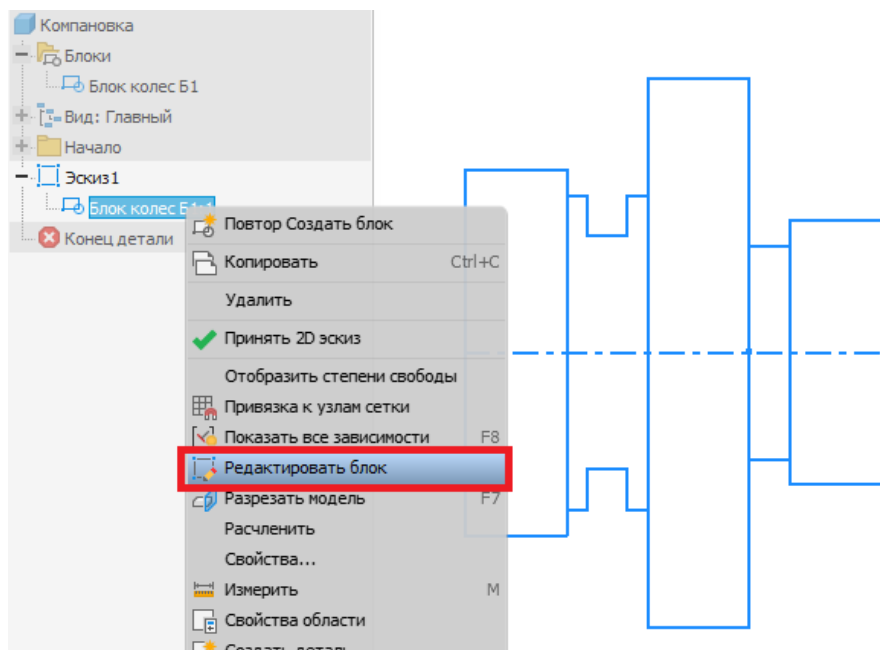


Рисунок 11.14 – Редактирование блока

В режиме редактирования блока все созданные ранее размерные зависимости будут видны.

Все вновь созданные блоки требуют редактирования, так как геометрия этих блоков не полностью определена относительно системы координат блока. Для этого необходимо перейти в режим редактирования блока, изучить существующие степени свободы и выполнить их ограничение. На рисунке 11.15 показаны степени свободы геометрии блока колес, а также указано количество размеров, которые необходимо нанести для ограничения. Следует заметить, что в рабочую область блока невозможно выполнять проецирование геометрии, в связи с чем базовой точкой, от которой будет происходить отсчет, может быть любая точка имеющихся примитивов и вместо создания двух размеров необходимо лишь зафиксировать координаты одной из точек, пример чего представлен на рисунке 11.16

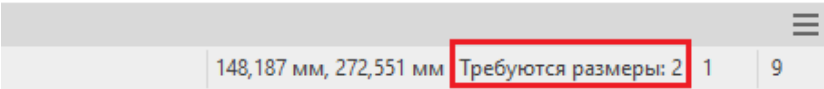


Рисунок 11.15 – Степени свободы геометрии блока

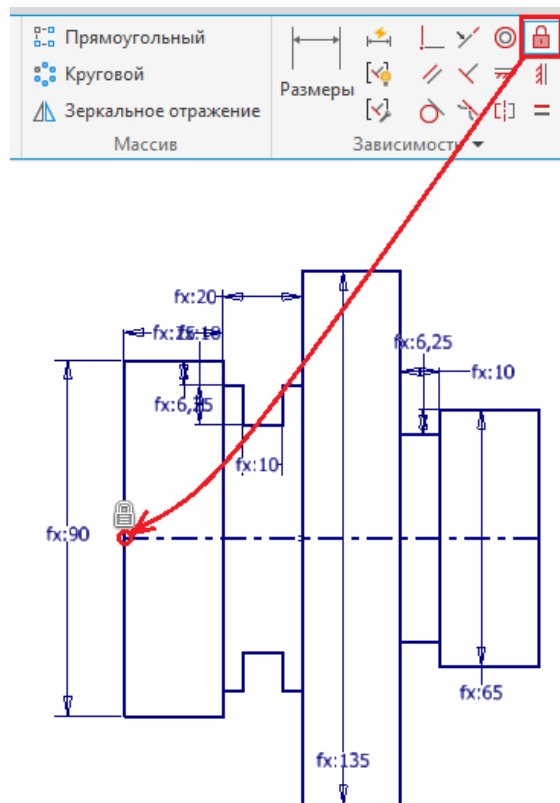


Рисунок 11.16 – Фиксация точки блока

В результате фиксации геометрия блока становится определенной, но только в редакторе блоков, то есть в своей системе координат, однако данное действие не влияет на положение блока в рамках системы координат эскиза, в связи с чем необходимо после закрытия редактора блоков произвести его привязку к точке начала глобальной системы координат. Как уже указывалось выше, блок является сложным примитивом, обрабатываемым программой как единое целое, и после преобразования геометрии эскиза в блок она становится несвязанной с глобальной системой координат, о чем свидетельствуют степени свободы блока, показанные на рисунке 11.17.

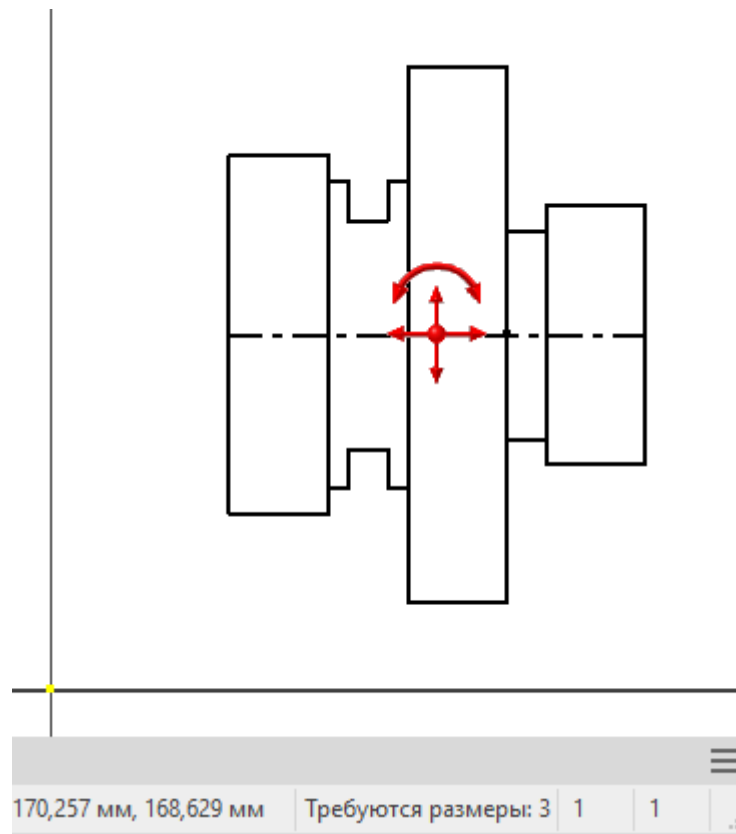


Рисунок 11.17 – Степени свободы блока в эскизе

Анализируя изображение на рисунке 11.17 можно увидеть, что созданный блок в рамках эскиза может перемещаться на плоскости, а также вращаться вокруг оси, перпендикулярной плоскости, определение же положения блока может быть выполнено при помощи геометрических и размерных зависимостей. Так, чтобы ограничить возможность поворота, необходимо наложить на ось блока зависимость горизонтальности, после чего указать совпадение точки начала координат со всем отрезком оси и последним действием определить размер смещения блока от точки начала координат по горизонтали, пример зависимостей и размера показан на рисунке 11.18.

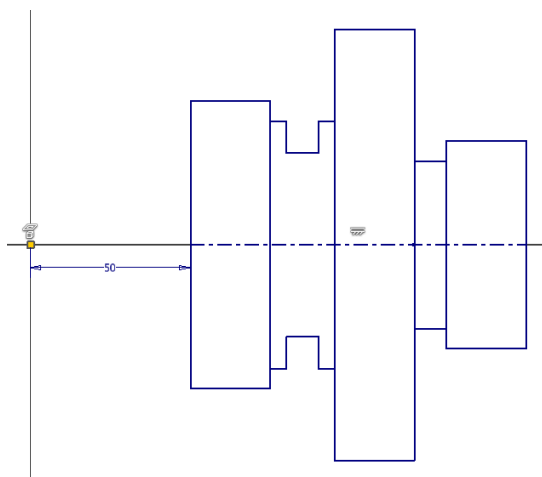


Рисунок 11.18 – Определение положение блока

Геометрия подвижного блока колес является основанием для построения остальных колес и определения их положения. Для этого по представленному алгоритму создаются три блока, каждый из которых будет содержать отдельное колесо. На первом этапе данные блоки будут представлять собой прямоугольники с осевой линией, размеры которых определяются переменным «bk» и «da2», «da4», «da6» соответственно. Оси созданных блоков должны располагаться на одной линии, которая смещена на межосевое расстояние (переменная «aw1») от оси подвижного блока колес, что показано на рисунке 2.16.

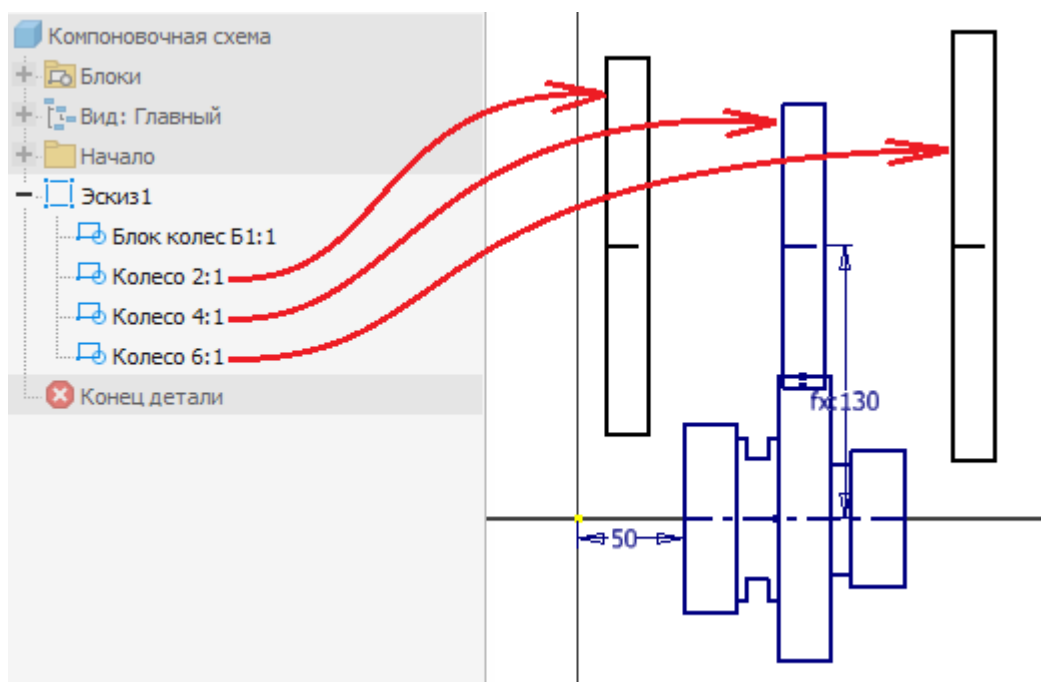


Рисунок 11.19 – Блоки зубчатых колес

При определении положения колеса 4 следует разметить его так, чтобы середины зубчатых венцов сопрягаемых колес находились на одной вертикальной линии. Следом конструктором определяется расстояния, на которых должны располагаться отдельные зубчатые колеса, а также конструктивные элементы колес в виде ступиц, их размеров и направления. Расстояние между колесами можно определить аналитически, оно должно позволять полностью вывести из зацепления подвижный блок колес при переключении передач с некоторым гарантированным зазором. При переключении передач в левую сторону расстояние между колесами можно определить по выражению:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.,

где **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.** – имя переменной, определяющей ширину зубчатого венца подвижного блока колес;

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования. – имя переменной, определяющей ширину канавки в месте переключения передач (данная переменная находится в блоке колес Б1 и определяется как **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.**);

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования. – имя переменной, определяющей гарантированный зазор между подвижным блоком колес и отдельными зубчатыми колесами при переключении передач (требует предварительного ввода в расчетную модель).

Предположим, что ступицы колес 2 и 4 должны располагаться навстречу друг другу. В таком случае длина участка ступицы, располо-

женная за зубчатым венцом, должна быть равна половине расстояния между колесами.

Диаметры ступиц определяются в зависимости от диаметров ступеней валов, для чего расчетная модель дополняется рядом переменных, позволяющих их определить.

Таблица 11.2 – Дополнение параметров расчетной модели

№ п/п	Имя переменной	Единица измерения	Значение/Формула	Примечание
1.	Ndv	бр	4,2	Мощность электродвигателя в кВт
2.	ndv	бр	720	Число оборотов двигателя число оборотов входного вала, об/мин.
3.	nvv	бр	$ndv / (z6 / z5)$	Минимальное число оборотов выходного вала, об/мин
4.	T1	Н м	$((9550 \text{ бр} * Ndv * 0,99 \text{ бр}) / ndv) * 1 \text{ Н м}$	Крутящий момент на входном валу
5.	T2	Н м	$T1 * (z6 / z5) * 0,99 \text{ бр} * 0,98 \text{ бр}$	Крутящий момент на выходном валу
6.	Tkr1	МПа	10	Допустимое напряжение кручения на входном валу
7.	Tkr2	МПа	15	Допустимое напряжение кручения на выходном валу
8.	dr1	мм	$(T1 / (0,2 \text{ бр} * Tkr1)) ^ (1 \text{ бр} / 3 \text{ бр})$	Расчетный диаметр выходного конца на входном валу
9.	dr2	мм	$(T2 / (0,2 \text{ бр} * Tkr2)) ^ (1 \text{ бр} / 3 \text{ бр})$	Расчетный диаметр выходного конца на выходном валу
10.	dp1	мм	32	Принимаемый диаметр выходного конца на входном валу в соответствии с рядом линейных размеров Ra40
11.	dp2	мм	40	Принимаемый диаметр выходного конца на выходном валу в соответствии с рядом линейных размеров Ra40
12.	dpp1	мм	35	Диаметр ступени под подшипник входного вала, определяется пользователем с условием кратности 5
13.	dpp2	мм	45	Диаметр ступени под подшипник выходного вала, определяется пользователем с условием кратности 5
14.	dpk1	мм	40	Диаметр вала под колесом с учетом способа соединения вала со ступицей
15.	dpk2	мм	50	Диаметр вала под колесом с уче-

№ п/п	Имя переменной	Единица измерения	Значение/Формула	Примечание
				том способа соединения вала со ступицей
16.	ls2	мм	$1,0 \text{ бр} * \text{dpk2}$	Минимально возможная длина ступицы колес на выходном валу
17.	ds2	мм	$1,5 * \text{dpk2}$	Диаметр ступиц колес на выходном валу
18.	a1	мм	10	Гарантированный зазор при переключении передач

После определения всех необходимых размеров блоки отдельных колес могут быть отредактированы следующим образом: в редакторе блоков к каждому колесу добавляется прямоугольник, размеры которого определяются аналитически. Так размер, определяющий диаметр, зависит от переменной **«Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.»**, а переменная, определяющая длину участка описана выше. В результате блоки колес примут вид, показанный на рисунке 11.20.

Кроме управляющих параметров пользователь может внедрять в блок справочные переменные, например, справочный параметр **«Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.»**, который необходим для облегчения контроля и проверки выполнения условия минимальной длины ступицы.

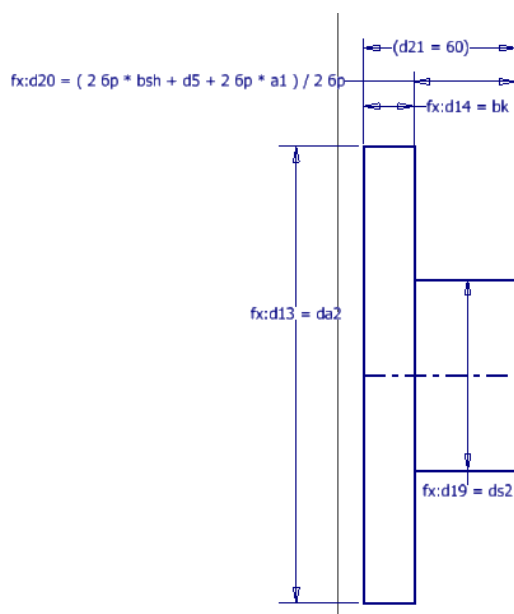


Рисунок 11.20 – Изменение блока отдельного колеса

Аналогичные изменения выполняются во всех колесах. После доработки геометрии блоков колес производится их расположение. Для колеса 2 и 4 достаточно просто совместить торцы ступиц, расстояние между колесом 4 и 6 определяется аналитически при помощи размерной зависимости:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.,

где **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.** – имя переменной, определяющей ширину канавки для выхода долбяка.

Пример выполненных действий показан на рисунке 11.21.

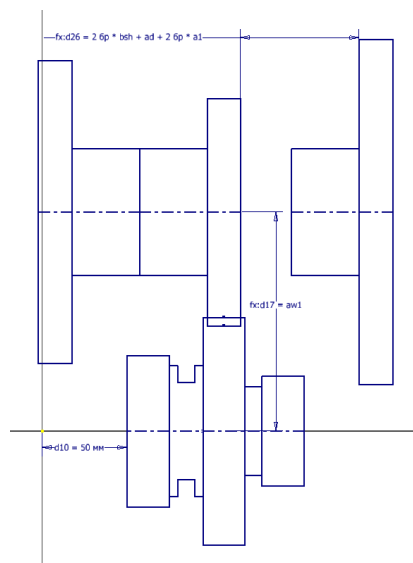


Рисунок 11.21 – Вид и расположение колес на данном этапе

Показанный пример позволяет производить корректировки всей геометрии при изменении одного исходного параметра за счет наличия расчетной модели и аналитического определения параметров. Например, в процессе проведения проверочных расчетов может быть выявлена необходимость увеличения ширины зубчатых венцов. Для этого производится изменение значения переменной «**Ошибка! Объект не может**

быть создан из кодов полей редактирования.» и перестроение всей геометрии блоков, пример чего показан на рисунке 11.22.

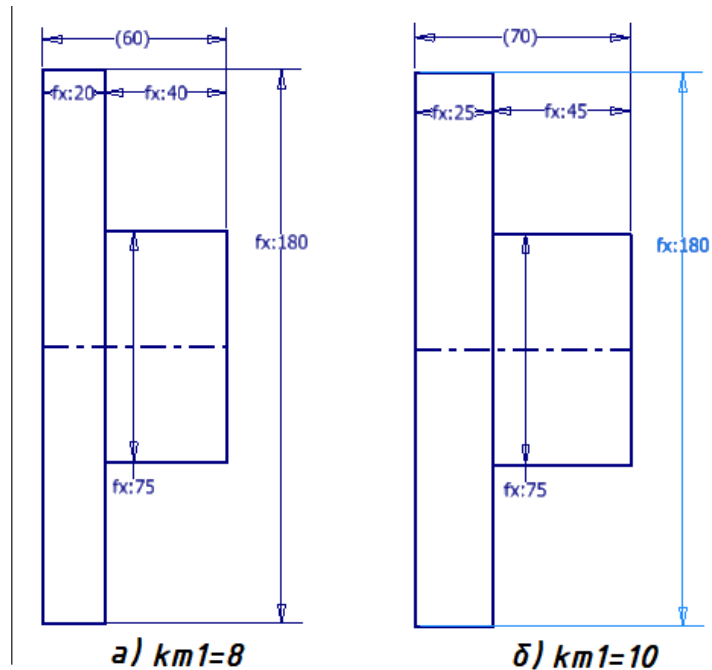


Рисунок 11.22 – Вид и расположение колес на данном этапе

ЗАДАНИЯ

Разработать компоновку блока зубчатых передач по предоставленной преподавателем кинематической схеме.

Разработать математическую модель расчета основных геометрических параметров элементов блока зубчатых передач

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по практическому занятию студент предоставляет файл 3D-модели с компоновкой блока зубчатых передач и математической моделью расчета основных геометрических параметров.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите преимущества методики нисходящего проектирования
2. Опишите способы организации нисходящего проектирования

3. Опишите алгоритм построения компоновки изделия на основе блоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Косолапов, В. В. Компьютерная графика. Решение практических задач с применением САПР AutoCAD : учебно-методическое пособие / В. В. Косолапов, Е. В. Косолапова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 117 с. — ISBN 978-5-4486-0794-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85748.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

3. Феоктистова, А. А. Основы 2D- и 3D-моделирования в программе AutoCAD : учебное пособие / А. А. Феоктистова, О. Л. Стаселько. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. — 103 с. — ISBN 978-5-9961-1617-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83707.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

12 Практическое занятие «Компоновка типовых деталей машин в условиях нисходящего проектирования»

Цель работы: изучение методики проектирования типовых деталей машин в условиях распределенного проектирования.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью изучения методик эффективной работы в рамках организаций, распределенных географически, с возможностью организации только онлайн связи. Знания, полученные в процессе выполнения лабораторной работы, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

На основе имеющихся блоков и их расположения возможно предварительное построение геометрии валов с последующей оценкой принятых решений.

Для построения валов в расчетную модель необходимо ввести две дополнительных переменных, определяющих максимальный габаритный размер передач первой множительной группы и зазор между крайними колесами и корпусом.

Таблица 12.1 – Дополнение параметров расчетной модели

№ п/п	Имя переменной	Единица измерения	Значение/Формула	Примечание
1.	Lm	мм	$a_{w1} + ((d_{a3} + d_{a6}) / 2 b_p)$	Максимальный габаритный размер 1-множительной группы. Необходимо для определения зазора между корпусом и крайними зубчатыми венцами
2.	lz	мм	$\text{ceil}((L_m / 1 \text{ мм}) ^ (1 b_p / 3 b_p)) * 1 \text{ мм} + 3 \text{ мм}$	Зазор между корпусом и крайними зубчатыми венцами округленный до ближайшего большего значения.

После определения указанных параметров необходимо построить

два отрезка, определяющих внутренние границы корпуса и задать расстояние между данными отрезками и крайними колесами. После этого для удобства удалить размер «**Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.**», определяющий смещение подвижного блока колес от начала координат эскиза и совместить один из отрезков внутренней стенки корпуса с началом координат, как показано на рисунке (Рисунок 12.1).

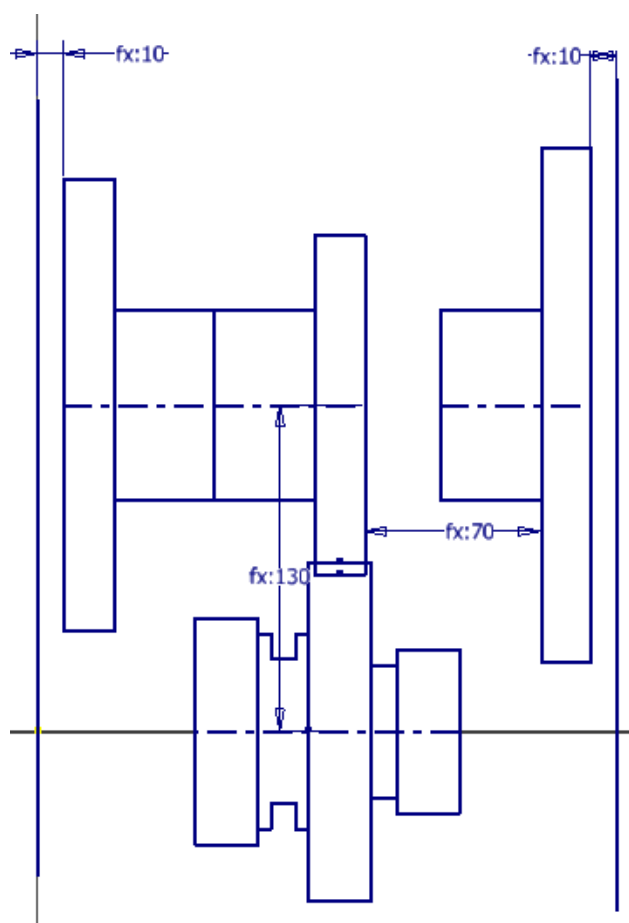


Рисунок 12.1 – Переопределение положения элементов компоновки

Следующим этапом конструктор предварительно определяется конструкция одного из валов и производит аналитический расчет длин его ступеней. Рассмотрим процесс расчета на примере выходного вала. Так, на вал устанавливаются три колеса, два из - которых 2 и 4 с левой стороны до упора в буртик, а колесо 6 - с правой стороны до упора в

буртик. Фиксация колес на валу в осевом направлении будет осуществляться при помощи металлических втулок. Эскиз формы описанного вала представлен на рисунке 12.2.

Диаметры ступеней на текущем этапе определены и могут быть взяты из расчетной модели, осевые же размеры вала можно задать двумя способами: первый способ заключается в ручном измерении расстояний между примитивами уже существующих блоков с последующим нанесением полученных результатов на примитивы вала; второй способ заключается в аналитическом определении длин ступеней на основе параметров, управляющих размерами блоков.

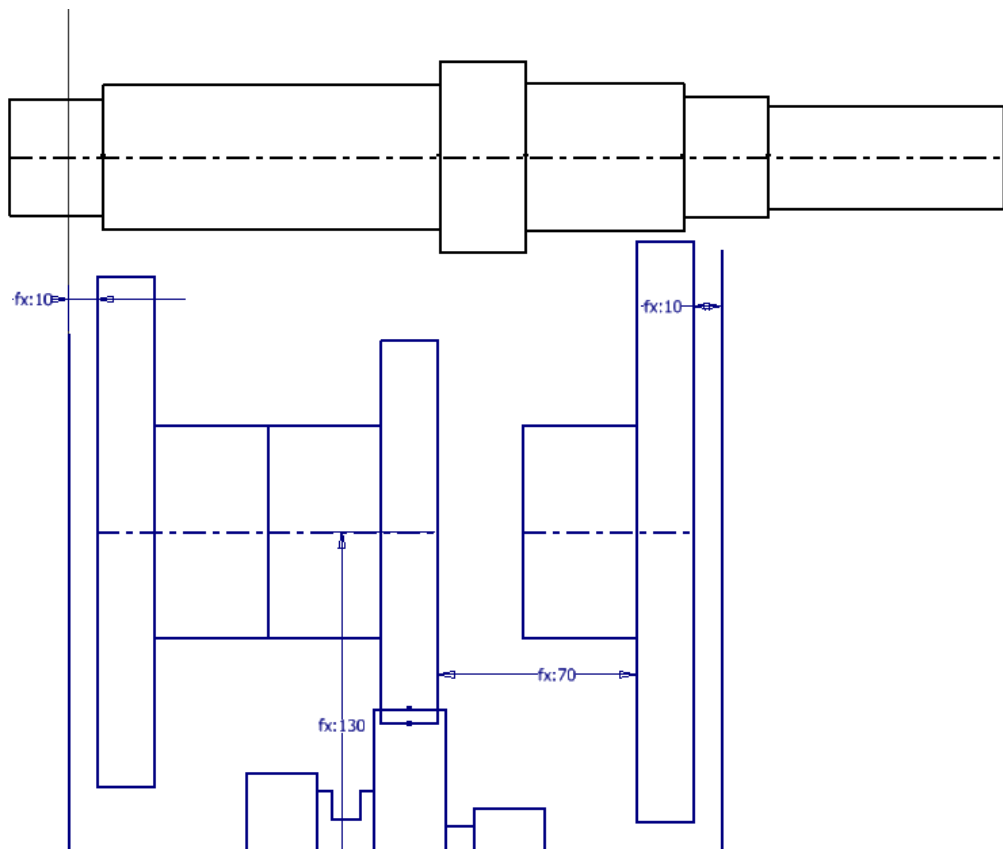


Рисунок 12.2 – Ориентировочный вид выходного вала

Первый способ позволяет достаточно быстро построить блок, однако, при необходимости внесения изменений потребует повторения процедуры измерения расстояний. Второй способ более трудоемкий, но позволит в будущем устранить необходимость ручной корректировки

размеров.

Рассмотрим второй способ. Так как положение вала в сборке будет определяться буртиком, то и расчет начинается с его длины, которая является разностью переменной, определяющей положение блока колеса 6 и длиной участка его ступицы. Имена этих переменных **«Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.»** и **«Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.»** соответственно. Для определения имен переменных необходимо включить соответствующий режим в строке состояния эскиза и изучить имеющиеся переменные (Рисунок 12.3).

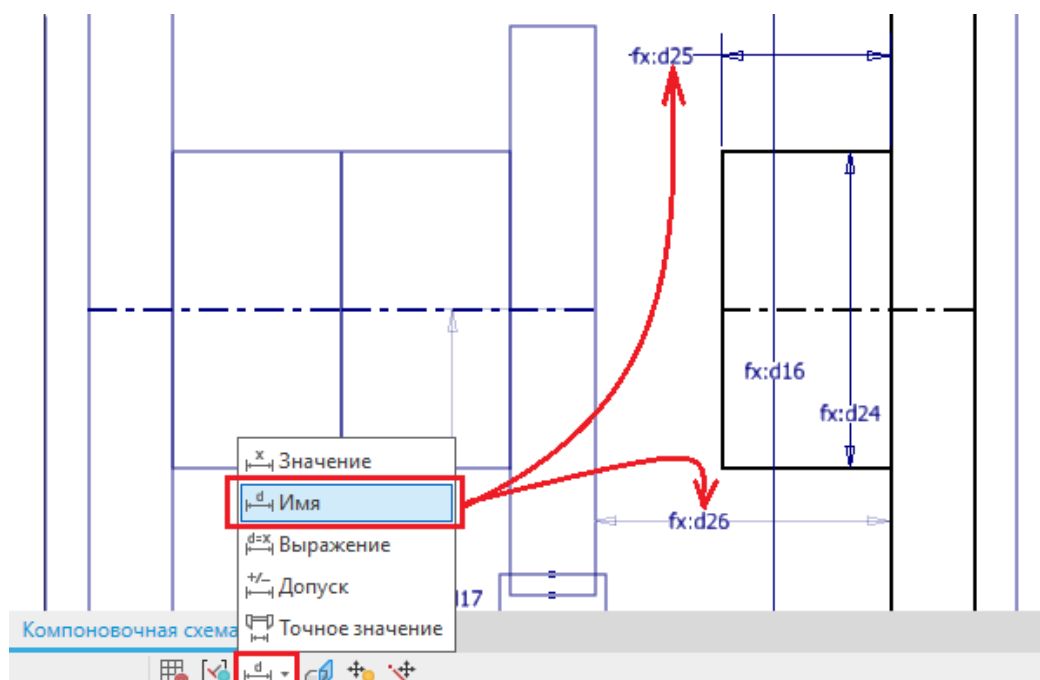


Рисунок 12.3 – Определение имен переменных

Следует отметить, что при аналитическом вычислении размеров блоков лучше использовать только управляющие параметры (пользовательские или параметры модели) и избегать использования ссылочных (контрольных параметров), так как использование последних может привести к появлению цикличности зависимостей, которая не позволяет производить вычисления и геометрическую привязку блоков.

Следующая за буртиком ступень не доходит до торца колеса 6 на

2-3 мм и определяется по выражению:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.,

где **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.** – имя переменной из расчетной модели, определяющей ширину зубчатого венца колеса.

Так как на данном этапе не понятен размер подшипника и крышки, следующий участок определяется ориентировочно с уточнением на последующих итерациях. Выражение для его определения:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.,

где **Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.** – ширина подшипника, пока неизвестная и принятая условно равной 20 мм;

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования. – размер от торца подшипника до конца ступени, пока неизвестен и принят условно равным 20 мм.

Параметры x и y могут быть заданы как в числовом выражении, так и введены в качестве переменных в расчетную модель, однако на практике как правило вводится вручную и уточняются по мере проработки геометрии.

Выходная ступень вала принимается в соответствии с ГОСТ 12080-66 или иным конструктивным соображениям.

Размеры вала в обратную сторону также определяется аналитически. Ступень для установки колес 2 и 4 по выражению:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования..

Длина ступени под подшипник:

Ошибка! Объект не может быть создан из кодов полей редактирования.

Вид вала, преобразованного в блок, с указанием зависимостей для определения его размеров показан на рисунке 12.4.

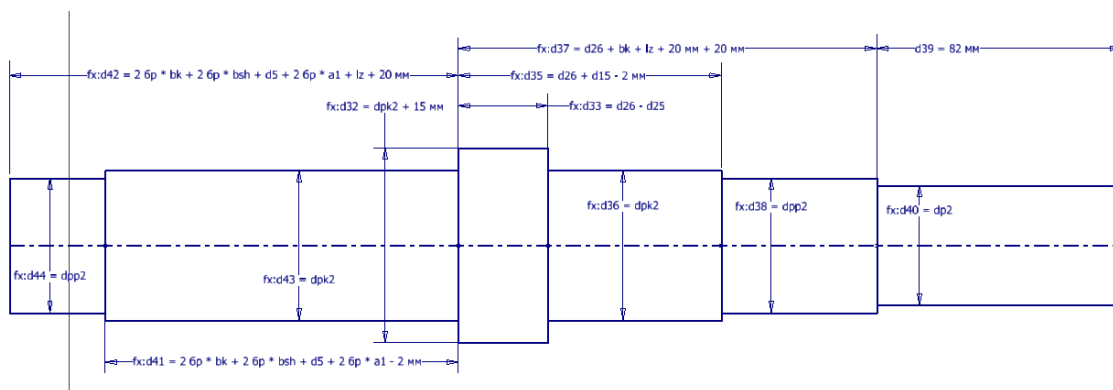


Рисунок 12.4 – Зависимости размеров вала

Завершается работа с данным блоком определением при помощи геометрических зависимостей его расположения относительно остальных блоков, пример чего продемонстрирован на рисунке 12.5

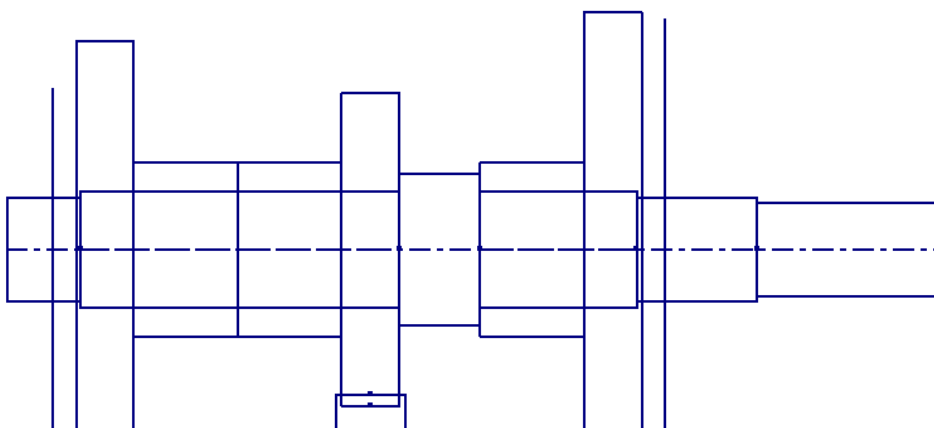


Рисунок 12.5 – Расположение выходного вала

Входной вал проектируется и размещается аналогичным образом с определением места привязки и расчетом длин. Пример компоновки после создания вала показан на рисунке 12.6

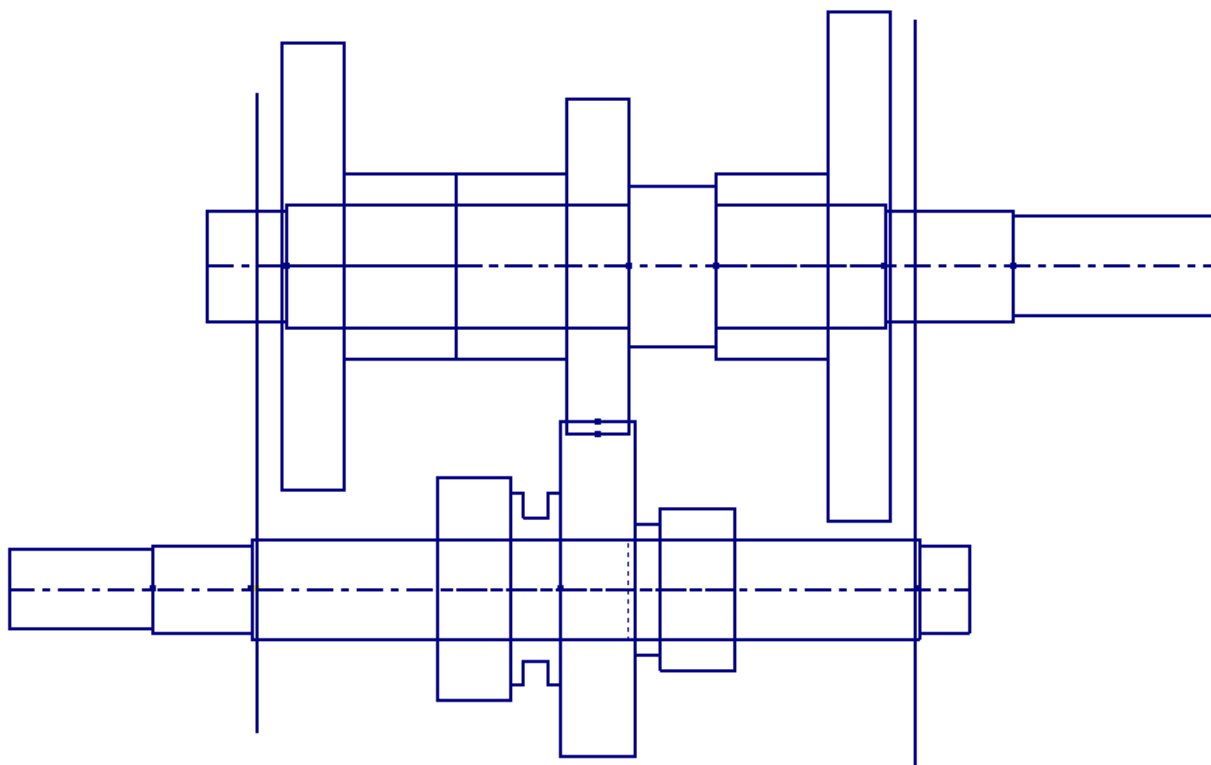


Рисунок 12.6 – Пример компоновки с входным валом

Финальным действием на данной итерации является создание и вставка в компоновку блоков с втулками для фиксации колес на выходном валу (Рисунок 12.7).

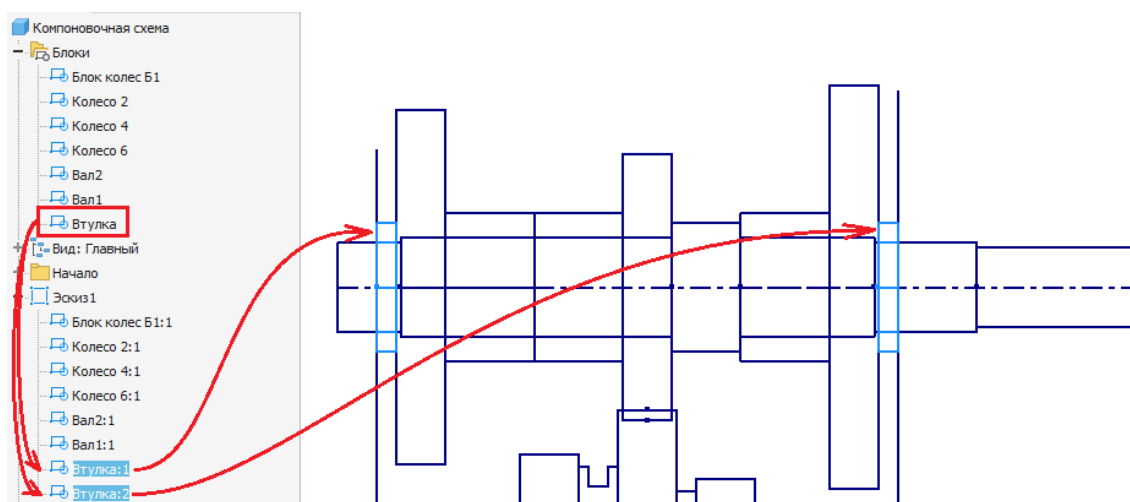


Рисунок 12.7 – Блоки втулок

Так как в рассматриваемом случае втулки являются одинаковыми, создается только один блок, который дважды вставляется в эскиз. При этом следует отметить, что в рассматриваемом случае линия внутренней

стенки корпуса будет лежать в одной плоскости с торцевой поверхностью подшипники, в результате чего соприкосновения вращающихся частей с корпусом не произойдет.

Пример установки подшипников на данном валу показан на рисунке 12.8

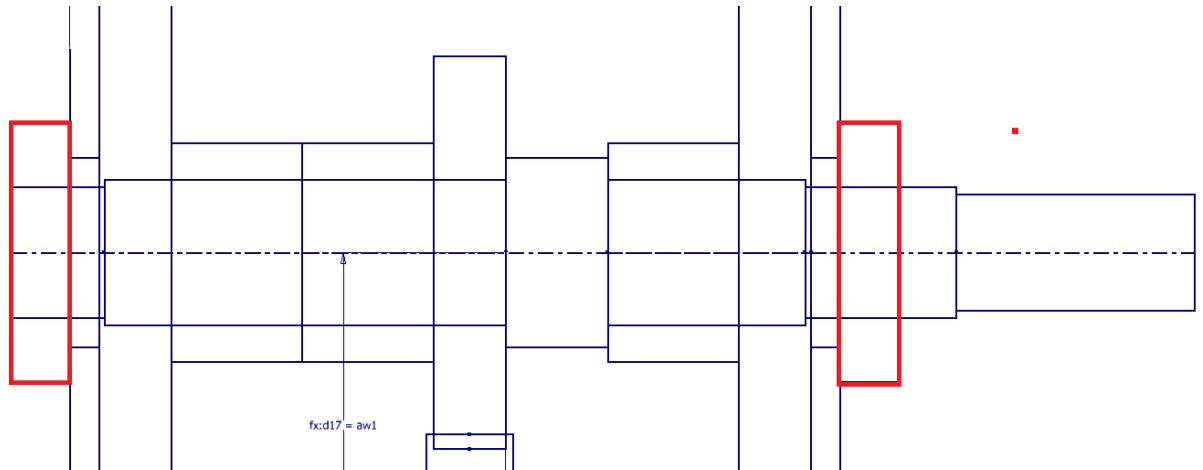


Рисунок 12.8 – Предполагаемое расположение подшипников

После создания втулок на текущей итерации можно считать компоновочную схему завершенной и переходить к ее преобразованию в сборочную единицу с преобразованием блоков в отдельные детали.

Алгоритм создания вала:

1. Распознавание существующей геометрии и автоматическое построение базовой модели.
2. Создание конструктивных элементов на торцах ступени и определение их свойств.
3. Создание конструктивных элементов на теле ступени и определение их свойств.
4. Повторение шагов 4 и 5 на всех, требующих того ступенях.
5. Размещение модели вала с привязкой к элементам компоновочной схемы.

Рассмотрим особенности процесса создания вала при помощи данного алгоритма на примере сборочной модели редуктора, построенной

на основе компоновочной схемы (Рисунок 12.9).

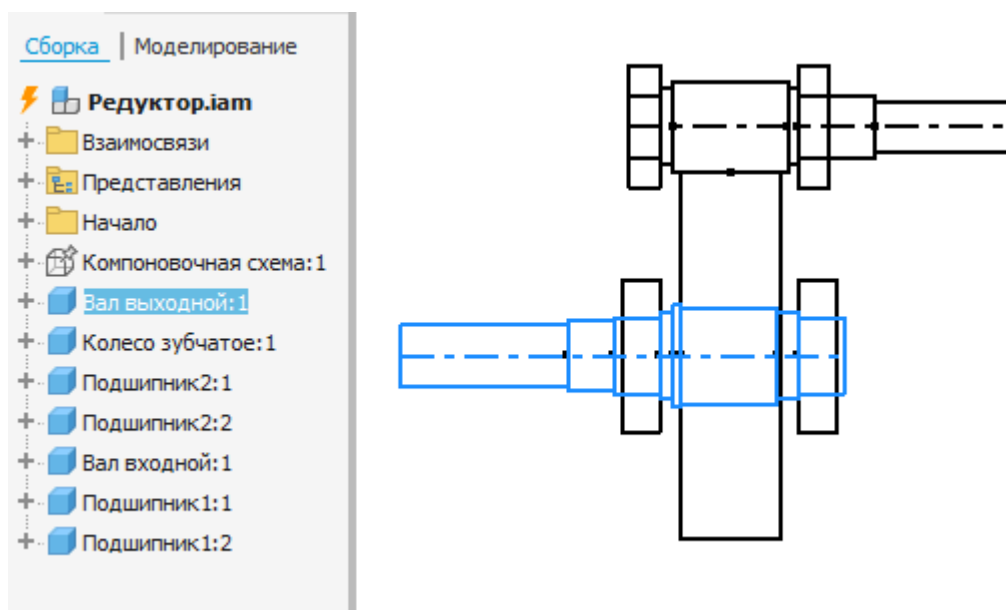


Рисунок 12.9 – Компоновочная схема редуктора

Исходными данными для работы по представленному выше алгоритму является эскизная геометрия, содержащаяся в различных деталях. Примером такой геометрии может являться файл модели, содержащий эскиз с блоками в виде отдельных деталей, которые в последующем преобразуются в сборочную модель. Так сборочная модель, показанная на рисунке 12.9, представляет собой набор файлов моделей, полученных путем преобразования блоков эскиза файла компоновочной схемы в отдельные детали.

Сразу после создания сборки, содержащей необходимую геометрию, можно переходить к работе с генератором. Отрыв окно генератора валов необходимо активировать функцию «Указать вал, выбрав геометрию в сборке» (Рисунок 12.10).

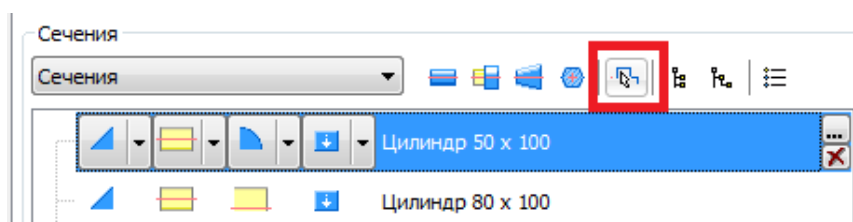


Рисунок 12.10 – Расположение функции «Указать вал, выбрав геометрию в сборке»

В результате активации функции окно генератора скроется, а его работа переведется в режим определения геометрии, находясь в котором пользователю необходимо подвести указатель мыши к требуемой геометрии, дождаться ее подсветки и нажать левую клавишу мыши (Рисунок 12.11).

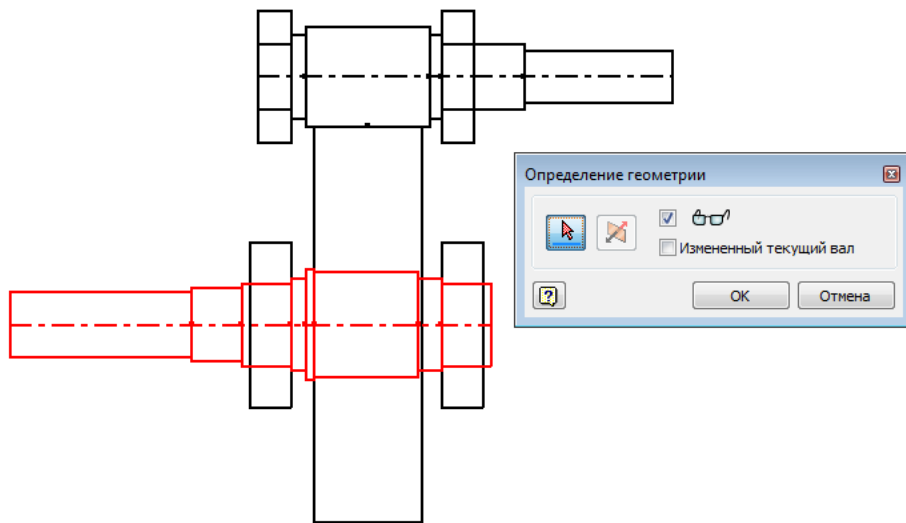


Рисунок 12.11 – Режим определения геометрии

В случае корректного считывания эскизной геометрии в рабочей области появится фантомное изображение вала, контуры которого совпадают с геометрией эскиза, пример чего показан на рисунке 12.12.

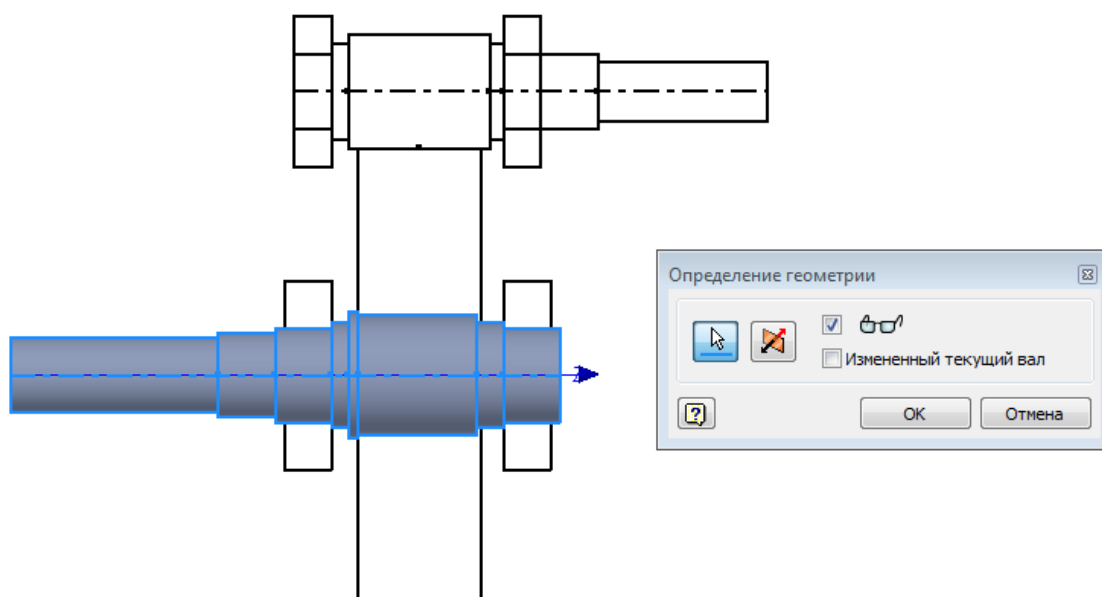


Рисунок 12.12 – Предварительный вид модели вала

Корректной будет считаться только та геометрия, которая содержит осевую линию. Кроме того, по возможности эскиз должен содержать контуры только одного вала с одной осевой линией.

Завершение работы в режиме определения геометрии осуществляется нажатием кнопки «ОК», после чего производится возврат к окну генератора, в области сечений которого определены основные параметры ступеней (Рисунок 12.13).

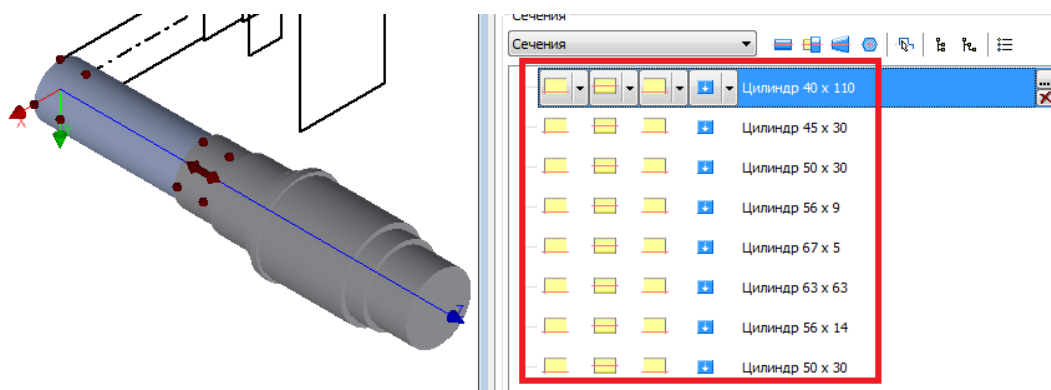


Рисунок 12.13 – Ступени после считывания

Далее идут уже известные действия по добавлению конструктивных элементов на торцы ступеней и их тела. Работа с генератором завершается аналогично диалоговому режиму.

Следует отметить, что показанный алгоритм позволяет выполнить только автоматизированное считывание параметров ступени, без размещения вала на компоновочной схеме. Размещение же производится после завершения работы с генератором, вставки вала в произвольном месте сборки, при помощи сборочных зависимостей или соединений. Во время работы со сборочными зависимостями эскизная геометрия уже может выступать в качестве элементов, ограничивающих положение вала в сборочной модели. Пример набора зависимостей при совмещении оси вала, созданного генератором, и оси вала в эскизной геометрии показан на рисунке 12.14.

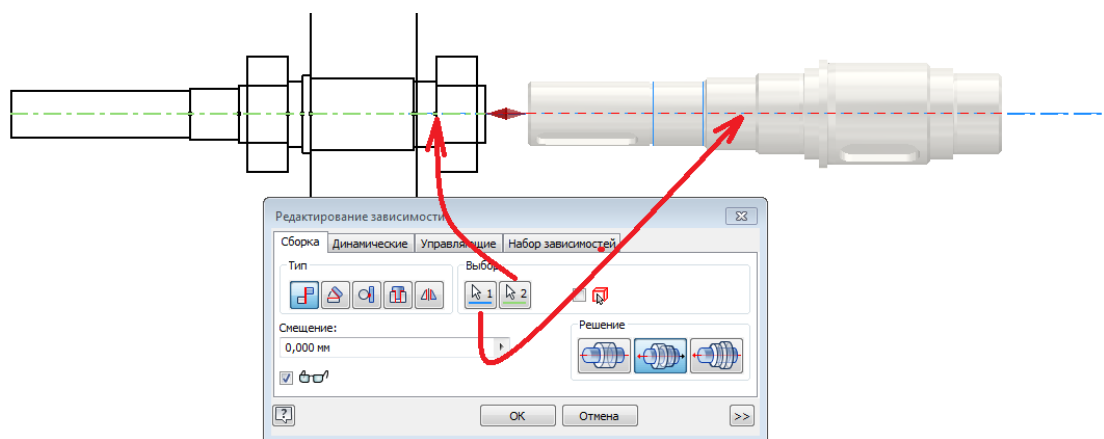


Рисунок 12.14 – Совмещение осей вала

Еще в качестве одной важной особенности работы по данному алгоритму необходимо указать возможность учета итерационного характера процесса проектирования, так в случае изменения размеров каких-либо ступеней, можно автоматически перестроить вал и все конструктивные элементы на нем. Например, в случае, если длина и диаметр выходного конца вала в будущем изменены в компоновочной схеме, не возникнет необходимости в ручной корректировке параметров в генераторе. Будет достаточным открыть генератор и заново считать параметры геометрии с включенной опцией «Измененный текущий вал». В против-

ном случае произойдет удаление текущих ступеней и конструктивных элементов на них и создание новых. Пример измененной геометрии показана на рисунке 12.15. На рисунке 3.8 показан процесс считывания параметров с включенной опцией изменения существующего вала. Результат принятия изменений продемонстрирован на рисунке

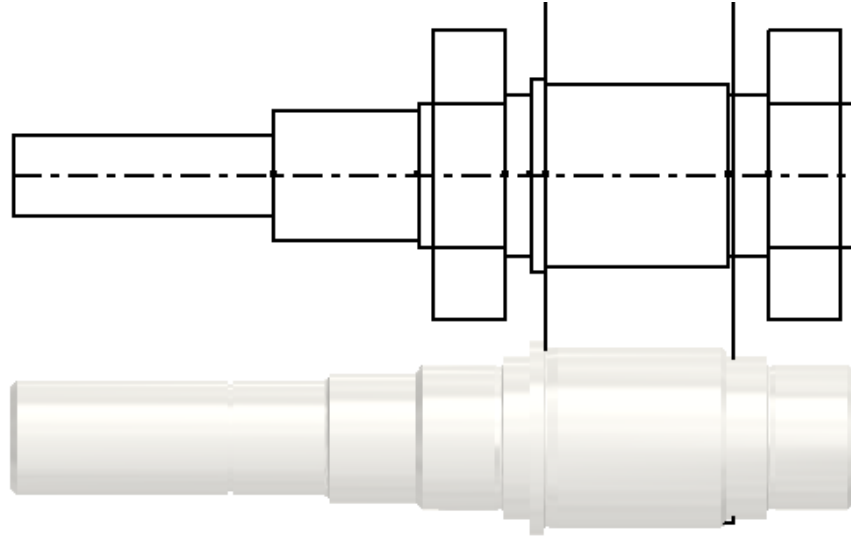


Рисунок 12.15 – Изменение параметров ступени в компоновочной схеме

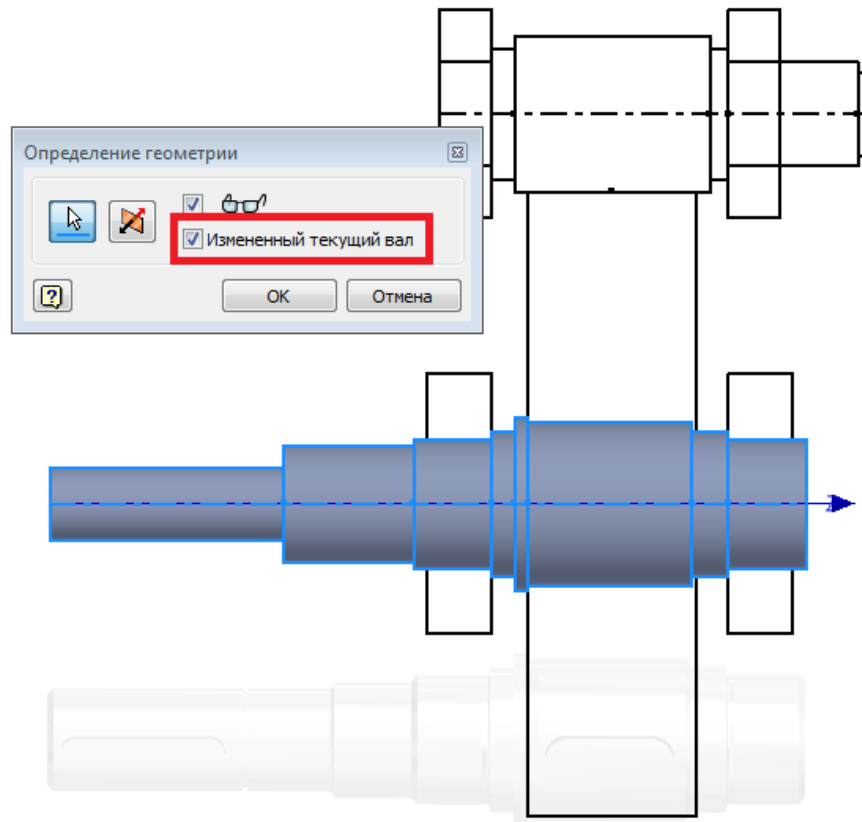


Рисунок 12.16 – Считывание параметров

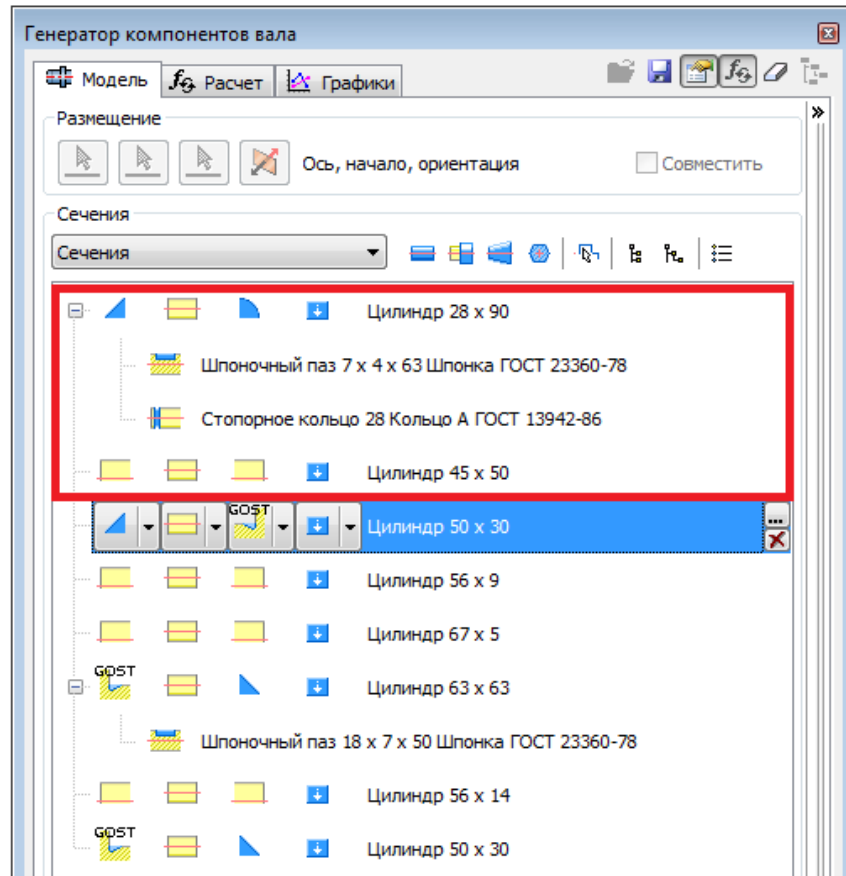


Рисунок 12.17 – Результаты уточнения параметров вала

Все вышеописанное позволяет сделать вывод о применимости предложенного алгоритма преимущественно при организации процесса нисходящего проектирования.

ЗАДАНИЯ

Выполнить проектирование валов в предложенном файле модели.

Дополнить расчетную модель механизма с учетом параметров валов.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по практическому занятию студент предоставляет файл 3D-модели с компоновкой блока зубчатых передач, валов и иных необходимых деталей, а также доработанной математической моделью расчета основных геометрических параметров.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключаются преимущества использования какой-либо методики организации процесса проектирования при доработке компоновок других участников процесса.
2. Опишите принцип определение размеров деталей в компоновке при наличии блоков.
3. Проблема параметризации в виде циклических зависимостей на примере компоновок на основе блоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Косолапов, В. В. Компьютерная графика. Решение практических задач с применением САПР AutoCAD : учебно-методическое пособие / В. В. Косолапов, Е. В. Косолапова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 117 с. — ISBN 978-5-4486-0794-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85748.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Феоктистова, А. А. Основы 2D- и 3D-моделирования в программе AutoCAD : учебное пособие / А. А. Феоктистова, О. Л. Стаселько. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. — 103 с. — ISBN 978-5-9961-1617-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83707.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

13 Практическое занятие «Преобразование модели с компоновкой в сборочную модель».

Цель работы: изучение методики выделения моделей отдельных деталей их компоновочной геометрии.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью изучения методик эффективной работы в рамках организаций, распределенных географически, с возможностью организации только онлайн связи. Знания, полученные в процессе выполнения лабораторной работы, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Преобразование компоновочной схемы в сборочную модель осуществляется при помощи функции «Создать компоненты», расположенной на панели инструментов «Подоснова» во вкладке «Управление» (Рисунок 13.1).

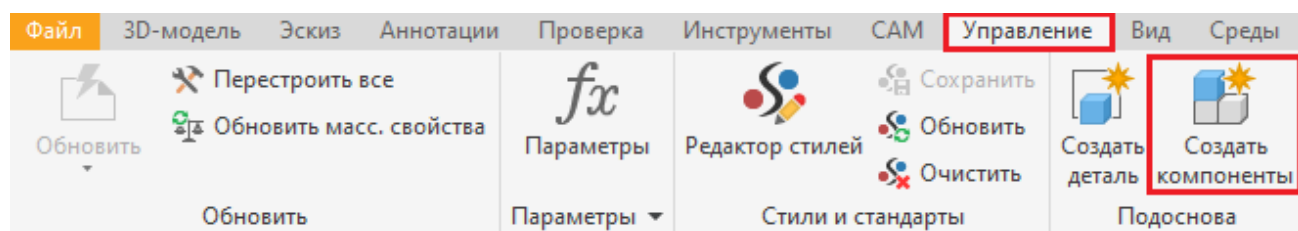


Рисунок 13.1 – Расположение функции «Создать компоненты»

Следует заметить, что перед активацией функции и работой с ней необходимо проверить компоновочную схему на предмет определенности положения ее элементов. В случае если положение блоков в компоновочной схеме будет не определено, либо определено не полностью, после преобразования часть созданных деталей будет иметь излишние степени свободы, устранение которых может быть произведено только

при помощи сборочных зависимостей.

В случае полного определения геометрии и активации функции «Создать компоненты» перед пользователем откроется одноименное окно (Рисунок 13.2).

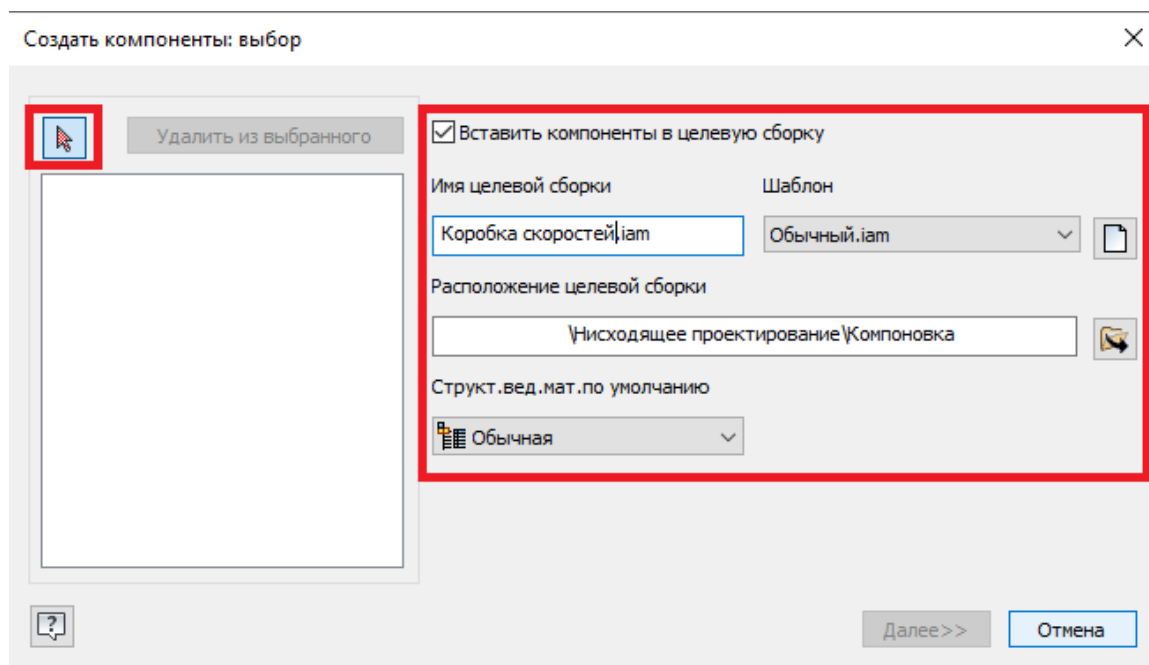


Рисунок 13.2 – Окно функции «Создать компоненты»

Команда «Создать компоненты» позволяет преобразовывать в детали только отдельные блоки и тела, для этого в появившемся окне необходимо активировать выбор преобразуемых элементов при помощи пиктограммы с иконкой указателя мыши, после чего выбрать требуемые блоки.

Выбор блоков может осуществляться в рабочей области, либо в браузере модели, путем нажатия левой кнопки мыши (Рисунок 13.3) или выделением области, содержащей необходимые блоки. Сами блоки могут принадлежать различным эскизам.

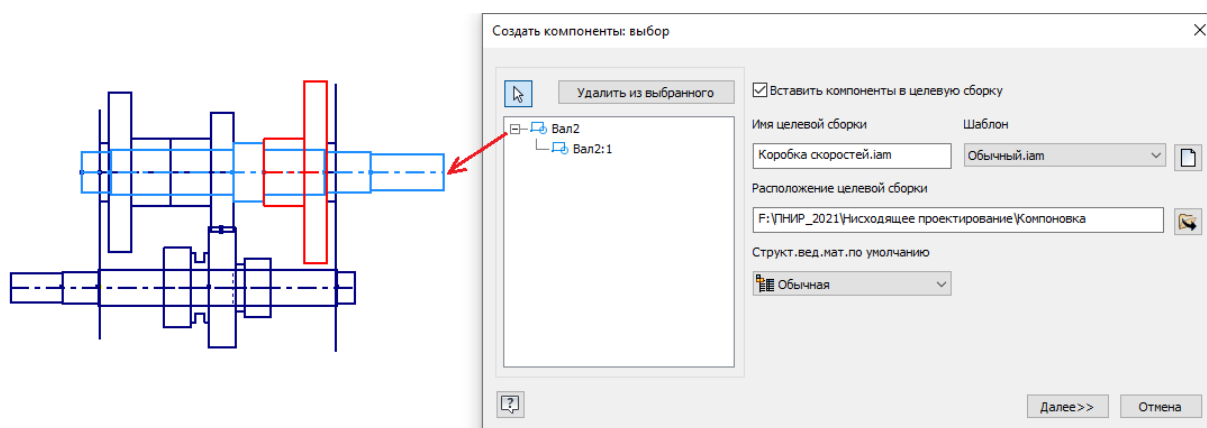


Рисунок 13.3 – Выбор блоков

После выбора всех необходимых блоков (или же комбинации из блоков и твердых тел), производится определение имени и шаблона целевой сборки (сборки верхнего уровня), а также путь ее сохранения и структура спецификации (Рисунок 13.4).

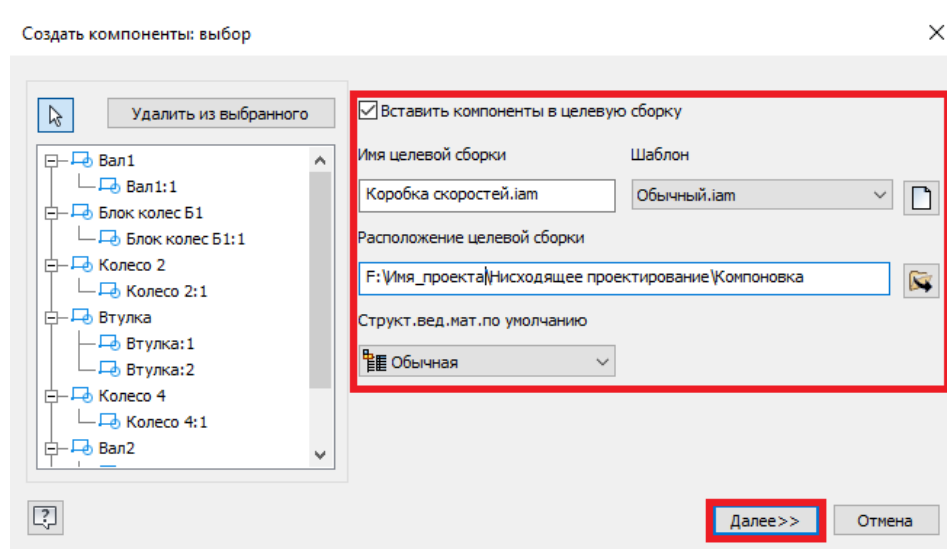


Рисунок 13.4 – Пример настройки параметров целевой сборки

Данная область не требует настроек за исключением имени целевой сборки если работа производится в рамках предварительно настроенного проекта и отсутствии специализированных шаблонов. Кроме того из рисунка 13.4 видно, что в случае использования в рамках компоновочной схемы нескольких одинаковых блоков системой будет создана одна деталь, а в целевой сборке размещены несколько ее экземпляров, как например, блок разделительной втулки, который используется в

компоновочной схеме дважды.

Продолжение работы по преобразованию осуществляется при помощи кнопки «Далее» которая открывает окно с возможностью настройки каждого преобразуемого блока (Рисунок 13.5).

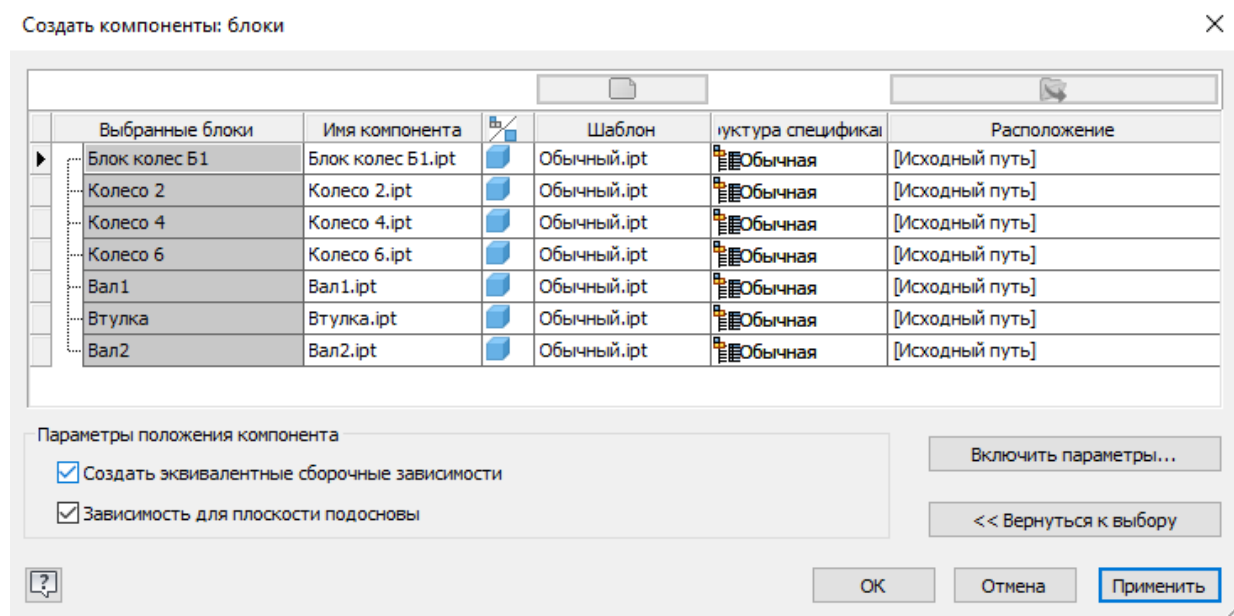


Рисунок 13.5 – Настройки преобразуемых блоков

В представленном окне пользователь имеет возможность определить имя файла детали, созданной на основе блока, ее шаблон и структуру спецификации, а также путь для расположения элементов, которые по умолчанию будут сохранены в корневом каталоге проекта. Примером изменения структуры спецификации могут служить валы, которые и после преобразования не будут изменяться при помощи обычных инструментов моделирования, а будут созданы на основе существующей геометрии при помощи генератора валов. В связи с этим преобразуемые блоки валов не должны включаться в спецификацию, а их имена могут быть изменены для лучшей идентификации их как вспомогательного элемента, как показано на рисунке 13.6.

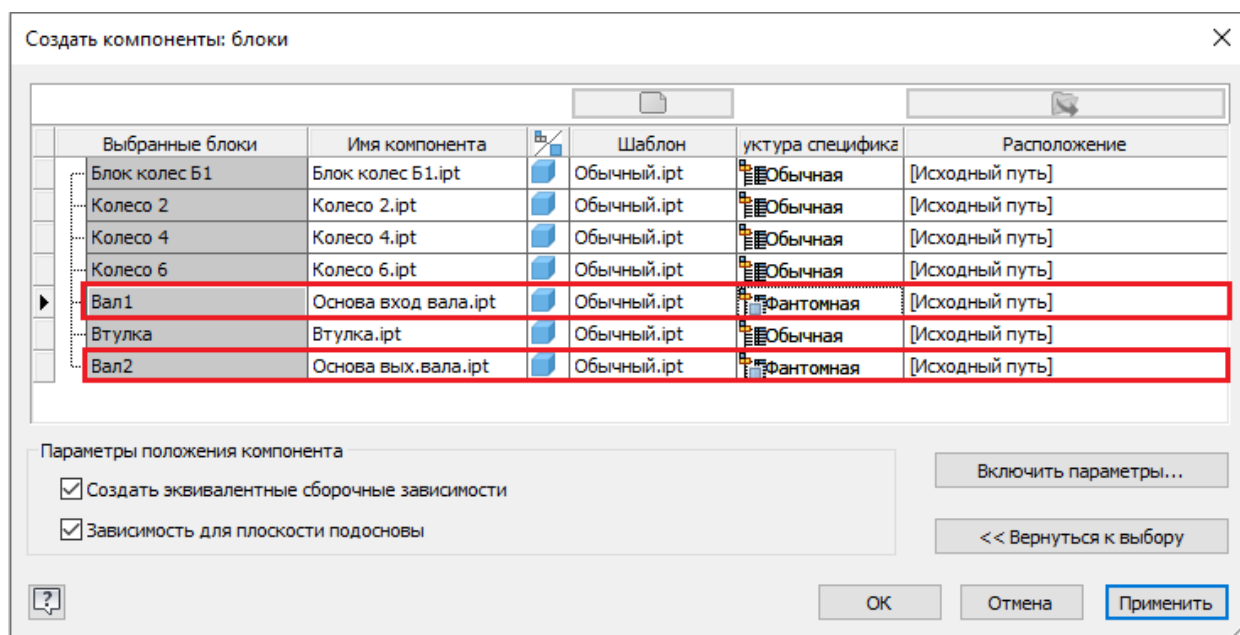


Рисунок 13.6 – Настройки преобразования валов

Кроме того в нижней части окна (Рисунок 13.5) имеются возможности настройки положения компонентов в целевой сборке, за которые отвечают функции «Создать эквивалентные сборочные зависимости» и «Зависимость для плоскости подосновы». В случае полного определения положения блоков в эскизе компоновочной схемы включение этих функций позволит ограничить все 6 степеней свободы для каждой детали, и положением деталей в сборке будет управлять компоновочная схема. Если же положение блоков будет ограничено не полностью, активация данных функций не приведет к полному определению деталей в сборке.

Преобразование с отключенными функциями оставит для каждой детали все 6 степеней свободы.

Кнопка «Включить параметры...» позволяет производить настройку параметров из расчетной модели которые будут перенесены в создаваемые детали. Однако следует отметить, что параметры будут перенесены в файлы деталей, а не целевую сборочную модель.

Завершается работа с преобразованием нажатием кнопки «ОК» в

результате чего создается и открывается сборочная модель и набором преобразованных деталей, и компоновочной схемой, служащей подосновой. Пример преобразования представлен на рисунке 13.7

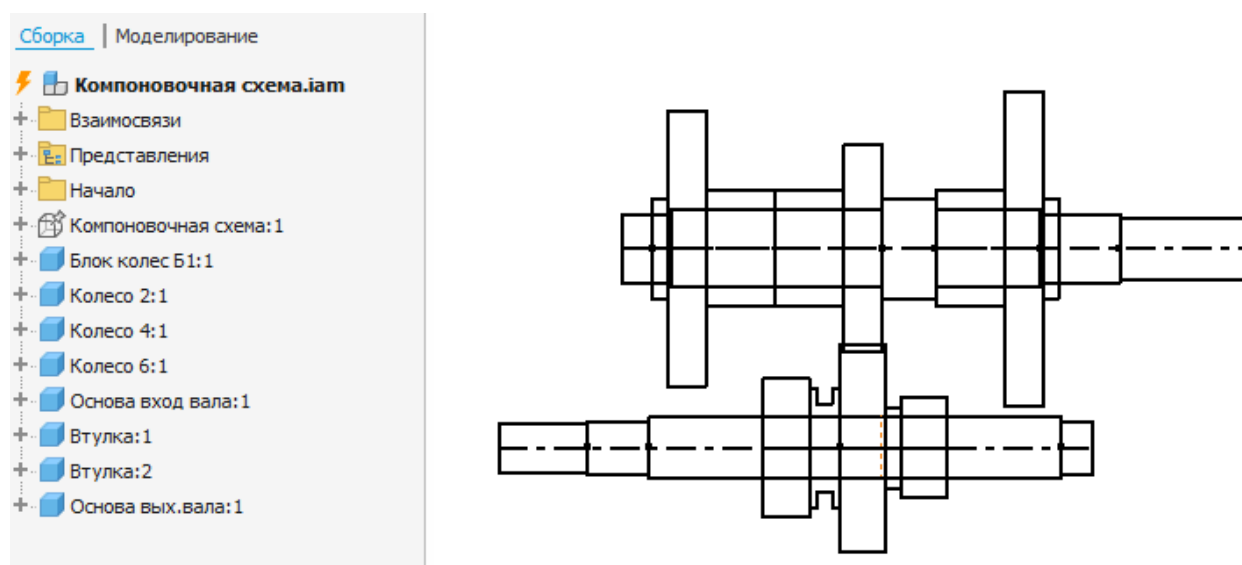


Рисунок 13.7 – Сборочная модель

Сразу после преобразования и открытия рабочей среды сборки данные детали, как и сама сборочная модель не сохранены в рамках проекта, и перед началом работы необходимо выполнить их сохранение стандартными средствами.

Состояние папки проекта до и после сохранения сборочной модели показано на рисунке 13.8.

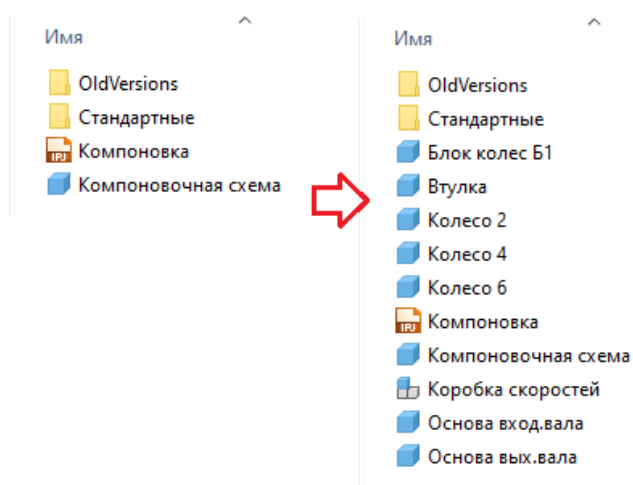


Рисунок 13.8 – Папка проекта после сохранения сборочной модели

Завершением работы по преобразованию компоновочной схемы в сборочную модель является проверка корректности преобразования и размещения деталей. Для этого можно воспользоваться функцией «Анализ степеней свободы», расположенной в выпадающем меню панели инструментов «Производительность» во вкладке «Сборка» (Рисунок 13.9).

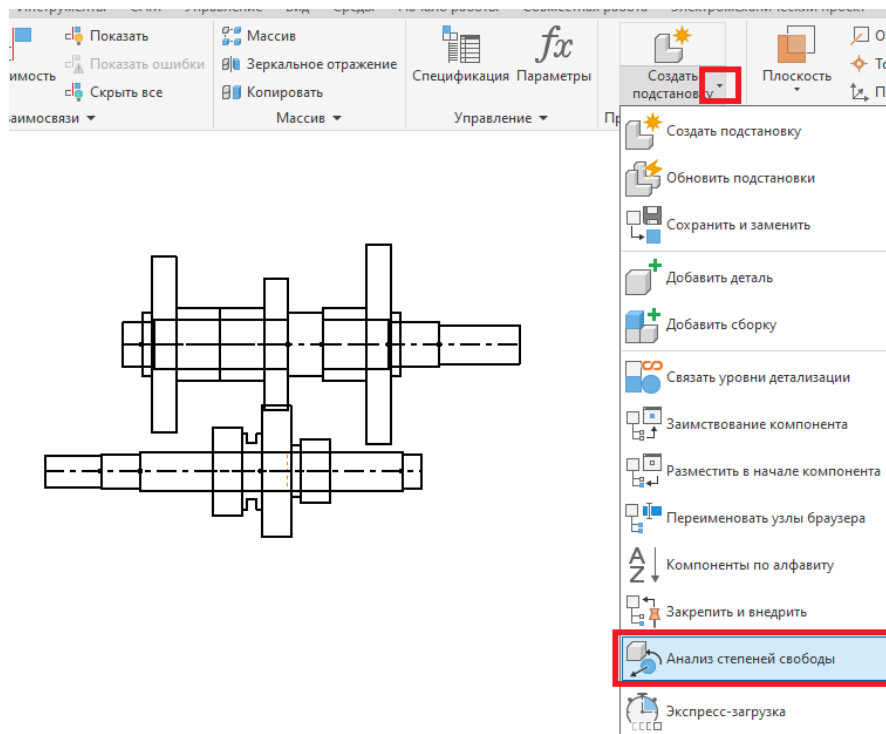


Рисунок 13.9 – Расположение функции «Анализ степеней свободы»

В рассматриваемом примере положение блоков в эскизе компоновочной схемы было полностью определено, кроме того, при преобразовании были активны функции «Создать эквивалентные сборочные зависимости» и «Зависимость для плоскости подосновы», в связи с чем активация функции «Анализ степеней свободы» покажет отсутствие возможностей изменения положения каких-либо деталей, пример чего показан на рисунке 13.10.

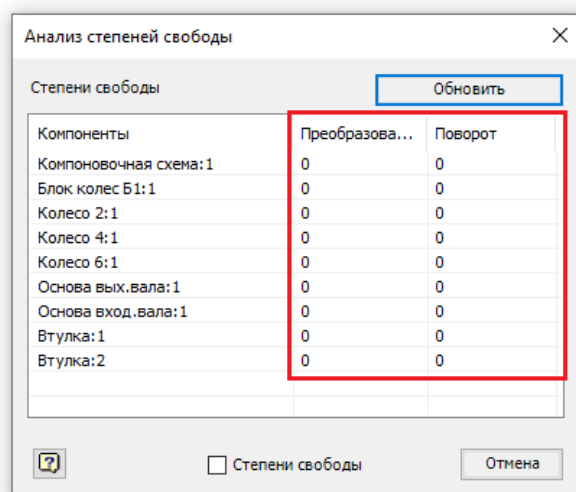
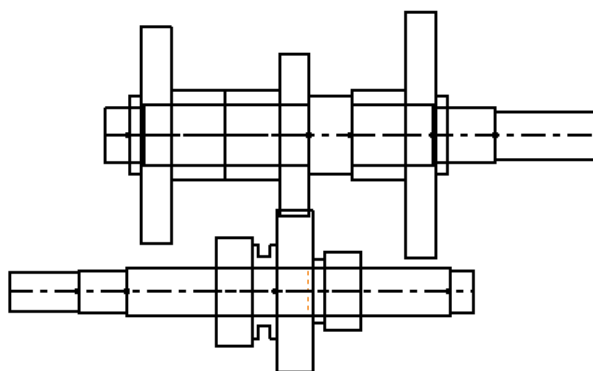


Рисунок 13.10 – Окно функции «Анализ степеней свободы»

В случае положительного результата проверки и корректности преобразования работа со сборочной моделью и моделями деталей осуществляется при помощи штатных инструментов моделирования и генераторов типовых элементов. Если же после преобразования найдены какие-либо неточности, например не все детали были выделены в момент преобразования, либо были отключены функции позиционирования деталей в сборочной модели необходимо повторить алгоритм преобразования, в результате работы которого произойдет дополнение уже созданной сборочной модели.

Кроме того, показанный алгоритм создания и наполнения сборочной модели можно комбинировать с работой функции «Создать деталь» и производить наполнение модели другими деталями выполненными на основе поверхностей или обычной геометрии в эскизах.

ЗАДАНИЯ

Выполнить создание сборочной модели по геометрии компоновочной модели предоставленной преподавателем.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по практическому занятию студент предоставляет электронные чертежи изделия либо электронные модели изделия,

оформленные в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации или иными указаниями преподавателя.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Алгоритм преобразования компоновочной геометрии в сборочную модель.
2. Алгоритм добавления отдельных деталей в имеющуюся сборочную модель.
3. Алгоритм переноса параметров из компоновочной модели в сборочную.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Косолапов, В. В. Компьютерная графика. Решение практических задач с применением САПР AutoCAD : учебно-методическое пособие / В. В. Косолапов, Е. В. Косолапова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 117 с. — ISBN 978-5-4486-0794-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85748.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Феоктистова, А. А. Основы 2D- и 3D-моделирования в программе AutoCAD : учебное пособие / А. А. Феоктистова, О. Л. Стаселько. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. — 103 с. — ISBN 978-5-9961-1617-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система

IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83707.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

14 Практическое занятие «Анализ особенностей проектирования сложных узлов машин и механизмов при нисходящем способе организации работ»

Цель работы: изучение особенностей проектирования сложных пространственных узлов машин и механизмов в условиях нисходящего проектирования.

Формируемые компетенции:

ОПК-8. Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью изучения методик эффективной работы в рамках организаций, распределенных географически, с возможностью организации только онлайн связи. Знания, полученные в процессе выполнения лабораторной работы, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Проектирование узлов металлорежущего оборудования, особенно коробок скоростей или коробок подач является сложным итерационным процессом, который как правило можно разделить на два этапа:

1. Построение компоновочной схемы, в рамках которой выполняется определение положения отдельных элементов механических передач относительно друг друга.

2. Определение пространственного положения групп элементов

Первый этап называется созданием «развертки» узла, и выполняется таким образом, при котором все группы элементов механических передач в процессе определения их местоположения располагаются в одной плоскости. Пример представления «развертки» в виде чертежа и модели показ на рисунках 14.1 и 14.2 соответственно.



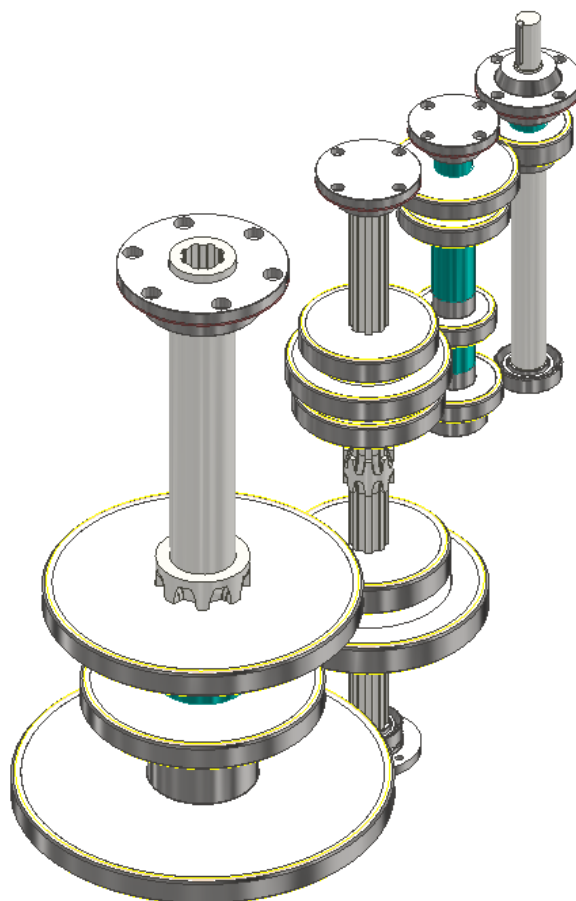


Рисунок 14.2 – Представление «развертки» в виде модели

Подобное расположение элементов позволяет облегчить процесс определения места расположения элементов, за счет упрощения анализа компоновки.

Второй этап называется созданием «свертки» узла, и заключается в «закручивании» групп элементов с целью определения их оптимального положения в пространстве и достижения минимально-возможных габаритных параметров всего узла. Пример «свертки» для узла, показанного на рисунке 14.1 продемонстрирован на рисунках 14.3 и 14.4 в виде чертежа и модели соответственно.

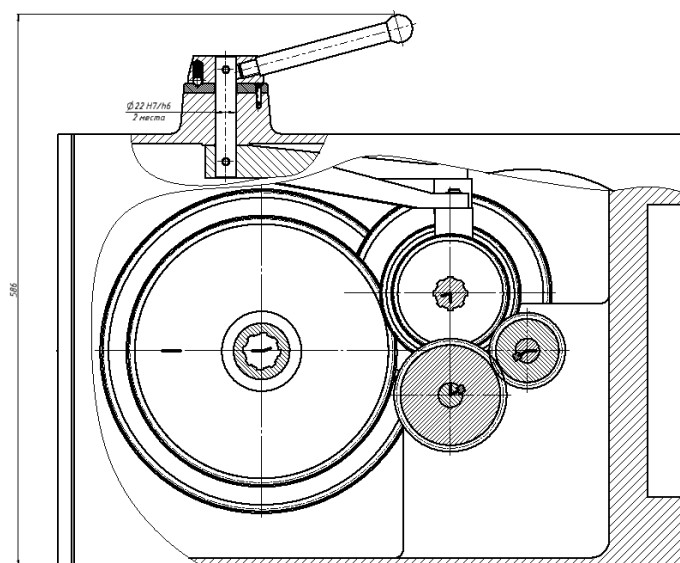


Рисунок 14.3 – Представление «свертки» в виде чертежа



Рисунок 14.4 – Представление «свертки» в виде модели

Особенность проектирования таких узлов в среде систем автоматизированного проектирования заключается в необходимости реализации возможности построения как «свертки», так и «развертки» в рамках единой модели на начальном этапе проектирования, до построения основных элементов. В условиях использования нисходящего метода проектирования на основе блоков учет указанной особенности приведет к необходимости внесения некоторых корректировок в типовой алгоритм работы. Потребуется ввод дополнительного этапа в виде создания вспомогательной геометрии, реализующей возможность «свертки» групп элементов механических передач, на основе параметров расчетной модели узла.

В результате алгоритм проектирования примет вид:

8. Создается файл детали с расширением IPT;
9. В файле детали производится создание расчетной модели;
10. Создается вспомогательная геометрия (как правило на основе поверхностей), реализующая собой траекторию «свертки»
11. Создается один или несколько эскизов;
12. В рамках каждого эскиза создаются блоки, представляющие собой отдельные детали, и определяется их положение;
13. Производится преобразование файла детали в сборочную единицу с выделением из блоков отдельных деталей или под сборки;
14. В рамках деталей и сборочных единиц, полученных на основе блоков, производится создание 3D-моделей.
15. Выполняются необходимые проверочные расчеты, в случае отрицательного результата выполняется возврат к редактированию геометрии блоков.

Рассмотрим подробнее этап построения вспомогательной геометрии.

Процесс создания вспомогательной геометрии начинается после создания файла модели компоновочной схемы и внесения в расчетную модель переменных отвечающих за значения межосевых расстояний между элементами механических передач множительных групп и углов между плоскостями образованными осевыми линиями элементов множительных групп. Представленный на рисунках 14.1 – 14.4 узел содержит четыре вала, следовательно расчетная модель такой компоновки должна додерживать три переменных для определения межосевых расстояний, а также три переменных определяющих углы наклона плоскостей по отношению друг к другу, а также по отношению к одной из плоскостей базовой системы координат. Схема расположения вспомогательной геометрии и зависимостей между ее элементами в общем виде представлена на рисунке 14.5.

Переменные расчетной модели, необходимые для создания и полного определения положения вспомогательной геометрии представлены в таблице 14.1.

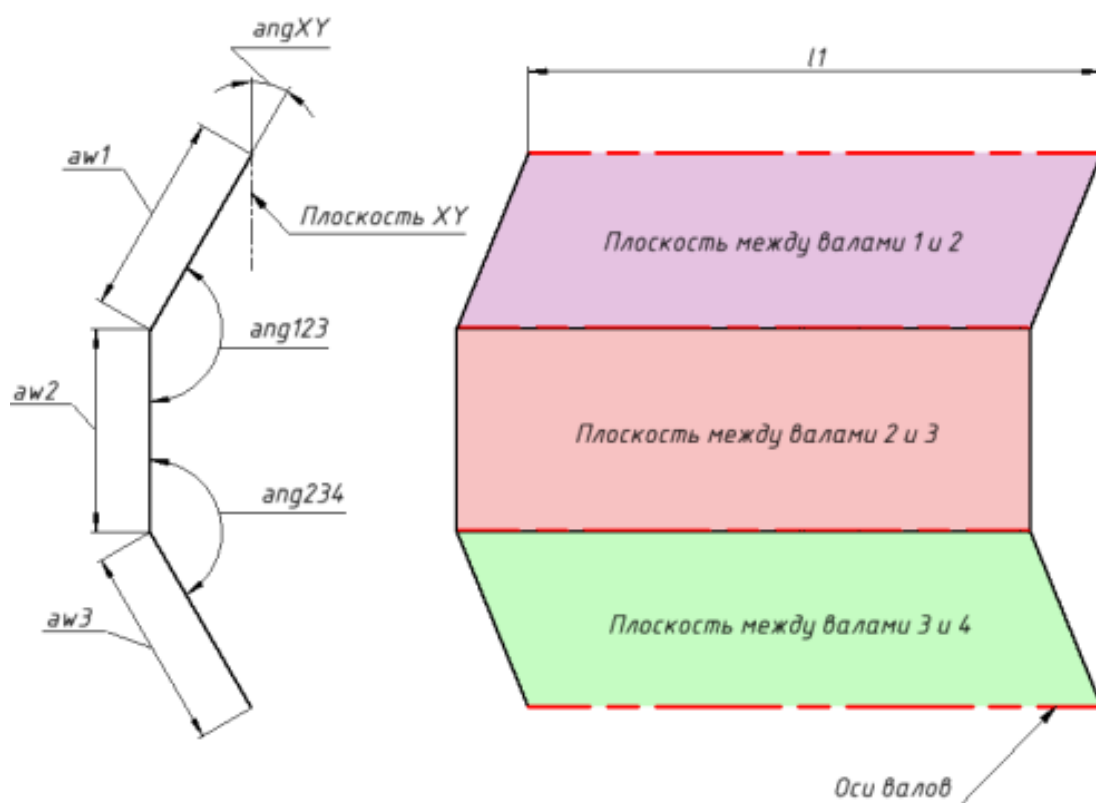


Рисунок 14.5 – Схема расположения элементов вспомогательной геометрии

Таблица 14.1 – Переменные расчетной модели

№ п/п	Имя переменной	Единица измерения	Значение/Формула	Примечание
	aw1	мм	94,5	Межосевое расстояние первой множительной группы
2.	aw2	мм	108	Межосевое расстояние второй множительной группы
3.	aw3	мм	210	Межосевое расстояние третьей множительной группы
4.	angXY	град	30	Угол наклона плоскости элементов первой множительной группы по отношению к плоскости XY
5.	ang123	град	150	Угол наклона плоскости элементов второй множительной группы по отношению к первой
6.	ang234	град	150	Угол наклона плоскости элементов третьей множительной группы по отношению ко второй

Значения переменных на начальном этапе создания расчетной модели могут приниматься произвольным образом, с условием получения

при помощи этих значений любой свертки «общего» вида, например, как показано на рисунке 14.5.

Далее начинает выполняться построение вспомогательной геометрии. Для этого создается эскиз на плоскости YZ , данная плоскость выбрана для того, чтобы можно было задать угол по отношению к плоскости XY . В созданном эскизе выполняется построение геометрии, состоящей из четырех отрезков, пример чего показан на рисунке 14.6.

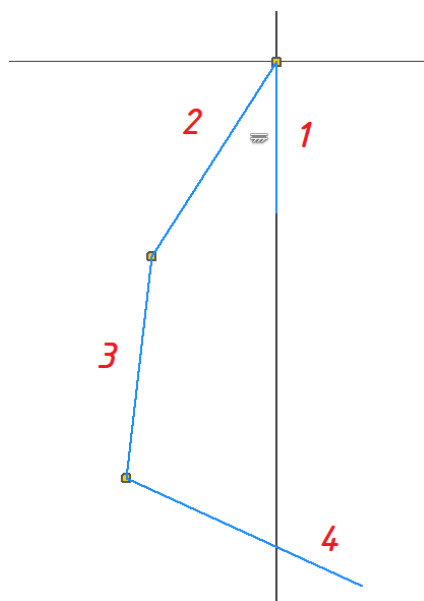


Рисунок 14.6 – Геометрия эскиза

Первый отрезок строится вертикально (горизонтально) в направлении плоскости XY (оси Y) из начала координат. Данный отрезок необходим для задания угла между плоскостью XY и плоскостью элементов первой множительной группы. Следует заметить что вместо построения данного отрезка в плоскость эскиза могут быть спроецированы указанная плоскость или ось.

Второй отрезок строится из начала координат под произвольным углом к первому отрезку, и реализует собой плоскость между осями элементов первой множительной группы.

Третий отрезок строится таким образом чтобы один из его концов

совпадал с концом второго отрезка, а его положение было произвольным. При его построении следует избегать ситуаций, при которых произойдет автоматическое создание каких-либо геометрических зависимостей за исключением совпадения конечных точек. В случае если создание геометрических зависимостей, например, перпендикулярности, произошло следует удалить все лишние зависимости.

Четвертый отрезок строится аналогично третьему.

Следующим этапом является нанесение размерных зависимостей для полного определения положения отрезков. Для этого задаются размеры отрезков и углы их поворота относительно друг друга. Размеры являются зависимыми от соответствующих переменных расчетной модели. Пример эскиза с нанесенными размерами показан на рисунке 14.7. Следует отметить, что размерные зависимости в зависимости от конкретных значений должны позволять реализовать любую «свертку» узла, в связи с чем при их нанесении необходимо определить тип линейных размеров как «Параллельный».

После определения положения отрезков в эскизе работу с ним можно считать завершенной, из-за особенностей работы системы Inventor данный эскиз будет являться основой для создания дополнительных эскизов.

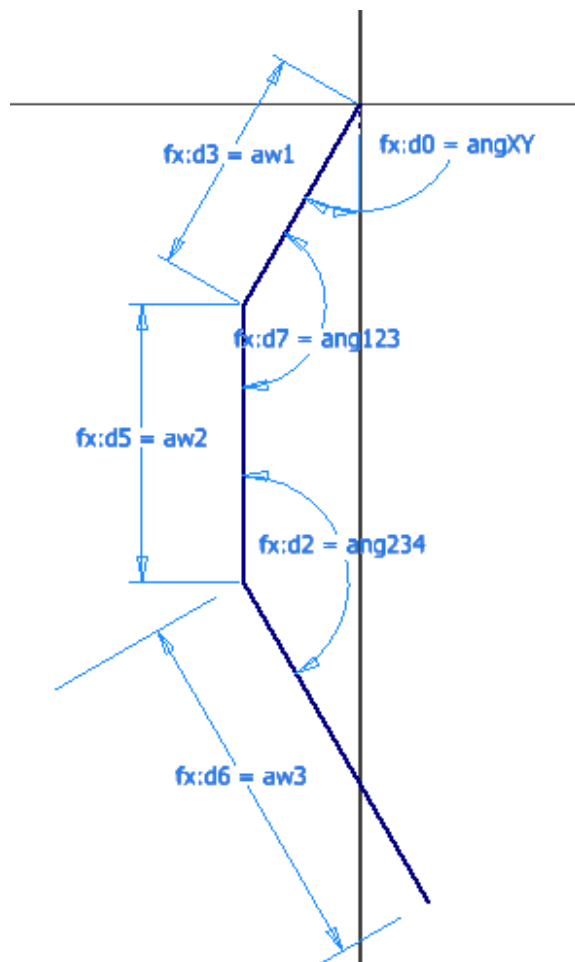


Рисунок 14.7 – Размерные зависимости эскиза

Так после определения, показанной на рисунке 14.7, геометрии эскиза принимается, а далее создается набор эскизов равный количеству плоскостей между множительными группами, в рассматриваемом случае 3 эскиза. Создание новых эскизов выполняется на одной плоскости с базовым, это необходимо для того чтобы при проецировании созданной ранее геометрии не было искажения размеров.

В каждый из созданных эскизов производится проецирование отдельного отрезка, на основе которого будет произведено построение поверхности. Пример состояния модели после создания всех необходимых эскизов показан на рисунке 14.8. Проецирование каждого отрезка в отдельный эскиз необходимо для того, чтобы появилась возможность построения отдельных поверхностей, существующих при любом состоянии

модели.

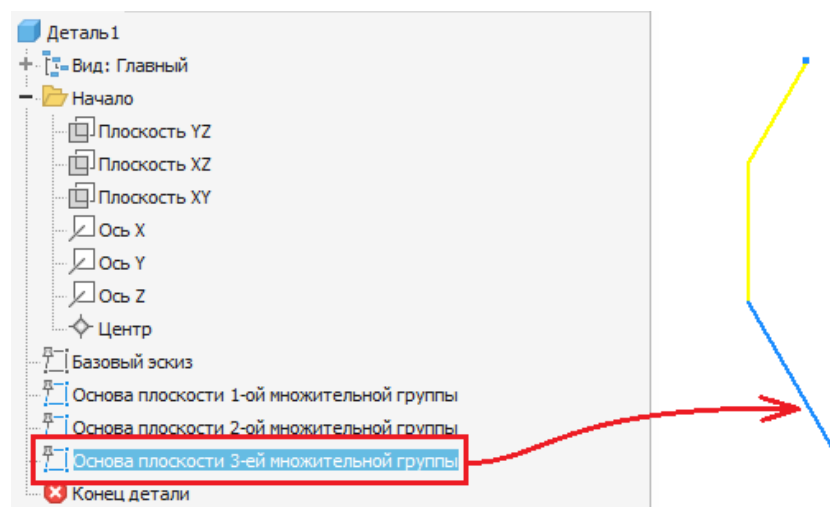


Рисунок 14.8 – Состояние модели на момент создания всех эскизов

В случае создания поверхностей из базового эскиза их существование и количество будет напрямую зависеть от состояния модели, а при значениях переменных, преобразующих «свертку» в «развертку» поверхности будут объединяться в единую, что в конечном итоге приведет к появлению ошибок в сборочной модели и файле компоновки.

Создание поверхностей осуществляется при помощи операции выдавливания, отдельно для каждой поверхности на основании собственного эскиза. Перед выполнением выдавливанием необходимо ввести в расчетную модель переменную, определяющую длину поверхности, например, «*ls*» значение которой равно 600 мм. Пример настройки операции выдавливания при создании первой поверхности показан на рисунке 14.9

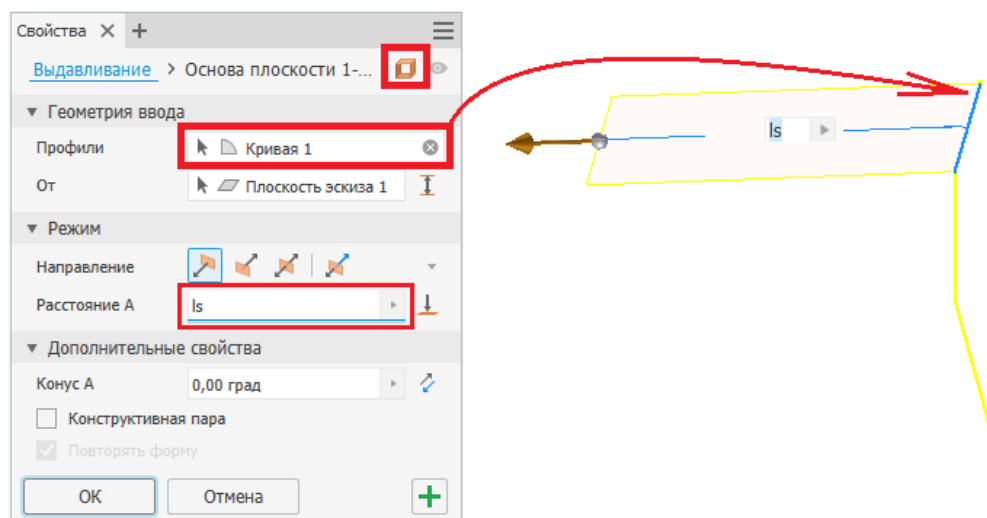


Рисунок 14.9 – Настройки выдавливания

Аналогичным образом создаются остальные поверхности, в результате чего модель принимает вид, представленный на рисунке 14.10

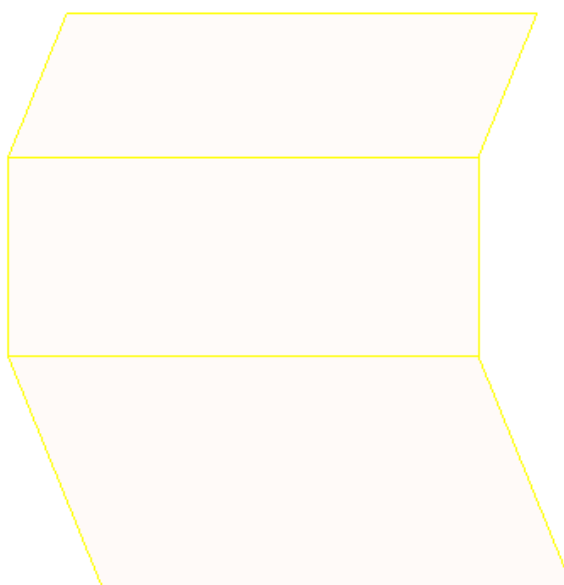


Рисунок 14.10 – Результат создания поверхностей

Каждая из поверхностей представляет собой плоскость, на которой в дальнейшем будут создаваться эскизы с блоками элементов механических передач. Изменение значений переменных расчетной модели позволяет преобразовать «свертку» общего вида в «развертку». Так в рас-

смаатриваемом случае для создания «развертки» необходимо изменить значения углов в соответствии с таблицей 14.2. Результат изменения представлен на рисунке 14.11.

Таблица 14.2 – Переменные расчетной модели для создания развертки

№ п/п	Имя переменной	Единица измерения	Значение/Формула	Примечание
7.	angXY	град	0	Угол наклона плоскости элементов первой множительной группы по отношению к плоскости XY
8.	ang123	град	18	Угол наклона плоскости элементов второй множительной группы по отношению к первой
9.	ang234	град	18	Угол наклона плоскости элементов третьей множительной группы по отношению ко второй

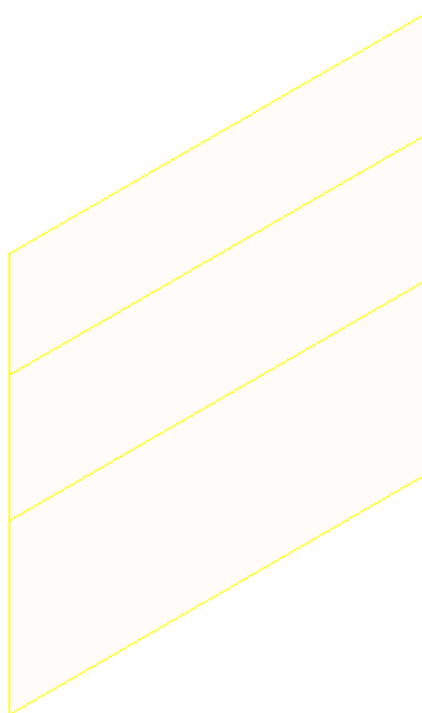


Рисунок 14.11 – Опорная геометрия в состоянии «развертки»

Завершающим этапом, позволяющим представить опорные поверхности в более наглядном и удобном для построений виде, является задание собственного цвета для каждой поверхности. Для этого необхо-

можно активировать функцию «С пересчетом», расположенную либо на панели быстрого доступа, либо в панели «Материал и представление» и назначить цвета, пример изменения цвета показан на рисунке 14.12.

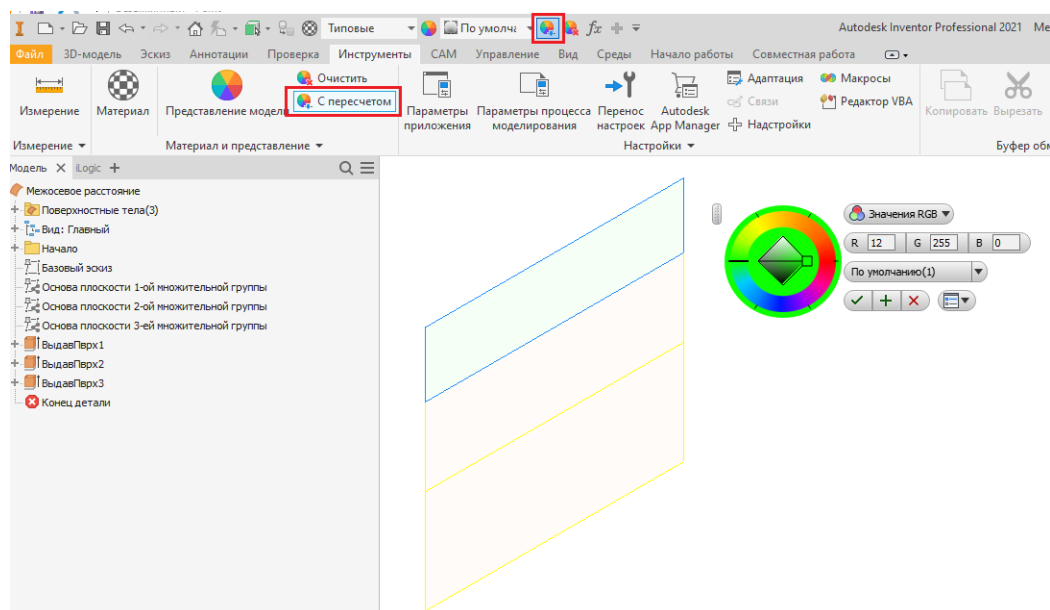


Рисунок 14.12 – Изменение цвета поверхностей

Результат назначения поверхностям различных цветов продемонстрирован на рисунке 14.13.

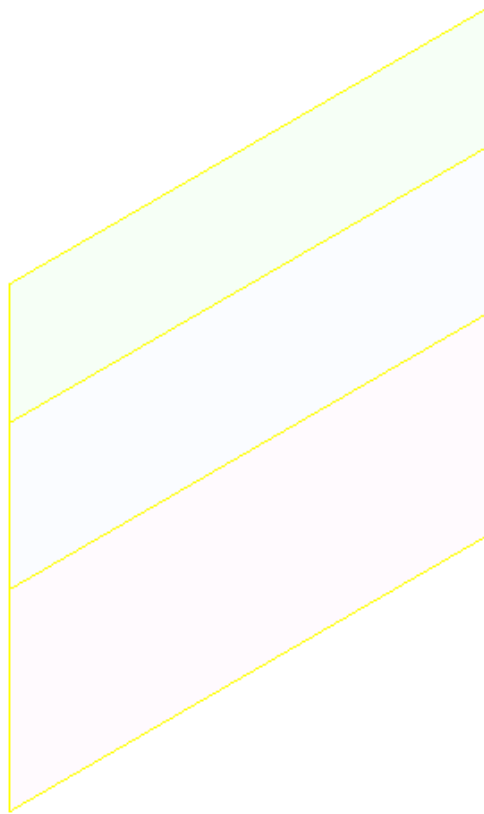


Рисунок 14.13 – Результат изменения цветов

Этапом, следующим за построением и настройкой опорной геометрии, является создание самой компоновочной схемы, процесс построения которой также имеет свои особенности.

Построение компоновки будущего узла начинается с приведения опорной геометрии в состояние «развертки». После чего производится создание эскизов на поверхностях опорной геометрии.

При этом в связи с тем, что моделирование части элементов и создание сложного разреза при построении чертежа производится из состояния «свертки», требуется отметить необходимость разделения компоновочной схемы узла на отдельные эскизы, в каждом из которых будут сгруппированы элементы механических передач сопрягаемые с каким-то из валов.

Рассмотрим распределение деталей узла по эскизам компоновоч-

ной схемы, на примере коробки скоростей вертикально-сверлильного станка показанной на рисунке 14.14.

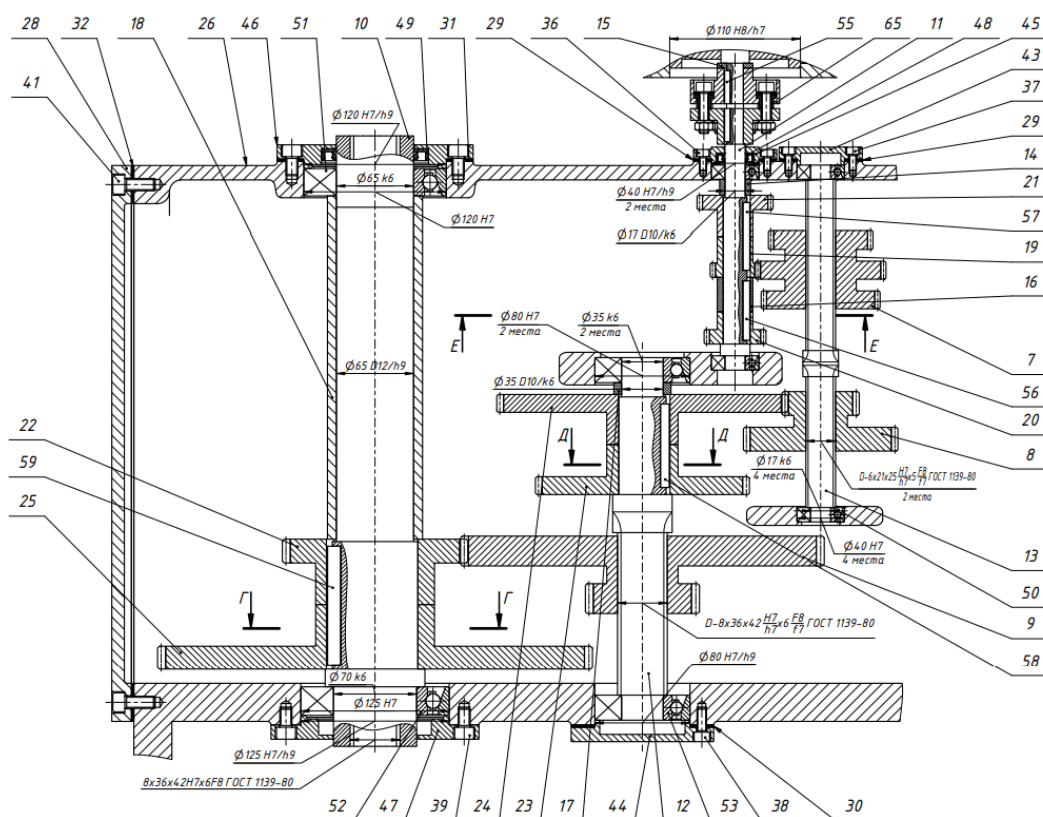


Рисунок 14.14 – «Развертка» коробки скоростей

Так первый эскиз как правило содержит все элементы первой множительной группы, входной и промежуточный валы, а также те элементы второй множительной группы, которые установлены на промежуточный вал.

Второй эскиз компоновочной схемы должен содержать часть элементов второй множительной группы, и часть элементов третьей множительной группы, установленных на третьем валу, и саму геометрию третьего вала.

Третий эскиз аналогичен второму и содержит элементы третьей множительной группы и шпиндель.

Наглядное распределение элементов узла по эскизам представлено

на рисунке 14.15.

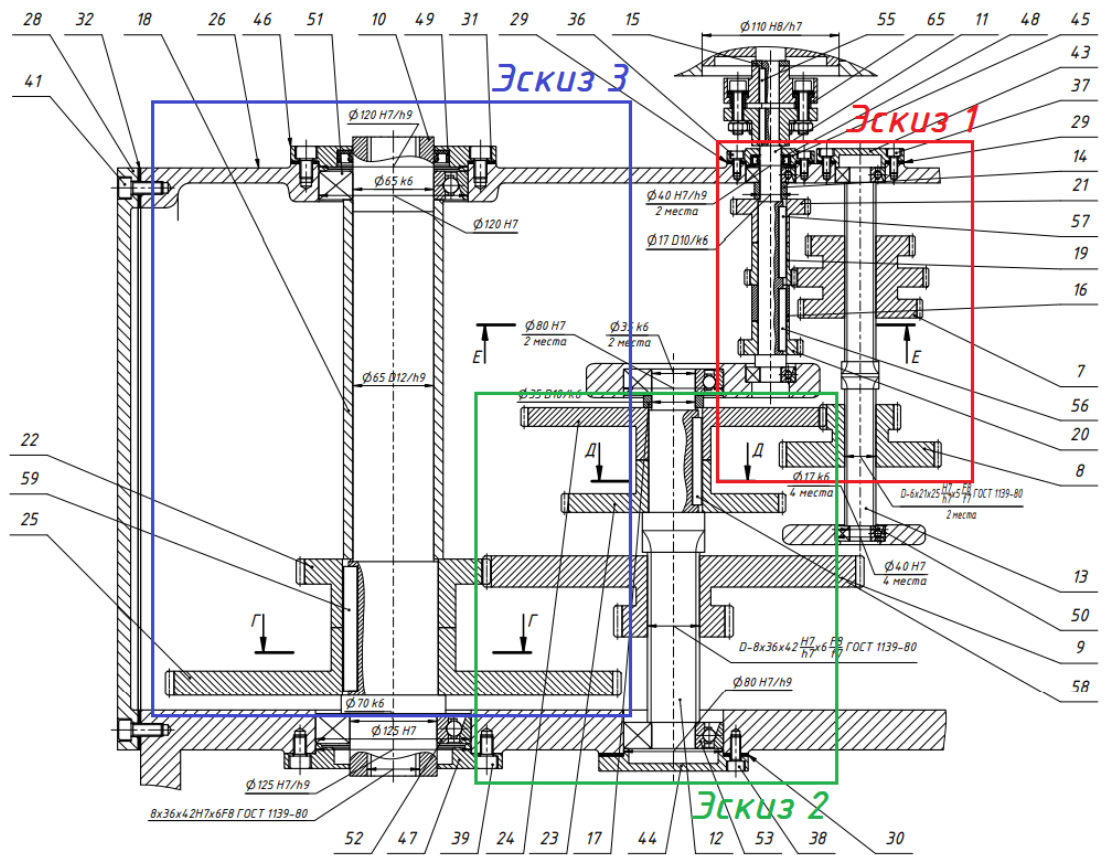


Рисунок 14.15 – Распределение элементов узла по эскизам

Пример реализации первого эскиза компоновочной схемы в среде Inventor показан на рисунке 14.16.

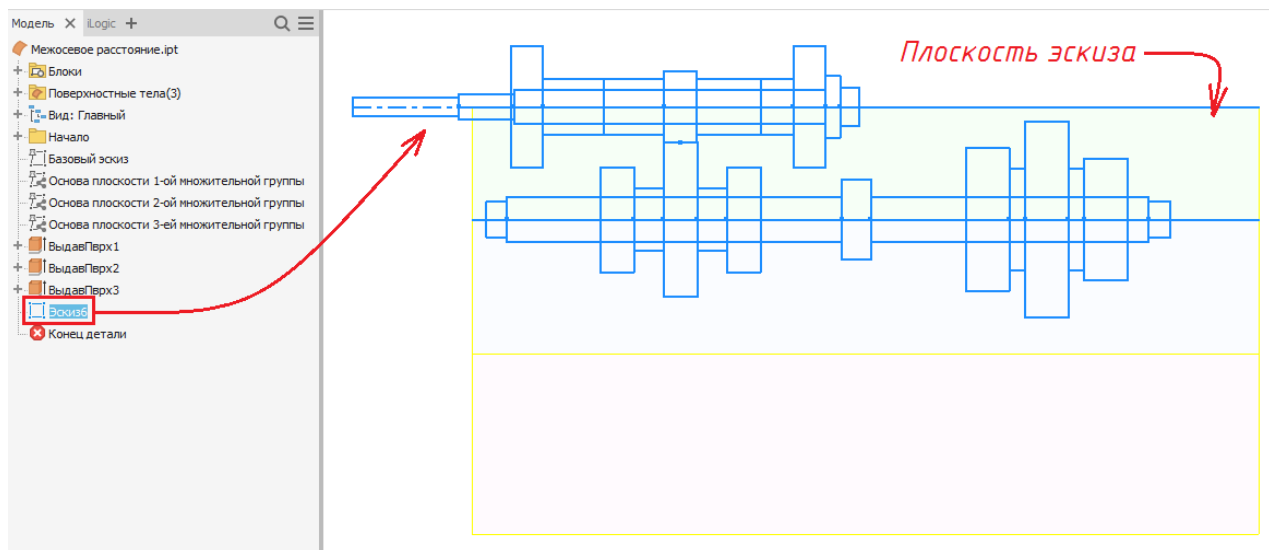


Рисунок 14.16 – Реализация первой группы элементов узла в эскизе

Эскизы с оставшимися элементами компоновочной схемы выполняются в соответствии с рекомендациями данными выше, а распределение эскизов по плоскостям опорной геометрии показано на рисунке 14.17.

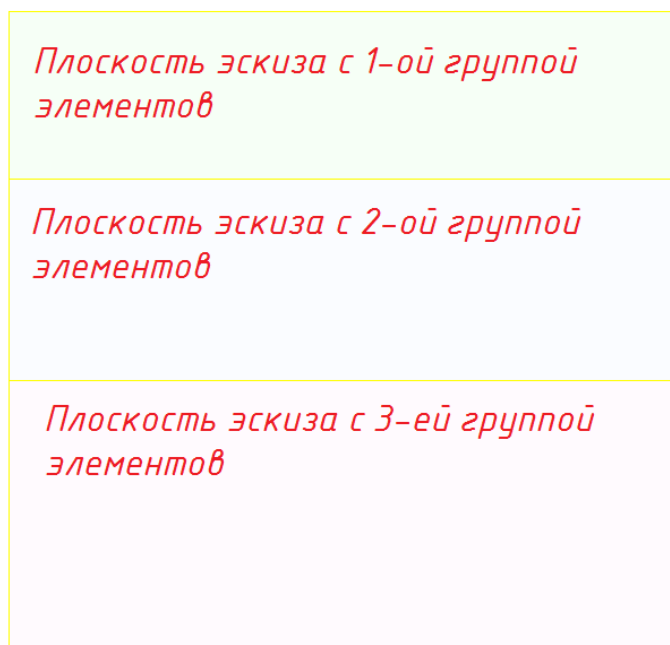


Рисунок 14.17 – Распределение эскизов по плоскостям

В остальном алгоритм построения с компоновочной схемы не отличается от алгоритма проектирования узлов, у которых все элементы находятся в одной плоскости.

Для организации более удобного интерфейса управления состояниями компоновочной схемы может быть создана специальная форма, пример которой показан на рисунке 14.18.

Межосевые расстояния

Количество валов в коробке (n):

Расстояние между торцами крышек, (l1) мм:

Межосевое расстояние между валами 1 и 2, (aw1) мм:

Угол между плоскостями валов 12 и XY, (angxy) градус:

Межосевое расстояние между валами 2 и 3, (aw2) мм:

Угол между плоскостями валов 12 и 23, ang123 градус:

Межосевое расстояние между валами 3 и 4, (aw3) мм:

Угол между плоскостями валов 23 и 34, (ang234) градус:

Межосевое расстояние между валами 4 и 5, (aw4) мм:

Угол между плоскостями валов 34 и 45, (ang345) градус:

Готово

Рисунок 14.18 – Пример формы для управления состоянием компоновочной схемы

ЗАДАНИЯ

1. Провести подготовку вспомогательной геометрии для последующего проектирования узла коробки скоростей или подачи металлорежущих станков, а также создать форму управления данной геометрией.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по практическому занятию студент предоставляет файл 3D-модели с подготовленной вспомогательной геометрией и формой для управления ею.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключаются особенности проектирования пространственных узлов машин и механизмов.
2. Алгоритм создания формы для управления элементами геометрии
3. Алгоритм проектирования пространственных узлов машин и механизмов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Косолапов, В. В. Компьютерная графика. Решение практических задач с применением САПР AutoCAD : учебно-методическое пособие / В. В. Косолапов, Е. В. Косолапова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 117 с. — ISBN 978-5-4486-0794-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85748.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Феоктистова, А. А. Основы 2D- и 3D-моделирования в программе AutoCAD : учебное пособие / А. А. Феоктистова, О. Л. Стаселько. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. — 103 с. — ISBN 978-5-9961-1617-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83707.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

15 Практическое занятие «Создание презентационных материалов в среде CAD-систем».

Цель работы: изучение основ работы с модулем анимации для представления результатов работы в условиях распределенного коллектива.

Формируемые компетенции:

ОПК-8. Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью методик представления результатов деятельности КБ, распределенных географически, с возможностью организации только онлайн связи. Знания, полученные в процессе выполнения лабораторной работы, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим методику создания анимации процесса работы станка гексапода.

Для начала процесса необходимо перейти в среду Inventor Studio, что осуществляется при помощи одноименной команды из вкладки «Среды»).

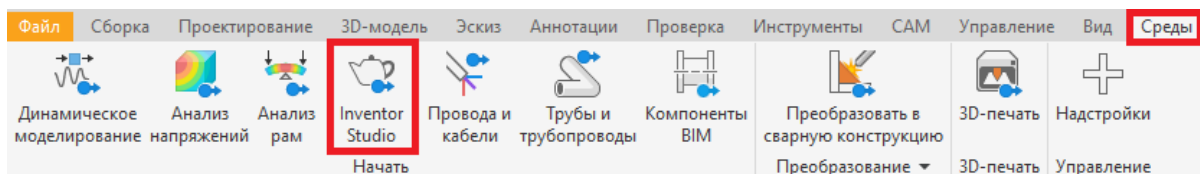


Рисунок 15.1 – Расположение функции активации среды Inventor Studio

В результате активации среды Inventor Studio будет открыта дополнительная вкладка «Визуализация» с инструментами для ее создания).

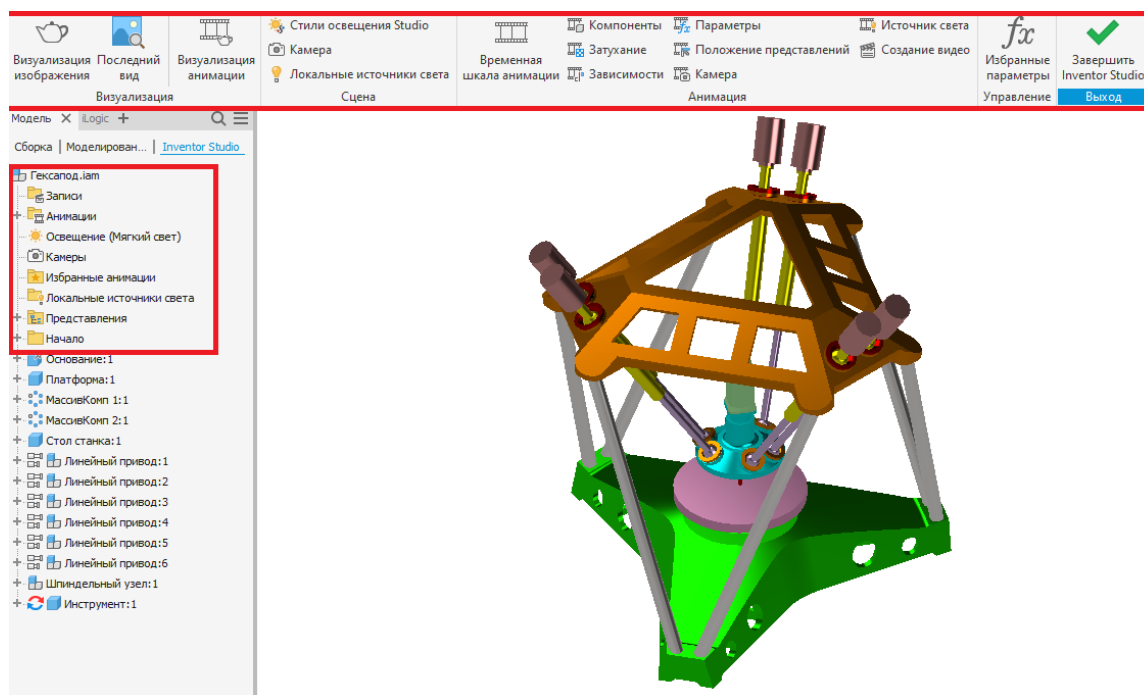


Рисунок 15.2 – Вкладка «Визуализация»

В общем виде процесс для подготовленной модели можно разделить на несколько этапов, связь между которыми является весьма условной:

1. Настройка сцены и источников освещения.
2. Настройка положений камеры по ходу анимации работы механизма.
3. Настройка положений элементов механизма и скорости их перемещений.
4. Настройка прозрачности компонентов по ходу анимации.

Каждый из указанных этапов может выполняться в произвольном порядке по усмотрению пользователей.

Настройка сцены представляет собой определение окружения мо-

дели, которое может быть как однородным, так и воссозданным на основе какого-либо изображения из имеющейся библиотеки сцен. При этом в случае необходимости создания собственного окружения потребуется использование специализированного программного обеспечения.

Для доступа к функциям настройки сцены необходимо открыть окно «Стили освещения Studio» при помощи одноименной команды (в котором выбрать нужный стиль и применить его к модели. В рамках работы будет использован стиль «Мягкий свет» без дополнительного фона.

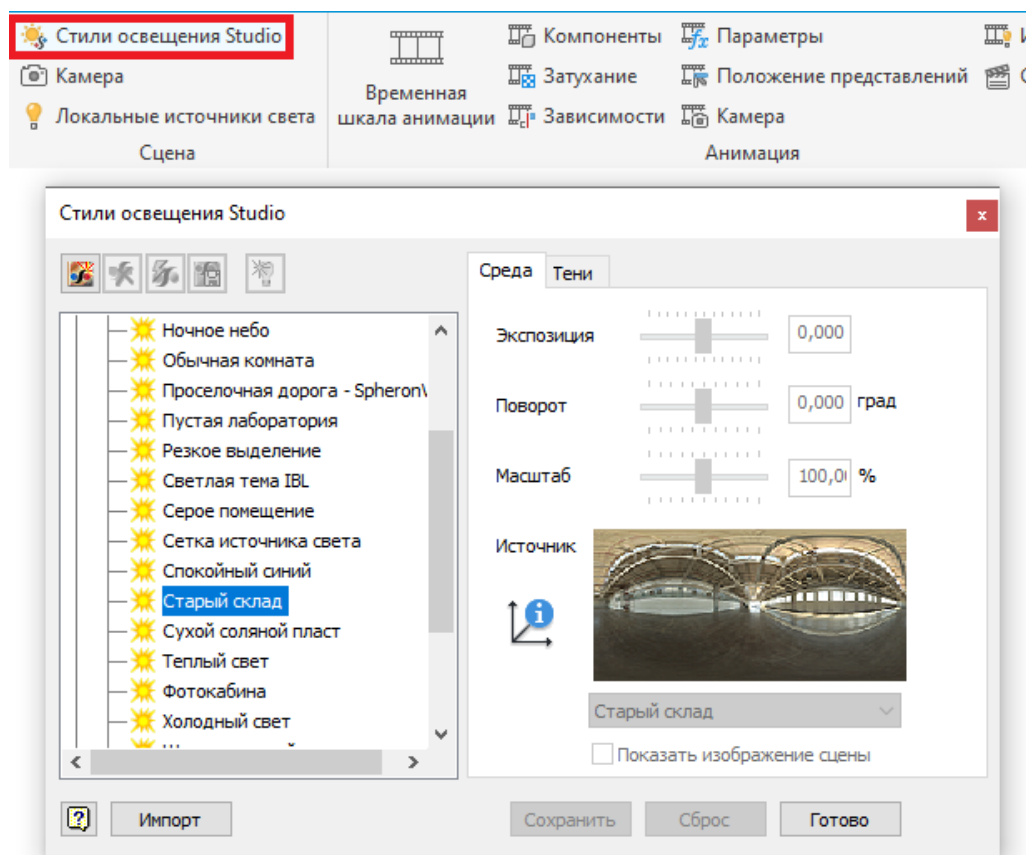


Рисунок 15.3 – Окно «Стили освещения»

Применение выбранного стиля к модели осуществляется при помощи установки его в качестве текущего из контекстного меню

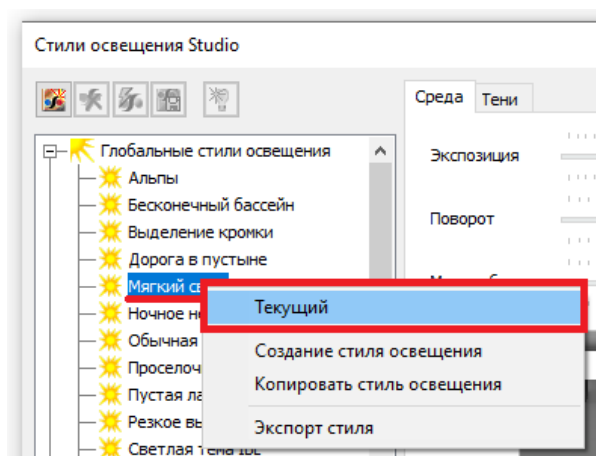


Рисунок 15.4 – Применение стиля освещения

Важно отметить, что стиль освещения, как и любой другой элемент настройки анимации, может быть изменен в процессе работы и не привязан к определенной последовательности выполнения указанных выше этапов.

Следующим этапом работы с моделью в процессе создания анимации является добавление в модель одной или нескольких камер, с которых будет производиться съемка. Создание камеры возможно двумя способами, при помощи одноименной команды в панели «Стили» или же при помощи браузера модели. Для создания камеры при помощи браузера модели необходимо выставить нужным образом вид на экране, например, как показано на рисунке, и вызвать контекстное меню на выделенном каталоге «Камеры» браузера, в котором активировать функцию «Создать камеру из вида».

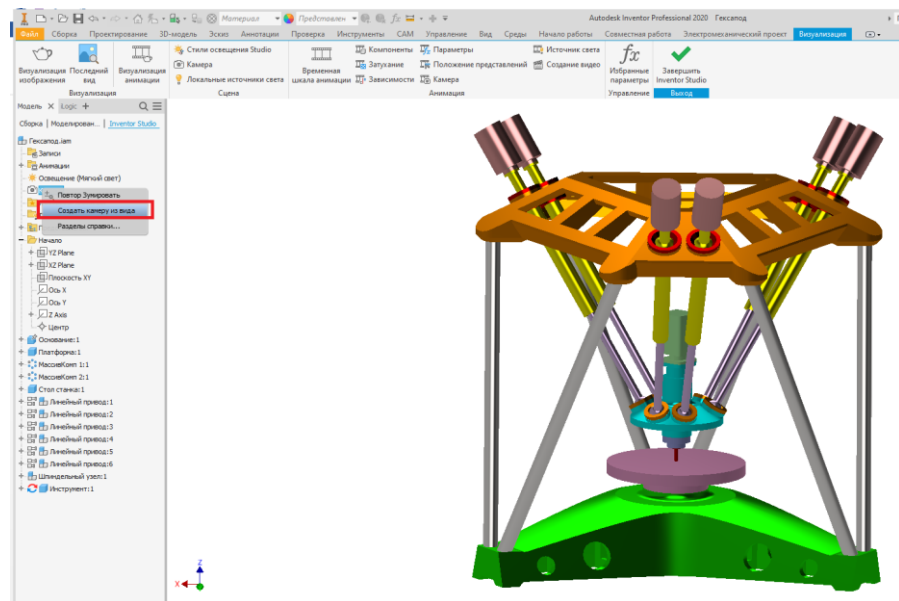


Рисунок 15.5 – Создание камеры

В результате ее добавления будет создан объект «Камера», из положения которого будет производиться съемка анимации, и которым можно управлять также, как и любым другим элементом модели.

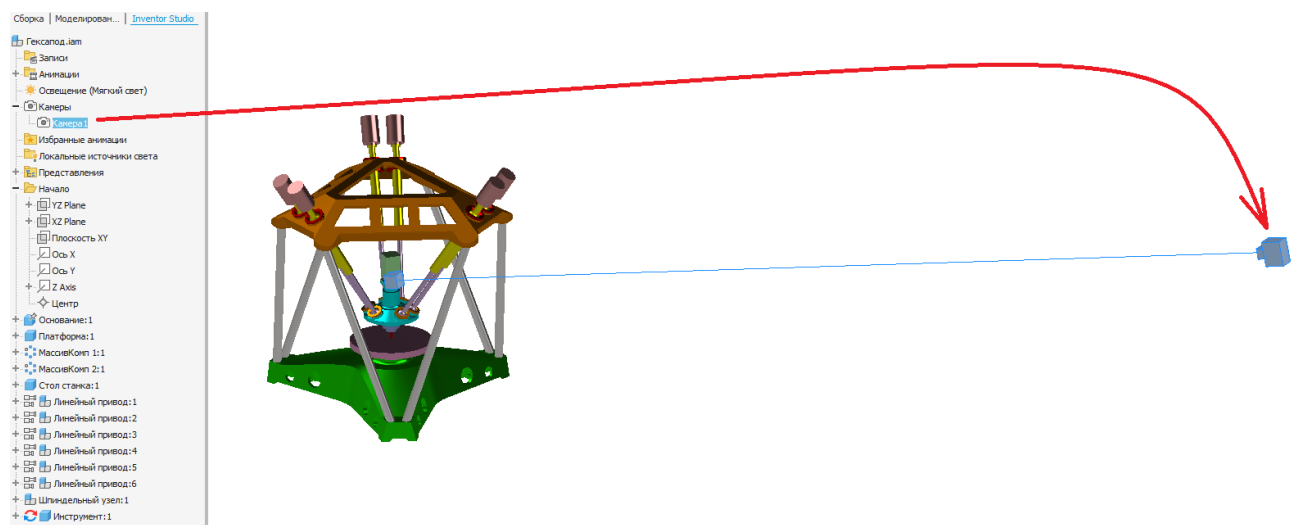


Рисунок 15.6 – Созданная камера

После создания камеры появляется возможность создания ее анимации, например, облета камеры вокруг станка. Помимо анимации положения камеры у пользователя имеется возможность управления состоянием зависимостей, избранных параметров, компонентов (деталей в целом), их прозрачностью и позиционными представлениями модели. Все

указанные инструменты собраны на панели «Анимация»

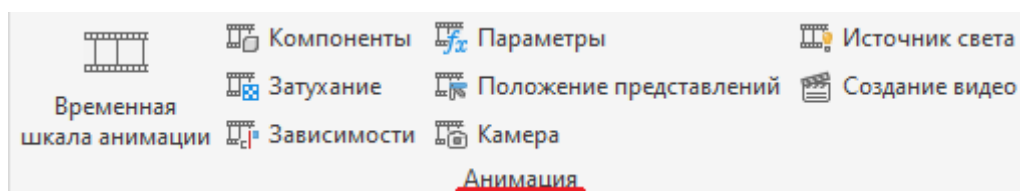


Рисунок 15.7 – Панель инструментов «Анимация»

А работа с отдельными элементами связана с временной шкалой анимации и во многом схожа с процессом создания анимации в редакторе презентаций PowerPoint. Для доступа к шкале анимации необходимо активировать соответствующую функцию, в результате чего в нижней части экрана появится дополнительно окно с временной шкалой и элементами управления ею (

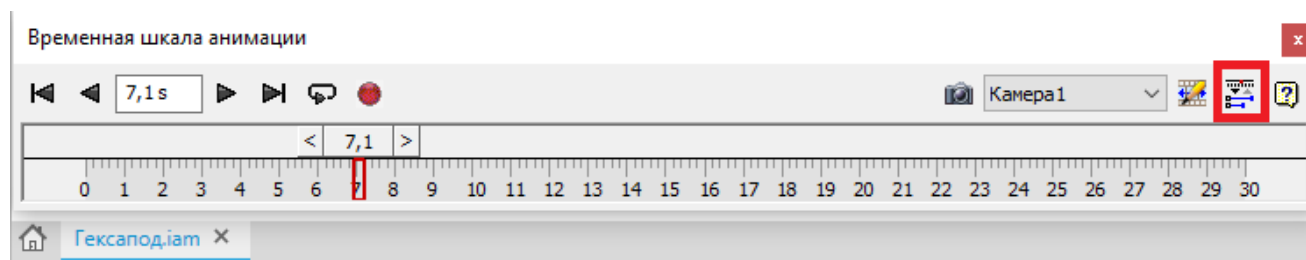


Рисунок 15.8 – Временная шкала

В данной шкале будут отображаться все действия с привязкой ко времени и элементам, относительно которых они производятся.

Для примера рассмотрим процесс создания анимации по следующему сценарию: на начальном этапе (Время на облет 5 секунд) анимации камера совершит один оборот вокруг станка для демонстрации его конструкции, во время оборота камеры вокруг станка стойкам, соединяющим основание станка с верхней платформой будет придана прозрачность (Придание прозрачности будет производится со 2 по 5 секунды анимации), с целью исключения из демонстрации объектов, перекрывающих обзор перемещения режущего инструмента в процессе обработки, затем будет произведено изменение положения камеры с целью получе-

ния крупного плана движения режущего инструмента с одновременным подводом режущего инструмента в зону резания (1 секунда на приближение камеры к зоне резания). После подвода режущего инструмента в зону резания будет осуществлен обход по контуру обрабатываемой детали в виде параллелепипеда (время обработки каждой стороны не более 3 секунд).

По завершению процесса анимации будет создан видеофайл.

Создание анимации движения камеры вокруг станка необходимо активировать функцию «Камера» на панели «Анимация» и в задать настройки движения в появившемся окне.

Для создания облета камеры необходимо перейти ко вкладке «Поворотный круг» окна, в которой активировать соответствующую функцию, выбрать ось, относительно которой будет производиться вращение (в рассматриваемом случае это ось Z), задать направление вращения, количество оборотов и единицы их измерения, а также указать время начала и завершения анимации, и применить операцию. Пример указанных настроек показан на рисунке. Кроме того, во вкладке «Ускорение» возможно определение характера движения, которое может быть с ускорением и замедлением или же постоянным

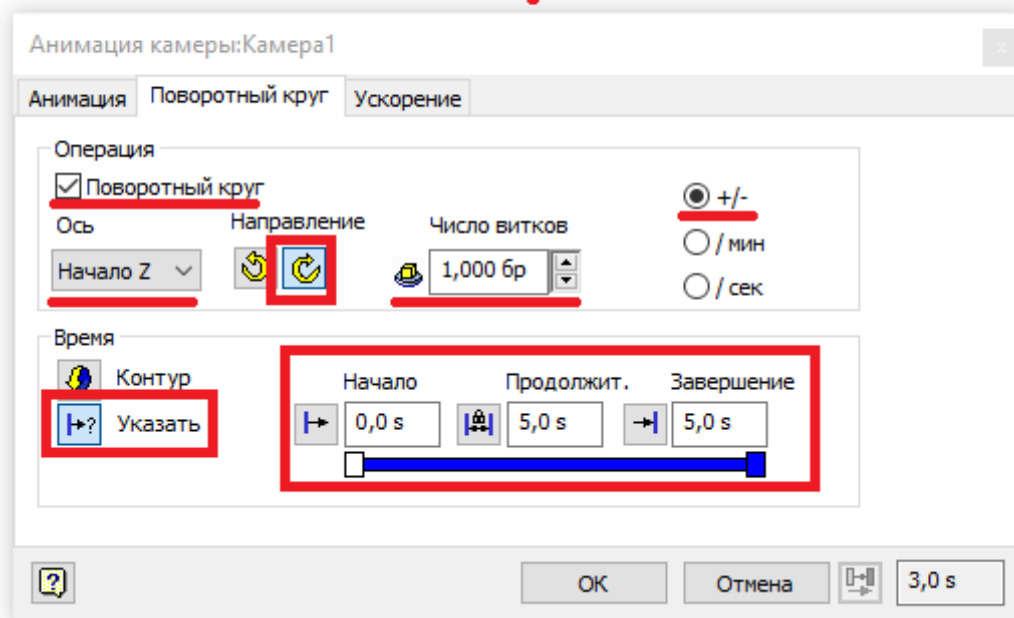
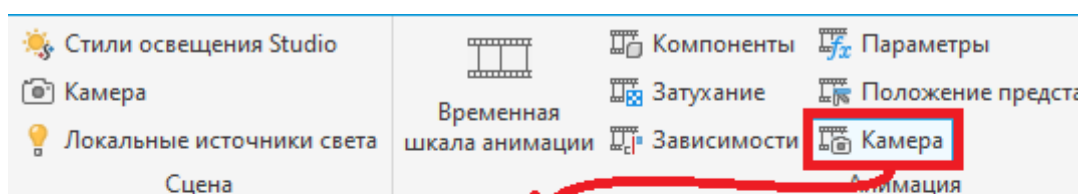


Рисунок 15.9 – Настройки облета камеры

Результатом применения операции будет являться появление ее отображения в окне временной шкалы анимации, как показано на рисунке

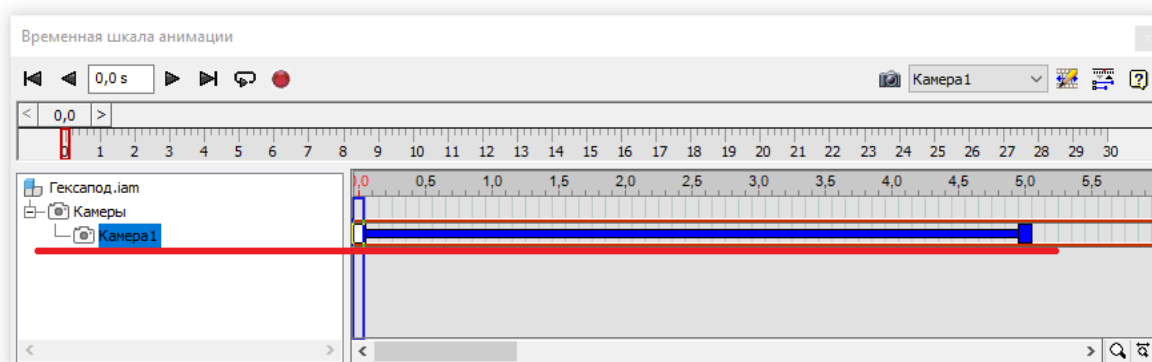


Рисунок 15.10 – Изменения во временной шкале анимации

В случае отсутствия в шкале анимации отображения созданного элемента, необходимо включить расширенную шкалу, нажав на функцию, отмеченную на рисунке

Следующим действием по созданию анимации является придание стойкам прозрачности. Для этого необходимо активировать функцию «Затухание» на панели анимации, указать компоненты, для которых необходимо применить операцию, затем указать степень прозрачности на момент начала операции и ее завершения, а также аналогично облету время начала и завершения операции и применить операцию. Пример настроек прозрачности для реализации описанного выше сценария представлен на рисунке

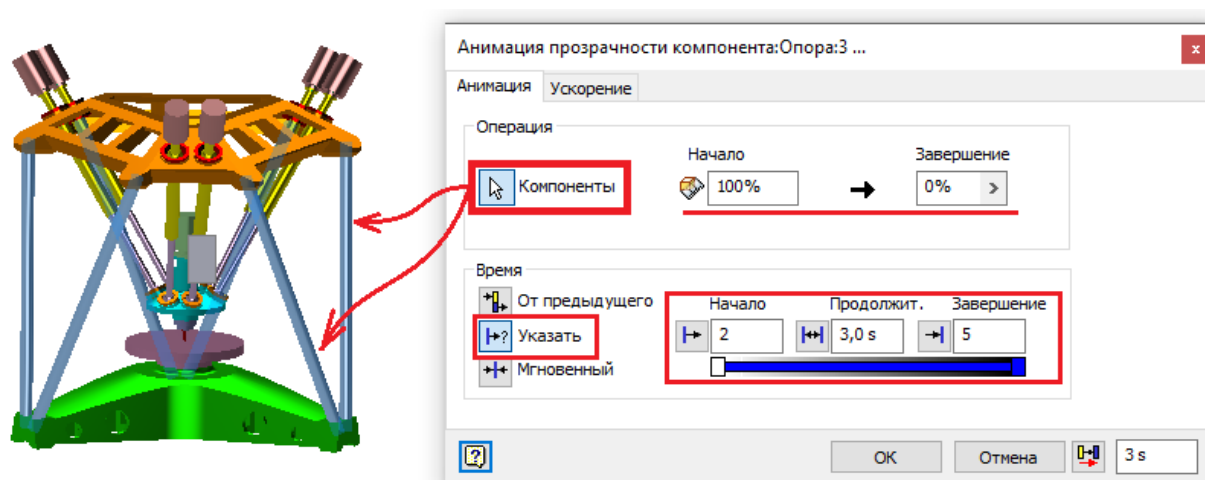


Рисунок 15.11 – Настройки прозрачности

Результатом применения команды станет появление новых элементов во временной шкале

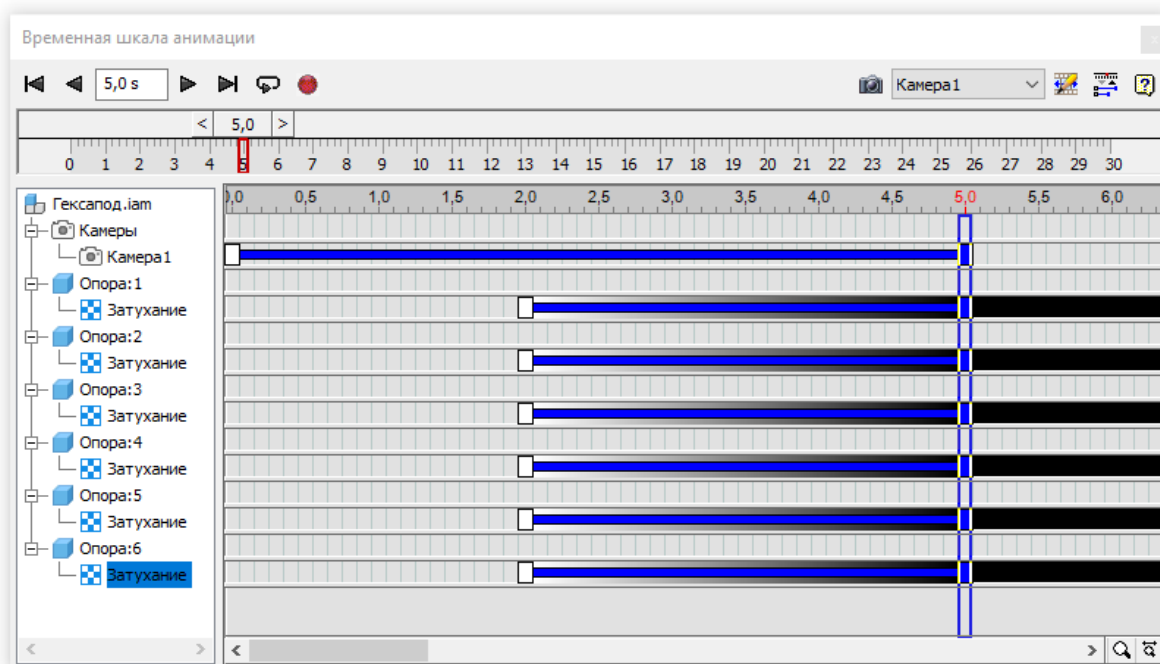


Рисунок 15.12 – Состояние временной шкалы после операции «Затухание»

В случае необходимости изменения параметров созданной операции анимации необходимо активировать операцию двойным кликом по ее изображению в шкале и изменить настройки, или же изменить размеры и расположение операции в шкале путем ее растягивания и перетягивания.

Кроме того, шкала позволяет отображать модель в состоянии применения операций анимации в определенной временной точке, например, в случае установления времени шкалы равным 5 секундам и наличии описанных операций модель станка примет вид, показанный на рисунке

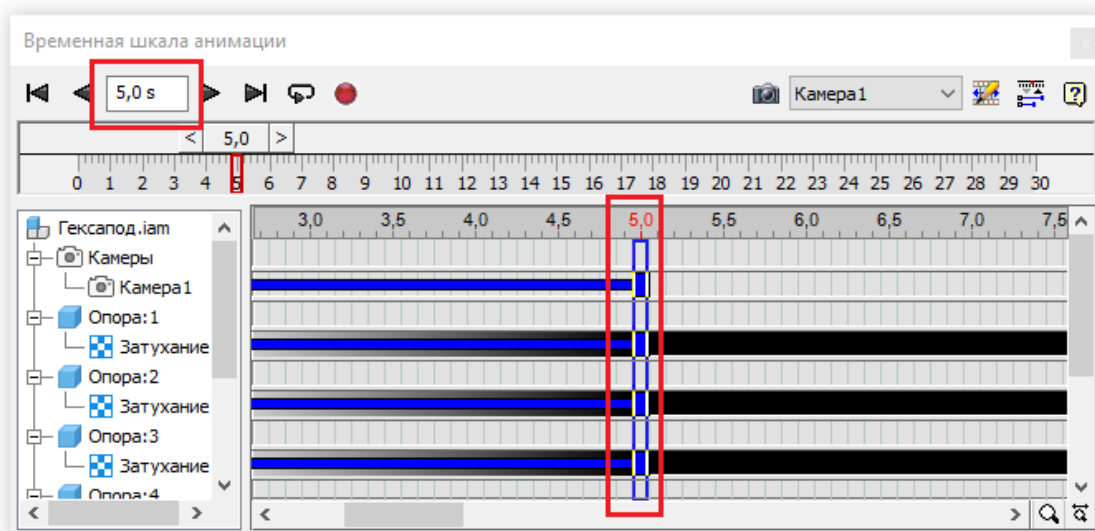
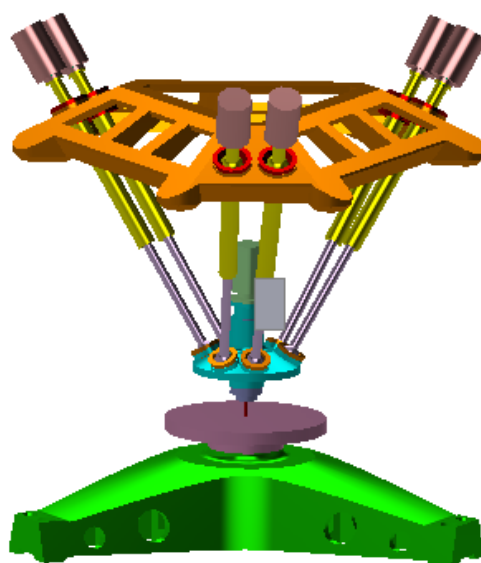


Рисунок 15.13 – Состояние модели в определенной временной точке

Для решения задачи изменения положения камеры необходимо изменить время на шкале до 6 секунд, после чего при помощи видового куба, операций зумирования, панаромирования выставить новый вид на модель, пример которого показан на рисунке после чего нажать иконку камеры на временной шкале.

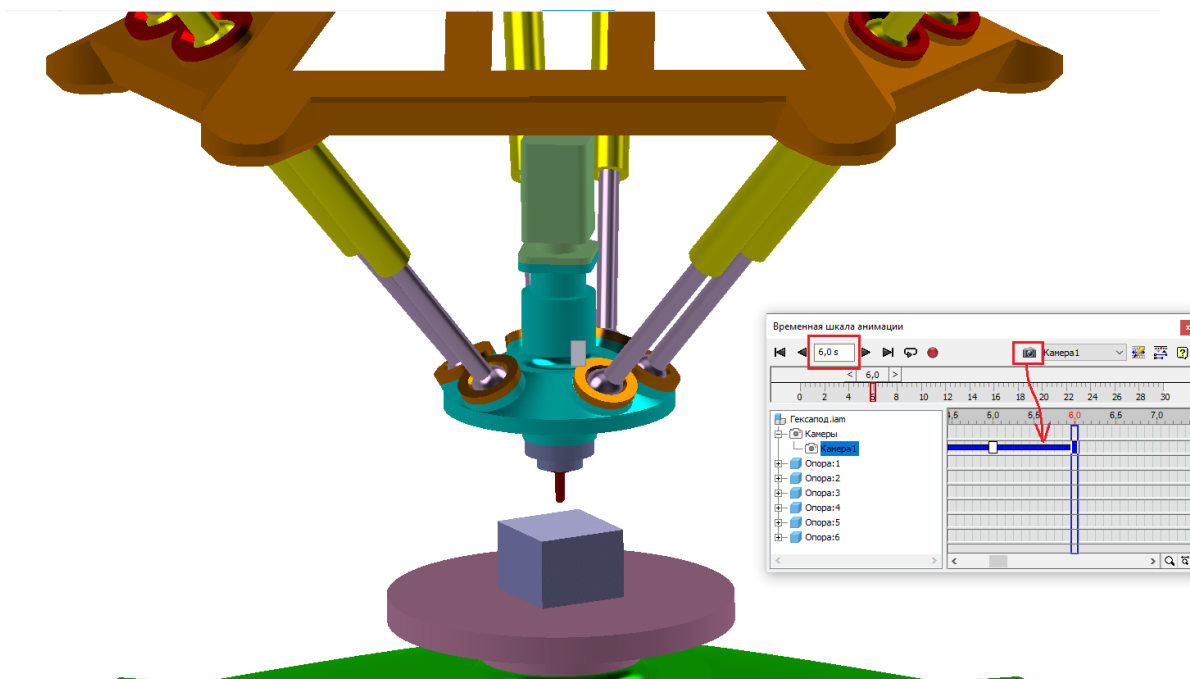


Рисунок 15.14 – Переориентация камеры на новый вид

Данное действие приведет к переориентации камеры на новый вид, которая будет происходить, начиная с 5 секунды.

Помимо изменения положения камеры согласно представленному сценарию должен производиться подвод инструмента к зоне резания. Для выполнения перемещения инструмента на начальном этапе необходимо определить начальные и конечные координаты инструмента.

В качестве начальных координат инструмента используются координаты 0, 0, 200 по осям X, Y, Z соответственно. В качестве обрабатываемой детали в модели используется параллелепипед размерами 200x200x150 по осям X, Y, Z, центр которого расположен в точке начала координат. Диаметр инструмента составляет 20 мм. Соответственно необходимо изменить координаты инструмента со значений 0, 0, 200 на значения 110, 110, 160. Координаты 110 по осям X и Y позволят подвести режущую кромку инструмента к детали в горизонтальной плоскости, а координата по оси Z, равная 160 мм, будет являться точкой переключения движения инструмента на рабочую подачу.

Реализация данных действий в среде анимации может быть выполнена двумя способами: при помощи управления зависимостями или при помощи управления параметрами. Так как в модели станка введены пользовательские переменные, управляющие положением инструмента, рассмотрим процесс анимации на основе избранных параметров.

Для создания избранных параметров необходимо открыть окно параметров в среде анимации и установить необходимым параметрам соответствующие настройки, пример чего показан на рисунке

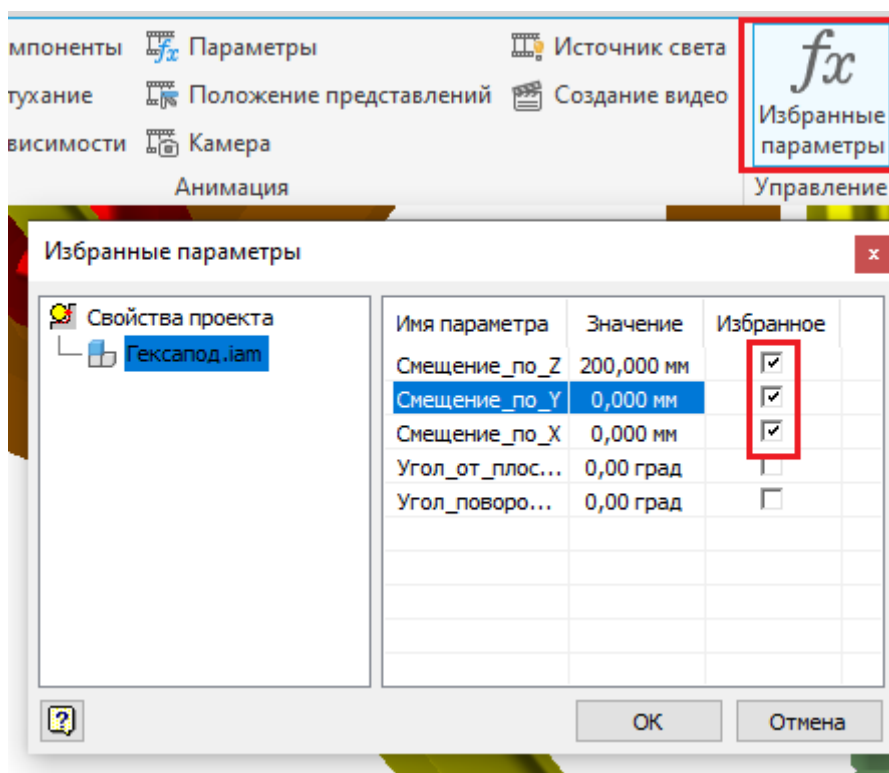


Рисунок 15.15 – Создание избранных параметров

После этого временная шкала переводится в состояние начала перемещения вида камеры (5 секунд) и активируется функция «Параметры» на панели «Анимация». В открывшемся окне указывается один из параметров, управление которым необходимо осуществить, и задаются его начальное и конечное состояния, время изменения состояния и характер движения. Пример настроек функции перемещения по оси X показан на рисунке

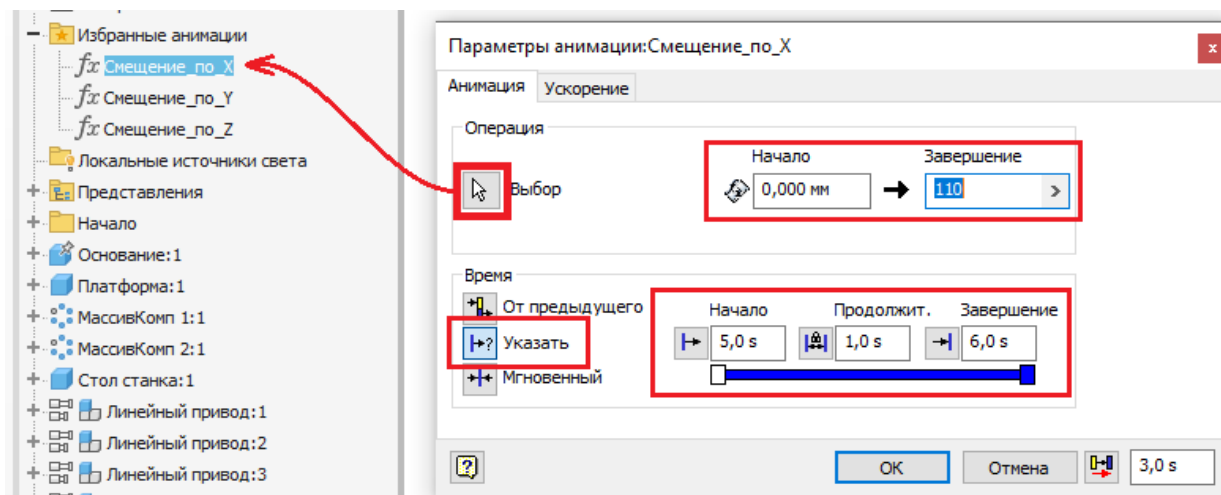


Рисунок 15.16 – Изменение значения параметра по оси X

Аналогичные действия выполняются для параметров «Смещение по оси Y», «Смещение по оси Z». Далее начинается создание анимации процесса резания, которая также выполняется на основе последовательного изменения координат режущего инструмента.

После завершения работы над созданием перемещений, настройки сцены и камер, производится запись результатов в видеоролик. Для этого выполняется активация функции «Визуализация анимации» и в открывшемся окне задаются необходимые настройки по разрешению, количеству кадров, методах визуализации, имени и формату видеофайла. Завершается работа с окном нажатием кнопки «Визуализация», после которой происходит процесс просчета изображения и его запись в файл. Пример настроек визуализации показан на рисунке

Следует заметить, что процесс визуализации результатов статических изображений и особенно анимации является весьма затратным относительно вычислительной мощности, из-за чего в зависимости от настроек может длиться несколько часов или дней. В связи с этим в рамках курсовой работы при создании видеоролика отключена необходимость рендеринга результатов, а запись производится исходя из настроек стандартного тонированного вида модели, что позволяет существенно

сократить время создания видеофайла. Производится отключение рендеринга установкой соответствующего флажка на функции «Просмотр: Не выполнять рендеринг».

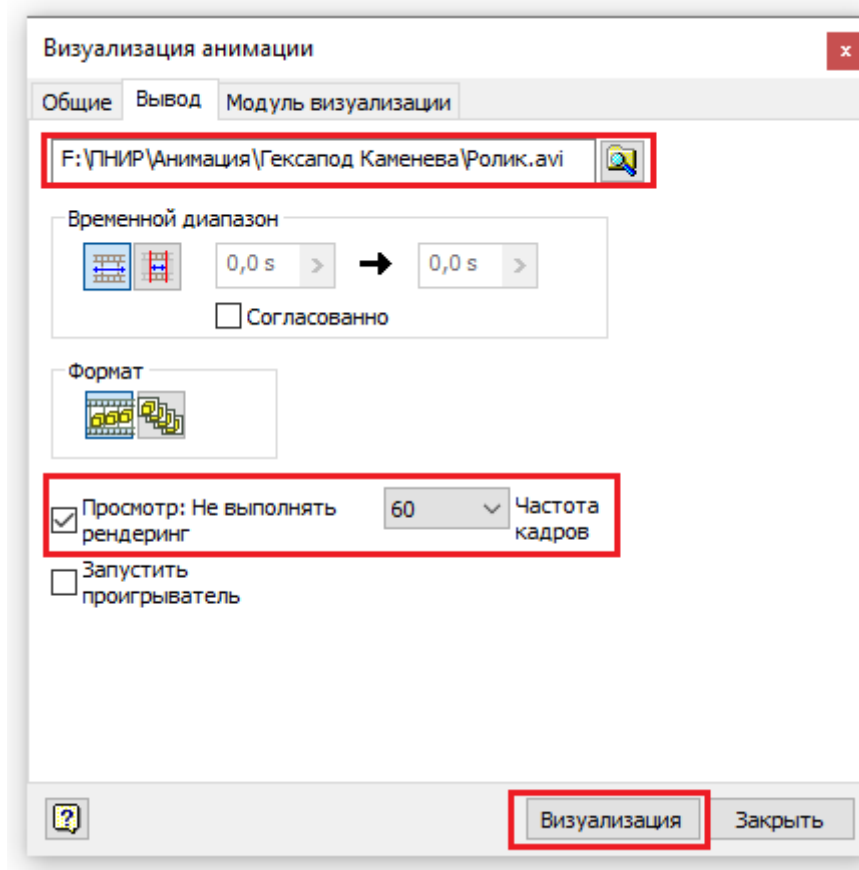


Рисунок 15.17 – Пример настроек визуализации

Результат создания анимации представлен в презентации к курсовой работе.

ЗАДАНИЯ

Произвести настройку анимации в соответствующем модуле CAD-системы. Выполнить анимацию модели, предложенной преподавателем. Создать демонстрационный ролик, показывающий работу устройства.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по практическому занятию студент предоставляет 3D-модель с настроенной анимацией, а также демонстрационный ролик.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Алгоритм создания анимации в среде CAD-систем.
2. Особенности управления зависимостям в процессе анимации.
3. Настройки вывода изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Косолапов, В. В. Компьютерная графика. Решение практических задач с применением САПР AutoCAD : учебно-методическое пособие / В. В. Косолапов, Е. В. Косолапова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 117 с. — ISBN 978-5-4486-0794-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85748.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Феоктистова, А. А. Основы 2D- и 3D-моделирования в программе AutoCAD : учебное пособие / А. А. Феоктистова, О. Л. Стаселько. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. — 103 с. — ISBN 978-5-9961-1617-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83707.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

16 Практическое занятие «Создание фотореалистичных изображений».

Цель работы: изучение основ работы с модулем создания фотореалистичных изображений для представления результатов работы в условиях распределенного коллектива.

Актуальность темы: обусловлена необходимостью методик представления результатов деятельности КБ, распределенных географически, с возможностью организации только онлайн связи. Знания, полученные в процессе выполнения лабораторной работы, будут необходимы на протяжении всей профессиональной деятельности.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В отличие от создания анимации работы механизма основной задачей при создании фотореалистичных изображений является настройка сцены, внешнего вида деталей, а также метода визуализации изображения.

Настройка сцены аналогична алгоритму, показанному при создании анимации.

Настройка внешнего вида деталей осуществляется при помощи функции «Представление модели». Ее активация приведет к открытию окна «Обозреватель видов», внешний вид которого показан на рисунке

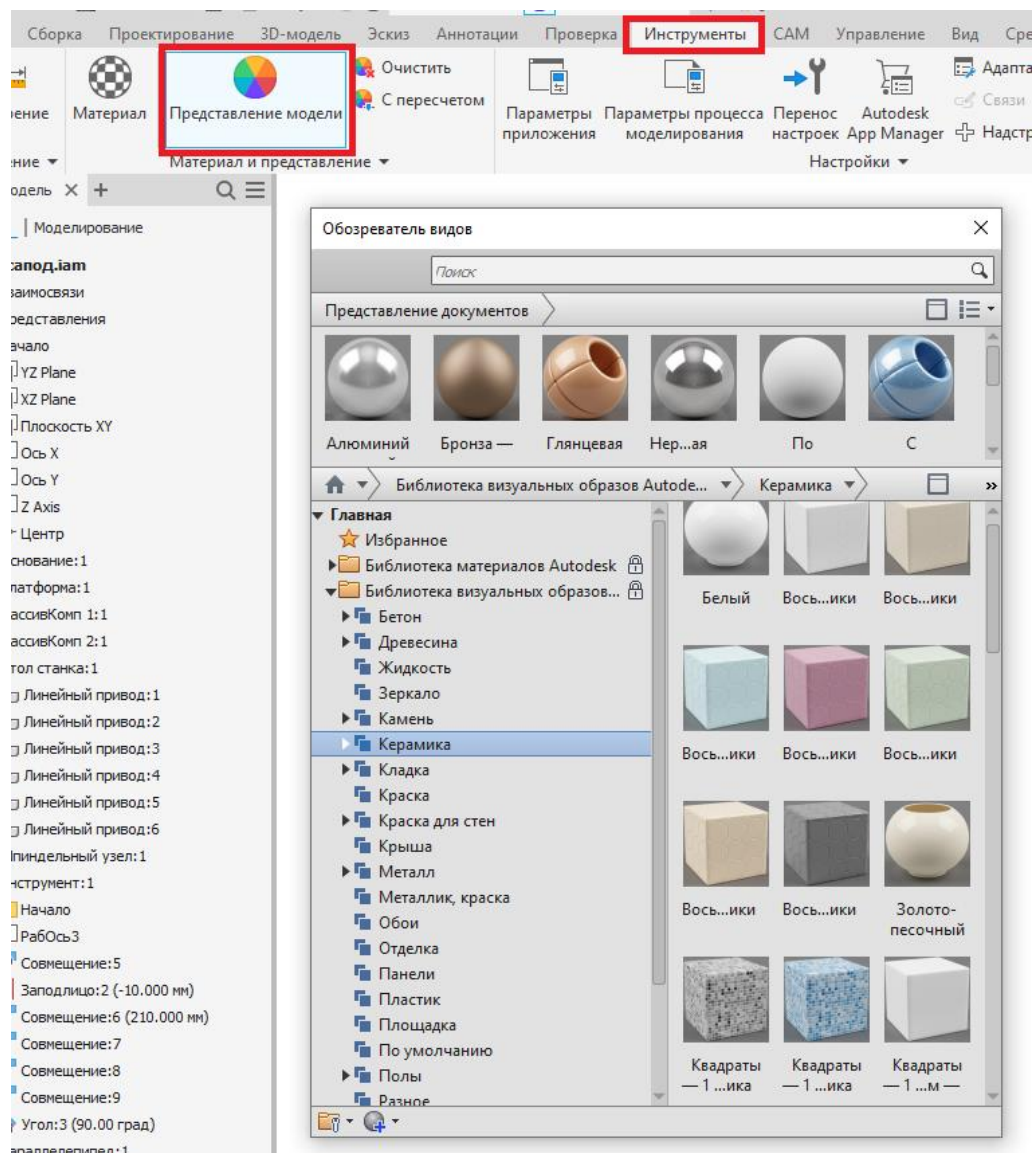


Рисунок 16.1 – Пример настроек визуализации

В верхней части этого окна расположены используемые в документе представления материалов, а в нижней - список доступных библиотек и иконки материалов в них. Назначение материала для модели осуществляется выбором необходимой детали при открытом окне обозревателя видов, определением необходимого материала и вызовом на нем контекстного меню, в котором производится активация функции «Назначить выбранным объектам».

Результат преобразования представлений материалов модели для

рассматриваемой модели представлен на рисунке

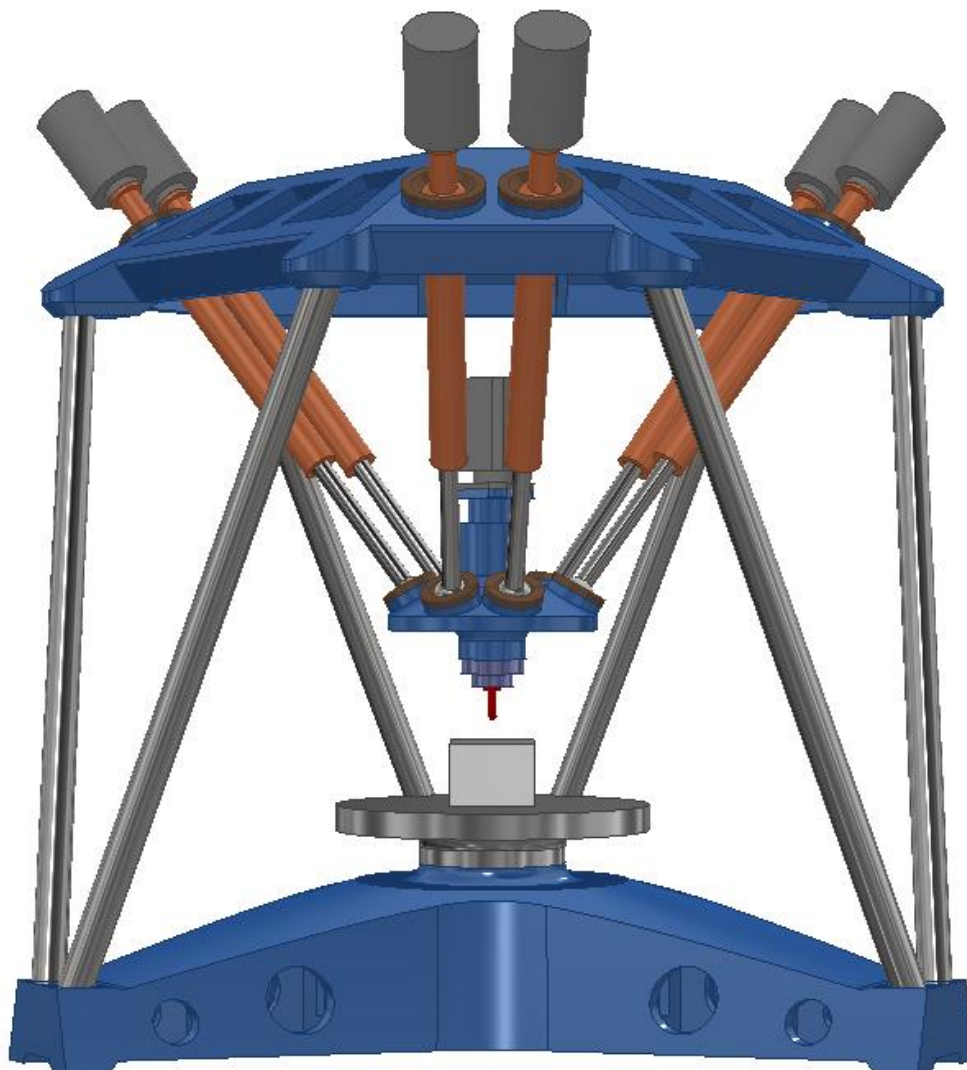


Рисунок 16.2 – Пример настроек визуализации

Следом за назначением представлений материалов производится настройка камеры или текущего вида модели при помощи команд позиционирования модели в рабочей области и запуск визуализации изображения.

При визуализации изображений в отличие от анимации отсутствует необходимость отключения рендеринга, но требуется настройка его метода и количества итераций при построении изображения. Для этого необходимо перейти к вкладке «Модуль визуализации» окна «Визуали-

зация изображения» и указать количество итераций, точность освещения и материала, а также метод сглаживания изображения. Пример настроек окна показан на рисунке

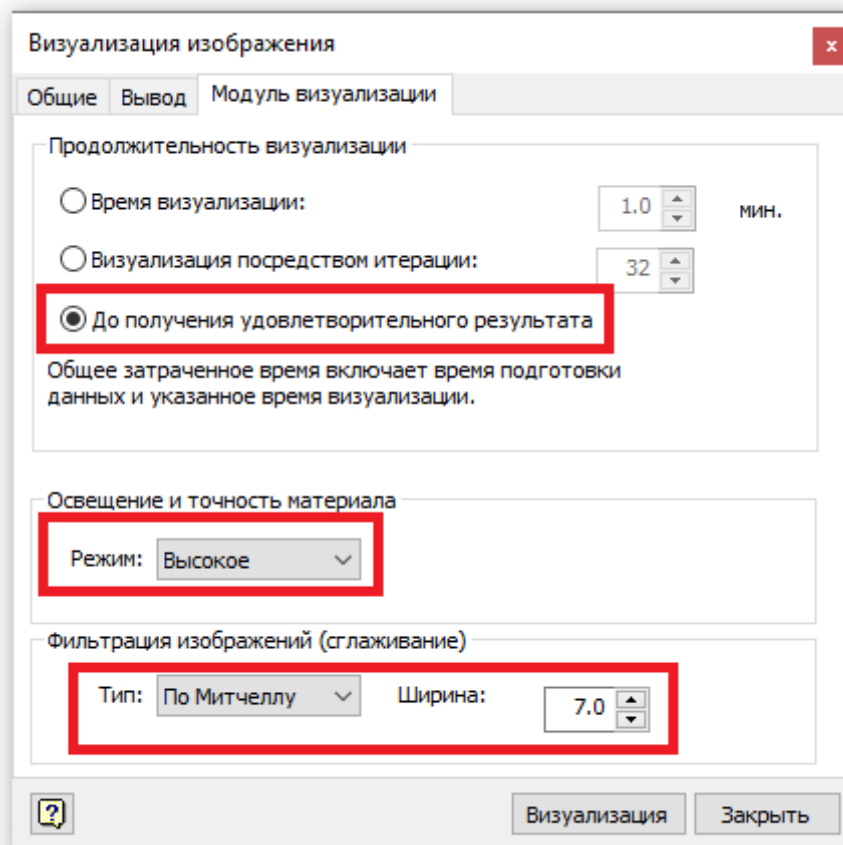


Рисунок 16.3 – Параметры визуализации

Так в показанном примере количество итераций неограниченно, хотя существует возможность ограничения по времени или их количеству. В данном случае пользователь самостоятельно определяет готовность изображения и останавливает процесс расчета.

Результат визуализации изображения станка на этапе 150 итераций показан на рисунке



Рисунок 16.4 – Результат визуализации модели станка

Сохранение изображения производится после остановки процесса визуализации при помощи кнопки, расположенной в правом верхнем углу окна с демонстрацией результата визуализации.

ЗАДАНИЯ

Выполнить настройку сцены и материалов 3D-модели представленной преподавателем. Выполнить фотореалистичное изображение цифрового прототипа.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В качестве отчета по практическому занятию студент предоставляет 3D-модель с созданными в модуле анимации сценами и фотореалистичные изображения механизма.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Алгоритм нанесения материалов на 3D-модель.
2. Алгоритм изменения стилий освещения.
3. Настройки вывода изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головицына, М. В. Основы САПР : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-4497-0921-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Косолапов, В. В. Компьютерная графика. Решение практических задач с применением САПР AutoCAD : учебно-методическое пособие / В. В. Косолапов, Е. В. Косолапова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 117 с. — ISBN 978-5-4486-0794-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85748.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Феоктистова, А. А. Основы 2D- и 3D-моделирования в программе AutoCAD : учебное пособие / А. А. Феоктистова, О. Л. Стаселько. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. — 103 с. — ISBN 978-5-9961-1617-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83707.html> (дата обращения: 18.01.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
«Виртуальные предприятия»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения по направленности (профилю) подготовки 15.03.05- Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и отражают основные этапы самостоятельной работы и требования к ее организации. Методические указания составлены в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования, рабочим учебным планом и программой дисциплины «Виртуальные предприятия».

Составитель к.т.н., доцент С.А. Сидоренко

Содержание

Введение.....	4
1. Общая характеристика самостоятельной работы при изучении дисциплины «Виртуальные предприятия»	5
2. План-график выполнения самостоятельной работы	8
3. Контрольные точки и виды отчетности по ним	9
4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала	10
5. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	13
6. Типовые контрольные задания	16
7. Список рекомендуемой литературы.....	20

Введение

Самостоятельная работа представляет собой вид к планируемой учебной и учебно-исследовательской деятельности студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основным принципом организации СРС является перевод всех студентов на индивидуальную работу с переходом от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли студента к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач.

Целями самостоятельной работы студентов является:

- научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией,
- заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию;
- развитие самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем;
- самостоятельное овладение знаниями, умениями и навыками из области профессиональными деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- систематизация, углубление и закрепление полученных знаний и умений;
- формирование умений использовать нормативную, справочную документацию и специальную литературу;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление плана работы, подготовка методического обеспечения);
- основной (реализация плана, поиск необходимой информации, переработка и усвоение материала, применение приобретенных знаний и навыков);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация).

1. Общая характеристика самостоятельной работы при изучении дисциплины «Виртуальные предприятия»

Цель: Целью изучения дисциплины «Виртуальные предприятия» является формирование набора профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Задачи дисциплины:

- изучение конструкции металлорежущего оборудования, методов его кинематической настройки и наладки на выполнение технологических операций;
- изучение основ эксплуатации, настройки и наладки, модернизации систем машиностроительного производства;
- изучение основ диагностики, регламентного обслуживания, эксплуатации и ремонта оборудования машиностроительного производства.

Цели и задачи самостоятельной работы: Самостоятельная работа направлена на решения ряда задач, к которым относятся:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу;

- развитие познавательных способностей и активности студентов;
- творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Виды самостоятельной работы

Рабочей программой по дисциплине предусмотрено самостоятельное изучение материалов по темам практических работ.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта по заданным темам на базе рекомендованной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам, оформление отчета, поиск необходимой справочной информации.

В результате выполнения указанных видов самостоятельной работы происходит формирование профессиональной компетенции, представленной ниже:

ПК-8 Способен использовать методы искусственного интеллекта и машинного обучения для решения прикладных задач предметной области

В рамках формируемой дисциплиной компетенций студент овладевает знаниями, умениями и владениями, указанными в таблице

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-8 Способен использовать методы искусственного интеллекта и машинного обучения для решения	ИД-1 _{ПК-8} Анализирует технологии и программные средства для решения прикладных задач предметной области	Способен анализировать технологии и программные средства для решения прикладных задач предметной области

прикладных задач предметной области	ИД-2 ПК-8 Анализирует возможности алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения для решения прикладных задач предметной области	Способен анализировать возможности алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения для решения прикладных задач предметной области
-------------------------------------	---	--

Для успешного выполнения данного вида работ, необходимо самостоятельно детально изучить материалы по представленным темам по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Подготовка к практическим занятиям	1	1,2	1,2	1,2,3
2	Самостоятельное изучение материала по темам 1-9	1	1,2	1,2	1,2,3

При изучении материалов по каждой теме необходимо составить краткий конспект наиболее важной информации.

Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе студентов относится подготовка к практическим занятиям по результатам которой студент представляет отчет преподавателю и проходит собеседование.

При самостоятельной подготовке к практическому или лабораторному занятию студент:

- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ;
- изучает информационные материалы;
- подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями.

Также в качестве самостоятельной работы студента предусмотрено выполнение контрольной работы задачи, календарный план, формируемые ком-

петенции и рекомендации по выполнения которой представлены в соответствующих методических указаниях.

2. План-график выполнения самостоятельной работы

Правильная организация самостоятельной работы и ее систематичность, позволяет развивать умения и навыки; проводить систематизацию полученных знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Студентам при самостоятельном изучении материалов по представленным темам следует придерживаться приведенного ниже графика:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
1	Технологии искусственного интеллекта	1 неделя
2	Экспертные системы	2 неделя
3	Анализ автоматизированных системы управления на предприятии	6 неделя
4	Производственные автоматизированные системы	8 неделя
5	Процесс формирования и организации виртуальных предприятий	10 неделя
6	Логистика как основа для планирования виртуального предприятия	12 неделя
7	CALS-технологии для виртуальных предприятий	14 неделя
8	Современные концепции CALS-технологий	16 неделя

Технологическая карта самостоятельной работы обучающегося

очная форма обучения

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
6 семестр					
ИД-1 _{ПК-8} ; ИД-2 _{ПК-8}	Подготовка к лекциям	Собеседование	2,9	0,3	3,2
ИД-1 _{ПК-8} ; ИД-2 _{ПК-8}	Подготовка к практическим занятиям	Собеседование	5,8	0,6	6,4

ИД-1ПК-8; ИД-2ПК-8	Самостоятельное изучение материала по темам 1-16	Собеседование	31	3,4	34,4
Итого за _6 семестр			39,7	4,3	44
Итого			39,7	4,3	44

3. Контрольные точки и виды отчетности по ним

При изучении дисциплины в соответствии с рабочей программой требуется сдать представленные ниже контрольные точки.

Описание шкалы оценивания

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация

Процедура зачета как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Зачет выставляется по результатам работы в семестре.

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими практические занятия по дисциплине, в форме собеседования проводимого по результатам выполнения практических работ. Допуск к защите практических работ происходит при наличии у студентов выполненного задания. Защита отчета проходит в форме собеседования по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если задание соответствует установленным требованиям, а ответы на задаваемые вопросы полностью раскрывают суть работы.

Основанием для снижением оценки являются:

- небрежное оформление отчета;.

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- неверные результаты расчетов или измерений;
- ошибки в выводах;

- неспособность защиты материала практической работы;
- не согласие студента с оценкой.

Критерии оценивания компетенций указаны после каждого вида самостоятельной работы

4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги. Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа. Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько

осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в

логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ КОНСПЕКТА:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;
2. Выделите главное, составьте план;
3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

5. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются практические занятия. Основная цель таких занятий – помочь студентам глубже усвоить учебный материал, приобрести навыки творческой работы над документами и первоисточниками. Планы практических занятий, их тематика, рекомендуемая литература, цель и задачи ее изучения сообщаются преподавателем на вводных занятиях и в методических указаниях по данной дисциплине.

При подготовке к занятию студенту необходимо, прежде всего, найти страницы в конспекте лекций, разделы в учебниках и учебных пособиях, чтобы получить общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Подготовка к занятию включает 2 этапа:

1й – организационный;

2й - закрепление и углубление теоретических знаний.

На первом этапе студент планирует свою самостоятельную работу, которая включает:

- уяснение задания на самостоятельную работу;
- подбор рекомендованной литературы;
- составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки. Составление плана дисциплинирует и повышает организованность в работе.

Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных по-

ложений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. В начале занятия студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия, раскрывают и объясняют основные положения публичного выступления. В процессе творческого обсуждения и дискуссии вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода ораторской деятельности.

Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе. Большое значение имеет совершенствование навыков конспектирования у студентов.

Преподаватель может рекомендовать студентам следующие основные формы записи: план (простой и развернутый), выписки, тезисы. Результаты конспектирования могут быть представлены в различных формах.

План – это схема прочитанного материала, краткий (или подробный) перечень вопросов, отражающих структуру и последовательность материала. Подробно составленный план вполне заменяет конспект.

Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника. Различаются четыре типа конспектов:

- План-конспект – это развернутый детализированный план, в котором достаточно подробные записи приводятся по тем пунктам плана, которые нуждаются в пояснении.
- Текстуальный конспект – это воспроизведение наиболее важных положений и фактов источника.
- Свободный конспект – это четко и кратко сформулированные (изложенные) основные положения в результате глубокого осмысливания материала. В нем могут присутствовать выписки, цитаты, тезисы; часть материала может быть представлена планом.
- Тематический конспект – составляется на основе изучения ряда источников и дает более или менее исчерпывающий ответ по какой-то схеме (вопросу).

При подготовке к практическому занятию в качестве альтернативной замены конспекту преподаватель может предложить студентам составление презентаций.

Защита практической работы проводится в виде беседы со студентом по анализу полученных результатов, выводов и теоретическим основам материала по вопросам для собеседования.

6. Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризую-

щие этапы формирования компетенций

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета, являющегося накопительной формой оценивания, выставяющейся по результатам текущего контроля.

Вопросы для собеседования

Тема 1.	Технологии искусственного интеллекта.
1	Направления развития искусственного интеллекта.
2	Данные и знания.
3	Модели представления знаний.
Тема 2.	Экспертные системы
1	Структура и классификация экспертных систем.
2	Инструментальные средства построения экспертных систем.
Тема 3.	Анализ автоматизированных системы управления на предприятии.
1	Обеспечение информационных систем на предприятии.
2	Иерархия автоматизированных систем на предприятии.
Тема 4.	Производственные автоматизированные системы
1	MES автоматизированная система управления и оптимизации производства.
2	SCADA -системы диспетчерского управления и сбора данных.
3	IETM интерактивные электронные технические руководства.
4	CAD/CAM/CAE системы.
Тема 5.	Процесс формирования и организации виртуальных предприятий
1	Основные понятия.
2	Понятия и определения: виртуальный рынок; виртуальная реальность; виртуальное предприятие.
Тема 6.	Логистика как основа для планирования виртуального предприятия
1	Основы создания виртуального предприятия.
2	Этапы организации виртуального предприятия
3	Проектирование процессов
4	Привязка к ресурсам
Тема 7.	CALS-технологии для виртуальных предприятий.
1	Определение потребностей виртуального предприятия.
2	Совершенствование информационной инфраструктуры
Тема 8.	Современные концепции CALS-технологий
1	Единое информационное пространство.

2	Базовые CALS-принципы.
3	Виртуальное предприятие .
Тема 9.	Вопросы внедрения CALS-технологий.
1	Классификация организационных форм виртуальных предприятий.
2	Национальные стандарты России в области CALS – технологий
Тема 1.	Технологии искусственного интеллекта.
1	Стратегии получения знаний.
Тема 2.	Экспертные системы
1	Технология разработки экспертных систем.
Тема 3.	Анализ автоматизированных системы управления на предприятии.
1	Системы автоматизации и управления этапами снабжения предприятия и других бизнес процессов.
Тема 4.	Производственные автоматизированные системы
1	PDM- системы.
2	PLM-системы.
Тема 5.	Процесс формирования и организации виртуальных предприятий
1	Тенденции развития современных рынков, их влияние на развитие новых форм организации и управления предприятием.
Тема 6.	Логистика как основа для планирования виртуального предприятия
1	Привлечение ресурсов по контрактам.
2	Производственная логистика.
3	Мониторинг процессов.
4	Управление предприятием.
5	Алгоритм организации виртуального предприятия
Тема 7.	CALS-технологии для виртуальных предприятий.
1	Система управления данными об изделии.
2	ОБЗОР CALS-СТАНДАРТОВ.
Тема 8.	Современные концепции CALS-технологий
1	Пример организации виртуального предприятия
2	Методы и язык описания объектов и процессов в ЖЦИ .
Тема 9.	Вопросы внедрения CALS-технологий.
1	Основные отличия традиционных и виртуальных форм организаций.
2	Нормативная база технологии CALS.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки, при ответе на вопрос привлечены дополнительные источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о повышенном уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о базовом уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о частичном усвоении базового уровня усвоения компетенций.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоении компетенций.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед собеседованием по теме студент должен выполнить и защитить лабораторные работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-1_{ПК-8}, ИД-2_{ПК-8}. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2...3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;

- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- правильность и четкость ответов;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1 _{ПК-8} , ИД-2 _{ПК-8}	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

7. Список рекомендуемой литературы

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1.1. Перечень основной литературы:

1. Зубарев, Ю. М. Технология автоматизированного производства / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 216 с. — ISBN 978-5-507-46188-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/327350>.
2. Страшун, Ю. П. Технические средства автоматизации и управления на основе IoT/IIoT : учебное пособие для вузов / Ю. П. Страшун. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 76 с. — ISBN 978-5-507-50402-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/425111>

7.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Мещерякова, А. А. Основы CALS-технологий : учебное пособие / А. А. Мещерякова. — Воронеж : ВГЛУ, 2020. — 216 с. — ISBN 978-5-7994-0914-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/225308>.
2. Кутергин, В. А. Бизнес-инжиниринг. Модельная интерпретация управления изменениями / В. А. Кутергин. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 396 с. — ISBN 978-5-507-49013-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/367514>.

7.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1 Электронная версия методических указаний к выполнению практических работ по дисциплине «Виртуальные предприятия» для направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 2026.

2 Электронная версия методических указаний к самостоятельной работе по дисциплине «Виртуальные предприятия» для направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 2026

3 Электронная версия лекций по дисциплине «Виртуальные предприятия» для направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 2026.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. [http:// biblioclub.ru/](http://biblioclub.ru/) Университетская библиотека онлайн.
2. <http://www.rsl.ru> – Российская государственная библиотека.
3. <http://www.i-mash.ru> – ресурс машиностроения, каталог стандартов ЕСКД.
4. <http://www.cals.ru> / - проекты и решения в области информационного сопровождения и поддержки жизненного цикла наукоемких изделий;
5. <http://ascon.ru/> – комплексные решения для автоматизации инженерной деятельности и управления производством.
6. <http://www.iso.staratel.com/> – Нормативно-справочная информация широкого спектра проблем: управление процессами производства; управление качеством; информационные технологии;