

ООО «Диамат»

А.В. Бредихин, В.В. Ветохин, М.И. Чижов

Технологии информационного сопровождения
жизненного цикла изделия для
конструкторско-технологической подготовки
производства

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Воронеж 2022

УДК 51-7
ББК 30.601
Б87

Рецензенты:

Зав. кафедрой графики, конструирования и информационных технологий в промышленном дизайне ВГТУ, г. Воронеж

А.В. Кузовкин

д.т.н., профессор

Зав. кафедрой автоматизированных вычислительных систем ВГТУ, г. Воронеж

В.Ф. Барабанов

д.т.н., профессор

Б8 Бредихин А.В. Ветохин В.В. Чижов М.И.

7 Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства / А.В. Бредихин, В.В.Ветохин, М.И.Чижов – Воронеж: Диамат, 2022. – 90с. URL: http://diamat.press/upload/doc/Tekhnologii_informacionnogo_soprovozhdeniya%20_ZhCI.pdf

ISBN 978-5-6048703-7-2

В учебном пособии представлены материалы по современным цифровым технологиям конструкторско-технологической подготовки производства. Приведены основные методы работы в единой информационной среде с применением программного комплекса программ Teamcenter\NX\Cortona3D\Replicator. Отдельное внимание уделено методике совместного проектирования изделия в электронном виде.

ISBN 978-5-6048703-7-2

УДК 51-7
ББК 30.601

© Бредихин А.В., Ветохин В.В. Чижов М.И. 2022

©Оформление. ООО «Диамат», 2022

ВВЕДЕНИЕ

CALS-технологии (англ. Continuous Acquisition and Lifecycle Support — непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий), или ИПИ (информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий) — подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоёмкой продукции, заключающийся в использовании компьютерной техники и информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия.

За счет непрерывной информационной поддержки обеспечиваются единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции, поставщиков/производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала. Информационная поддержка реализуется в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т. п. Предполагается, что успех на рынке сложной технической продукции будет немислим вне технологий CALS.

Развитие CALS-технологий должно привести к появлению так называемых виртуальных производств, в которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределён во времени и пространстве между многими организационно-автономными проектными студиями. Среди достижений CALS-технологий — лёгкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и др.

Построение открытых распределённых автоматизированных систем для проектирования и управления в промышленности составляет основу современных CALS-технологий. Главная проблема их построения — обеспечение единообразного описания и интерпретации данных, независимо от места и времени их получения в общей системе, имеющей масштабы вплоть до глобальных. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки её представления должны быть стандартизированными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделённых во времени и пространстве и использующих разные CAD/CAM/CAE-системы. Одна и та же конструкторская документация может быть использована многократно в разных проектах, а одна и та же технологическая документация — адаптирована к разным производственным условиям, что позволяет существенно сократить и удешевить общий цикл проектирования и производства. Кроме того, упрощается эксплуатация систем.

Для обеспечения информационной интеграции CALS использует форматы IGES и STEP. В CALS входят также стандарты электронного обмена данными, электронной

технической документации и руководства для организации и совершенствования процессов.

Работа по созданию национальных CALS-стандартов в России проводится под эгидой Росстандарта: с этой целью создан Технический комитет ТК459 «Информационная поддержка жизненного цикла изделий», силами которого разработан ряд стандартов серии ГОСТ Р ИСО 10303, являющихся аутентичными переводами соответствующих международных стандартов (STEP).

Содержание

1.	Знакомство с PLM системой Teamcenter	7
1.1.	Инсталляция клиентского ПО	7
1.2.	Регистрация в Teamcenter	16
1.3.	Интеграция с NX	25
1.4.	Использование внутренней почты	31
2.	Конструкторская подготовка производства изделия	33
2.1.	Принципы коллективного проектирования в PLM	33
2.2.	Организация процесса коллективного проектирования	35
2.3.	Создание электронного макета изделия	37
3.	Технологическая подготовка производства изделия в единой информационной среде	43
3.1.	Разработка управляющих программ для станка с ЧПУ	43
3.2.	Разработка УП ЧПУ в NX под управлением Teamcenter	46
3.3.	Разработка технологического процесса сборки	62
4.	Автоматизация рабочих процессов «Workflow»	77
5.	Прототипирование изделия на основе 3D модели	84
5.1.	Обзор технологии прототипирования	84
5.2.	Практическое применение 3D печати	87
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	93

1. Знакомство с PLM системой Teamcenter

1.1. Инсталляция клиентского ПО

Teamcenter — это PDM-система, обеспечивающая организацию коллективной работы сотрудников предприятия (группы предприятий) с данными об изделии и о связанных с ним процессах на всех этапах его жизненного цикла. Teamcenter занимает лидирующую позицию на мировом рынке среди систем подобного класса и широко используется в различных отраслях (машиностроение, приборостроение, электроника, промышленное и гражданское строительство, легкая промышленность, государственное управление, вооруженные силы и т.д.).

Teamcenter позволяет управлять данными об изделии на всех этапах его жизненного цикла: от сбора предварительной информации на преддоговорном этапе до ведения истории каждого экземпляра изделия в процессе его эксплуатации. На этапе, предшествующем началу разработки, система позволяет собирать, структурировать и управлять требованиями к изделию, а также управлять перепиской и другой информацией. На этапах конструкторско-технологической подготовки Teamcenter обеспечивает управление трехмерными моделями, чертежами, составом изделия, расчетными моделями, управляющими программами для станков с ЧПУ, технологическим составом и другими данными. И, наконец, на этапах производства, сервисного обслуживания, эксплуатации и утилизации изделия система позволяет управлять производственными составами, данными, описывающими проведение регламентных работ, эксплуатационными и другими документами. Teamcenter служит не только единым источником знаний об изделии, но и предоставляет широкий набор механизмов доступа к этим данным. Основанное на группах, ролях и персональных данных разграничение доступа позволяет организовать одновременную работу над одним изделием всех участников проекта и

гарантировать выполнение требований по конфиденциальности и защите информации. Кроме того, система обеспечивает совместную работу территориально удаленных друг от друга сотрудников, в том числе удаленный доступ и/или пакетные режимы обмена данными, а также обмен данными с ERP-системой предприятия.

Teamcenter управляет не только данными об изделии, но и процессами на всех этапах его жизненного цикла. Это, прежде всего, процедуры утверждения, внесения изменений, общие процессы проектирования, создания технической документации и любые другие бизнес-процессы, принятые на предприятии.

Перед установкой клиентского ПО Teamcenter необходимо установить Java VM (Рис. 1.1).

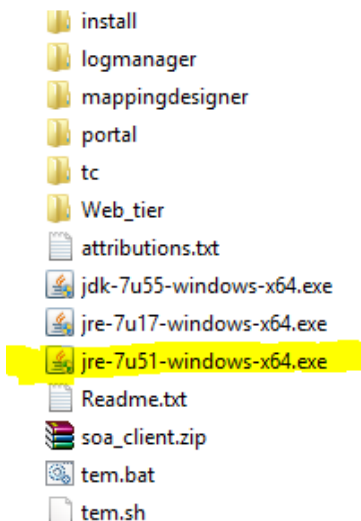


Рис.1.1. Дистрибутив Java VM

В переменном окружении создать переменную JRE_HOME (для 32 разрядной ОС), JRE64_HOME для 32 разрядной ОС(Рис. 1.2).

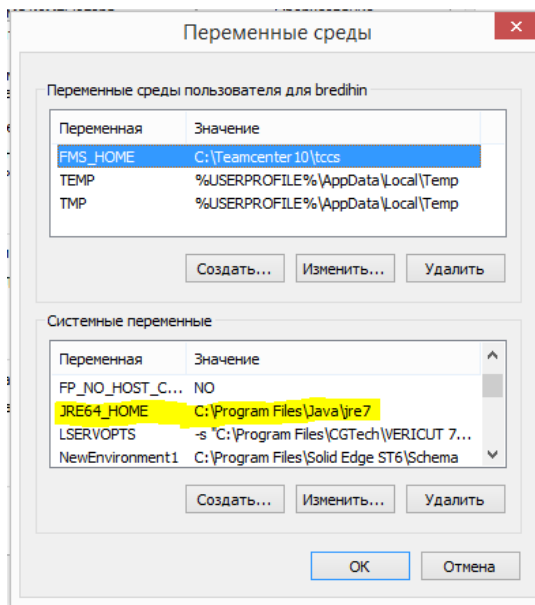


Рис.1.2. Переменное окружение

Запустить исполняемый файл «tem.bat» с правами администратора (Рис. 1.3).

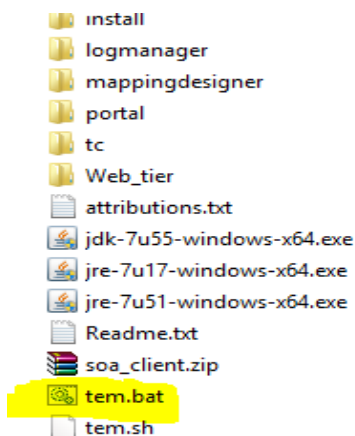


Рис. 1.3. Запуск инсталлятора Teamcenter

Выбрать язык установки ПО (Рис. 1.4).

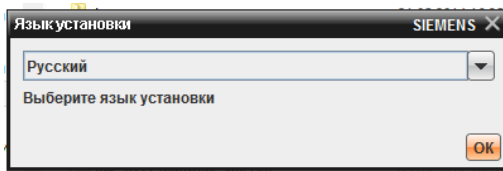


Рис. 1.4. Выбор языка установки

Заполнить поля в соответствии с рисунками 1.5-1.15.

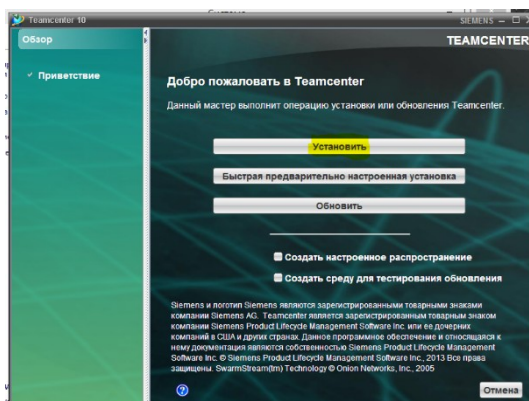


Рис.1.5. Нажать «Установить»

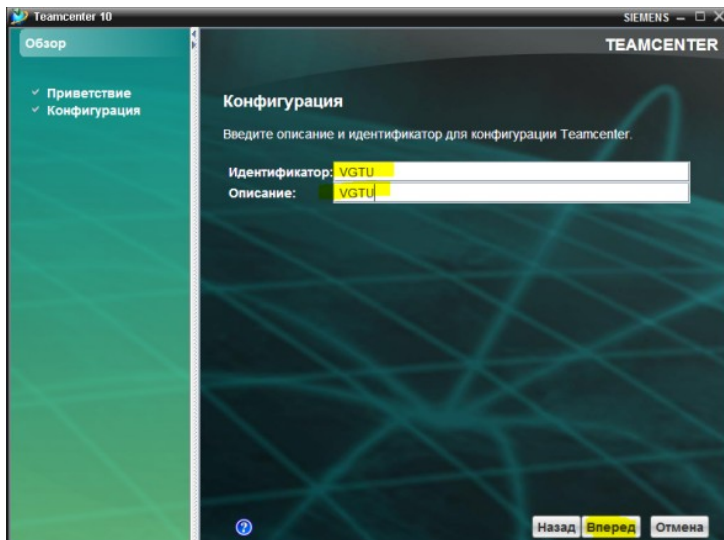


Рис. 1.6. Ввод идентификатора установки

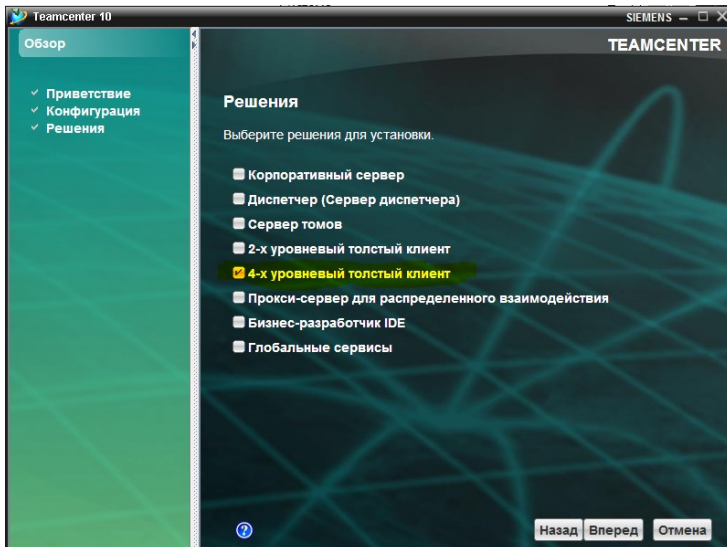


Рис. 1.7. Выбор решения

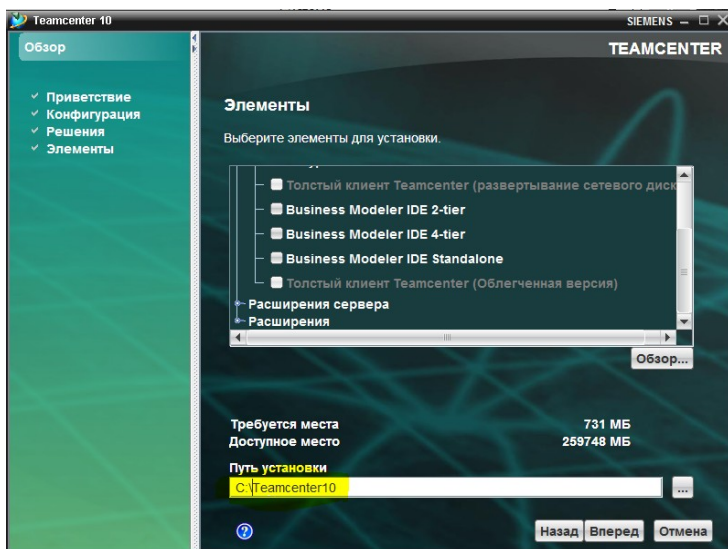


Рис.1.8. Выбор элементов для установки, назначение пути установки

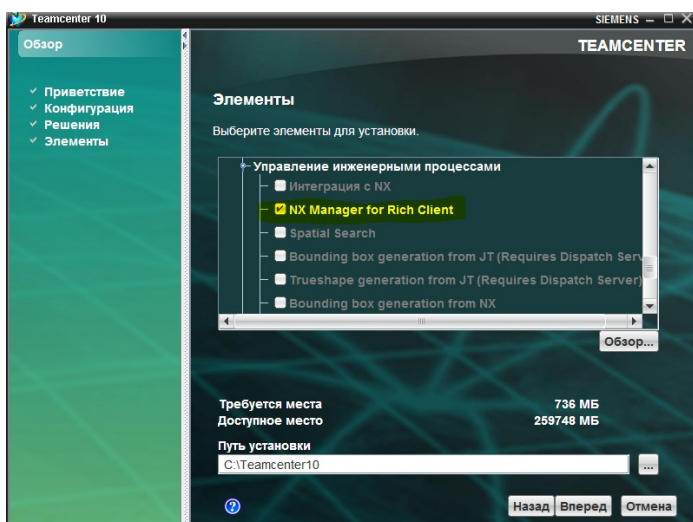


Рис.1. 9. Выбор установки интеграции с NX в разделе «Расширения»

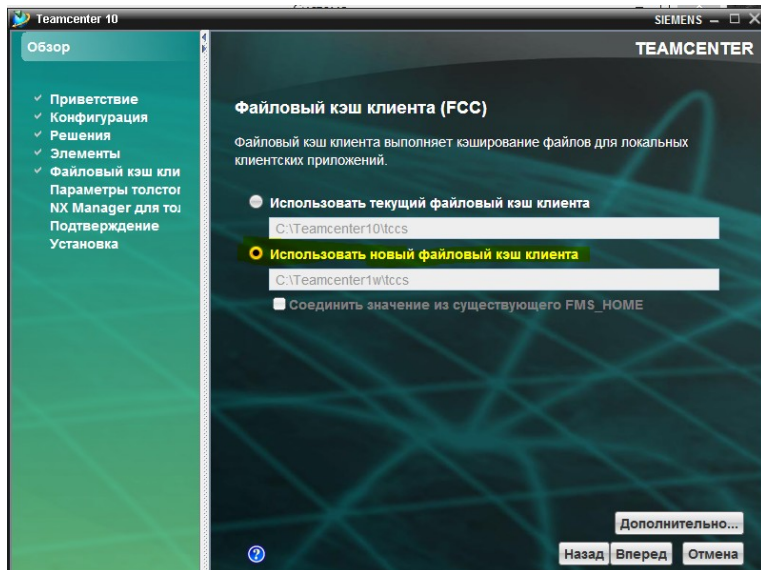


Рис. 10 Назначение FCC

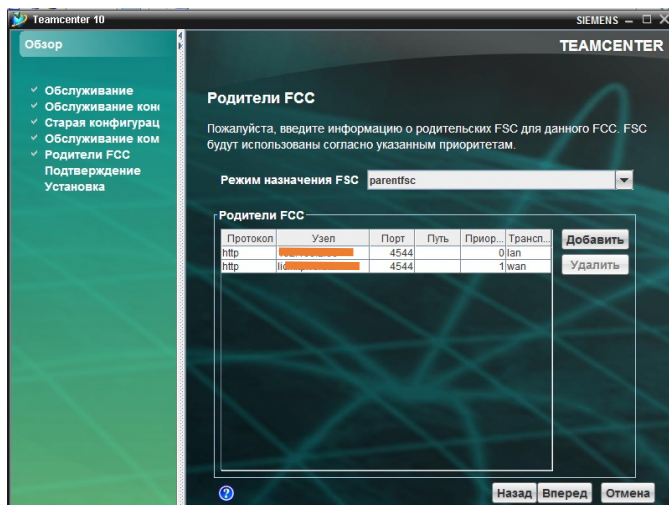


Рис. 1.11. Назначение родителей FCC (lan, wan)

В поле «Узел» указывается адрес сервера установки сервиса управления файлами (FMS).

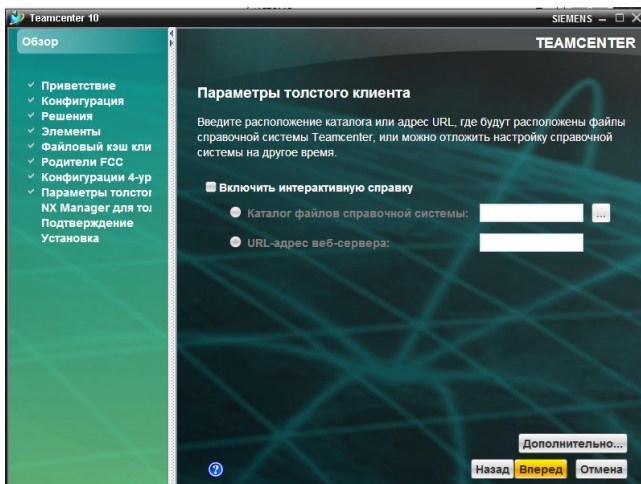


Рис. 1.12. Параметры толстого клиента (по умолчанию)

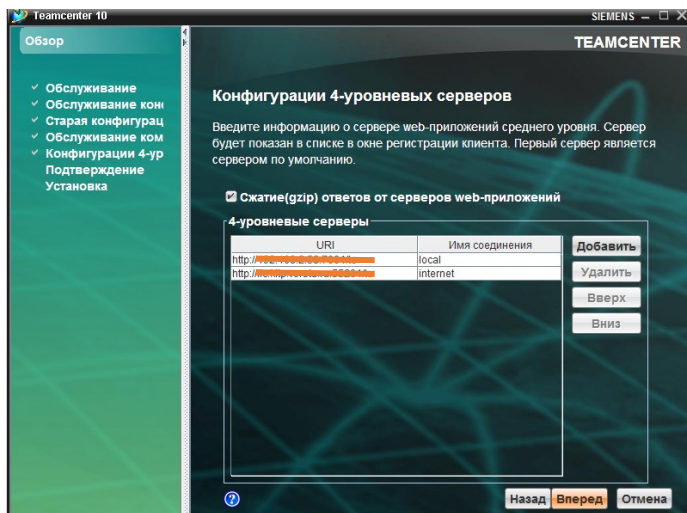


Рис. 1.13. Назначение конфигурации 4-уровневых серверов (local, Internet)

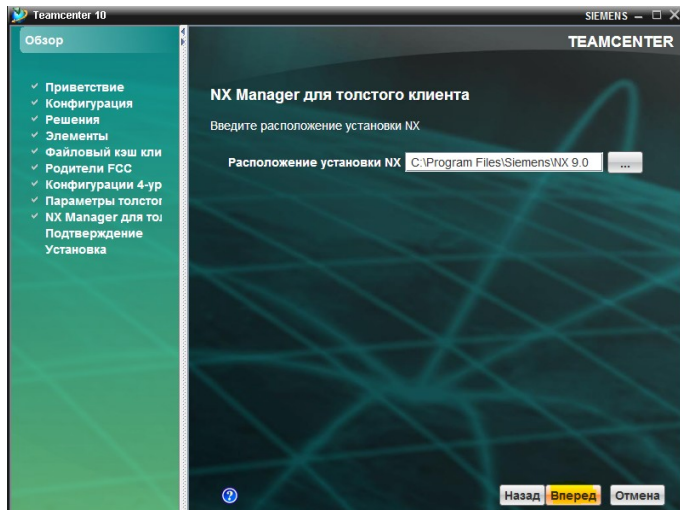


Рис. 1.14. Указание размещения NX

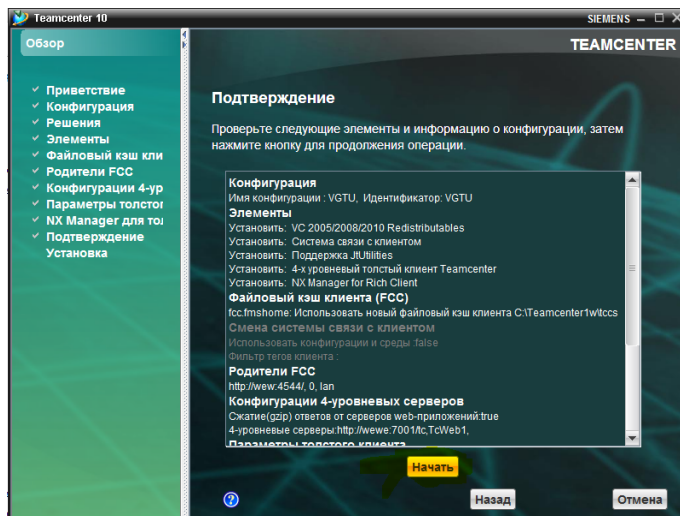


Рис. 1.15. Нажать «Готово»

1.2. Регистрация в Teamcenter

Каждый пользователь системы Teamcenter имеет личный профиль, что обеспечивает управление правами и доступа к информационным объектам и к инженерным данным в системе.

Для запуска клиента Teamcenter запустите размещенный в каталоге установки клиента файл «portal.bat» (Рис. 1.16).

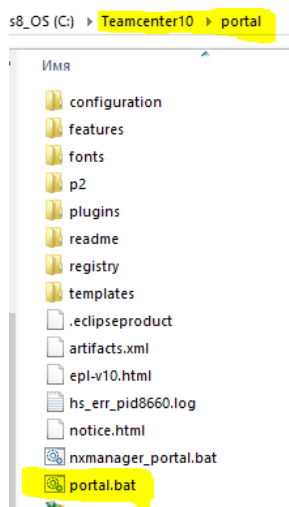


Рис. 1.16. Запуск клиентского ПО Teamcenter

Войдите в Teamcenter, вписав имя пользователя, пароль, группу (не обязательно) и выбрав базу данных в регистрации. Примечание – если не заполнять поле «группа», пользователь войдет в систему с группой по умолчанию.

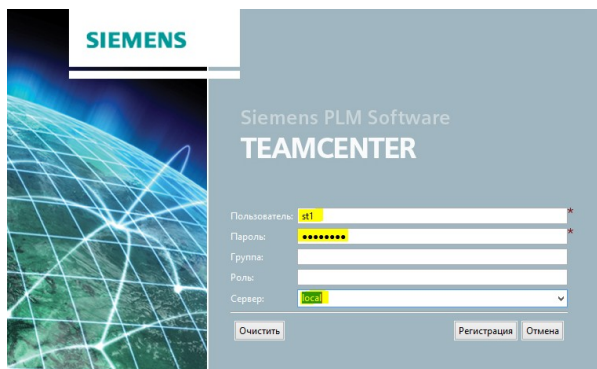


Рис. 1.17. Регистрация в Teamcenter

При успешной регистрации зайдите в приложение «Мой Teamcenter» (Рис. 1.18). Это приложение является основным для работы с данными.

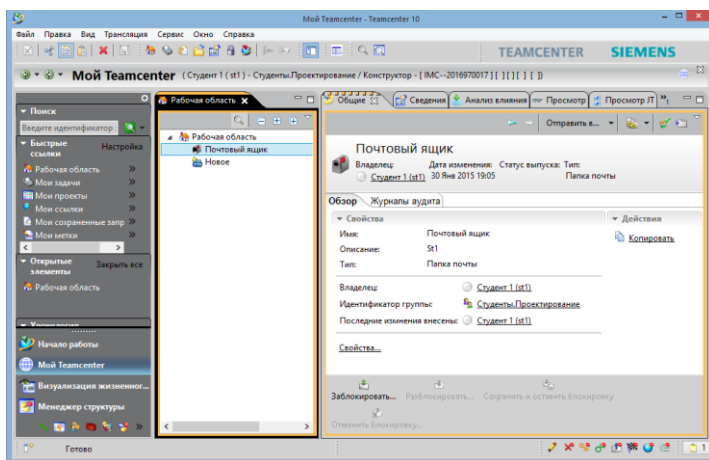


Рис. 18. Окно приложения «Мой Teamcenter»

1.2 Базовые операции с информационными объектами

Система Teamcenter оперирует следующими базовыми понятием:

Информационный объект согласно ГОСТ 2.053–2006 ЕСКД «Электронная структура изделия» – совокупность данных, обладающая атрибутами (свойствами) и методами, позволяющими определенным образом обрабатывать данные.

В Teamcenter существует специальный объект Item, используемый для управления данными в PDM системе. Item хранит и объединяет данные в широком диапазоне: от данных САD-системы до текстовой заметки и изображения.

Фактически Item - это контейнер, который может быть наполнен любой информацией.

Хранилищем информации в Teamcenter является база данных (для более легкого понимания можно провести параллель с одной огромной папкой в операционной системе, т.е. база данных – это единое пространство). Для размещения внутри базы данных Item-ов необходим механизм их идентификации, которым является уникальная цифровая метка (идентификатор), называемая Item ID.

Для более удобного восприятия пользователем, наряду с цифровым Item ID, существует классическое имя, за тем исключением, что в отличие от "большой папки", где может быть только один файл с одним каким-то именем в базе данных у ITEM могут быть одинаковые имена,

например:

ITEM ID = 000012, имя ITEM = крышка редуктора

ITEM ID = 001028, имя ITEM = крышка редуктора.

ITEM ID = 000045, имя ITEM = крышка редуктора.

ITEM ID = 001228, имя ITEM = крышка редуктора.

Для базы данных первичен идентификатор ITEM, имя же вторично.


Каждый Item имеет так называемую ревизию (модификацию).

Ревизия (модификация) — это непосредственный контейнер для какого-то варианта данных. Наличие ревизий у

Item-а позволяет вести хронологию вносимых изменений и иметь доступ к любому этапу изменения данных. Каждая ревизия Item-а имеет свой идентификатор, начальное значение которого задается в момент создания Item, по умолчанию идентификатор равен А. У Item всегда существует одна ревизия, количество ревизий неограниченно.

Объект Папка. В системе информация может быть структурирована в папках. Папки – это гибкий способ упорядочить информацию об изделии. Папки могут содержать любые объекты и/или другие папки.

Каждый пользователь может формировать свою структуру папок, размещая в них необходимые для его работы объекты.

Создайте в приложении «Мой Teamcenter» свою папку в рабочей области  Рабочая область.

Выделите «Рабочую область» зайдите в «Файл»→»Создать» → «Папка». Задайте имя папки, где «ФИО» - ваша фамилия и инициалы (Рис. 1.19).

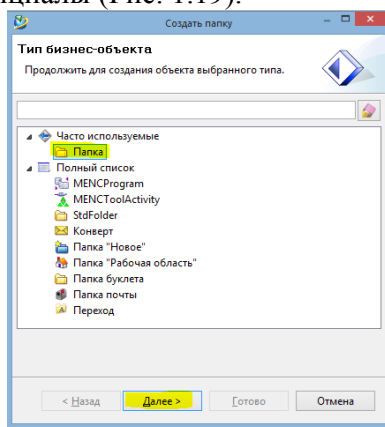


Рис. 1.19. Выбор типа создания папки

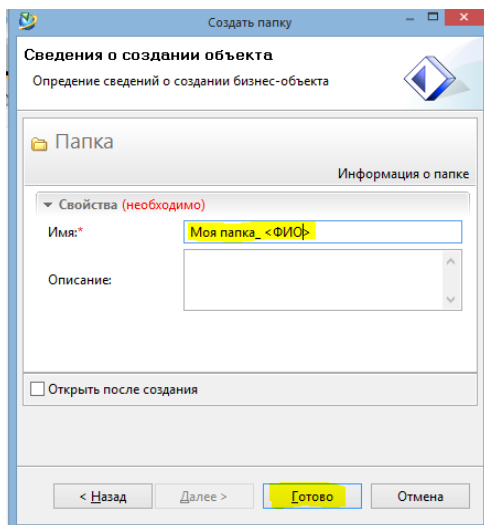


Рис. 1.20. Назначение имени папки

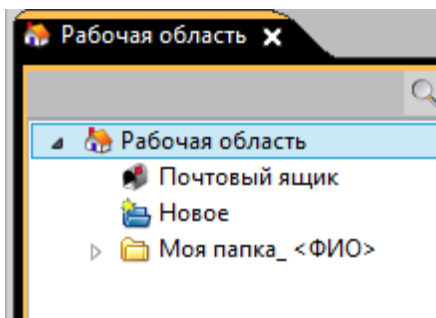


Рис. 1.21. Рабочая область

К примеру, вы можете создать в рабочей области объект типа «Документ» с обозначением DOC_<ФИО> и наименованием «Документ_<ФИО>»

Выделите «Рабочую область» зайдите в «Файл»→«Создать» → «Элемент».

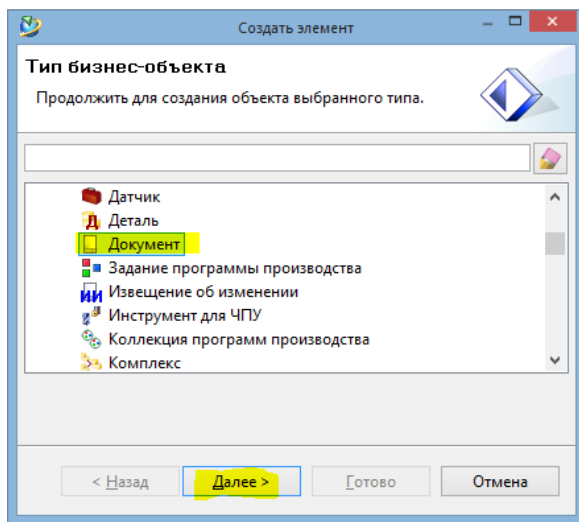


Рис. 1.22. Выбор типа создаваемого объекта

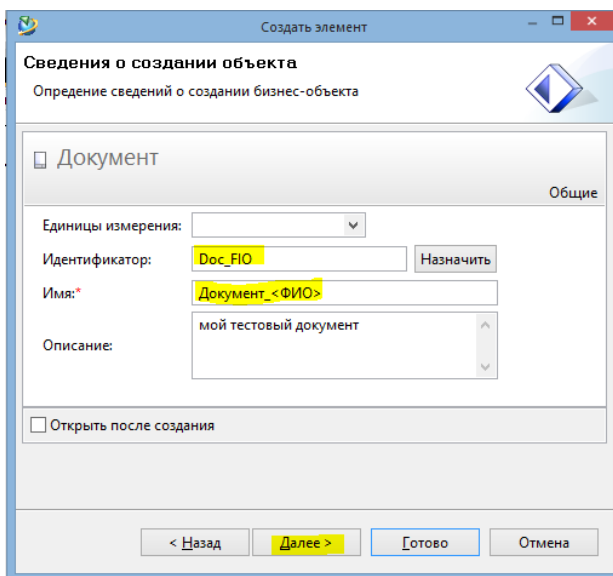


Рис. 1.23. Задание идентификатора и имени объекта

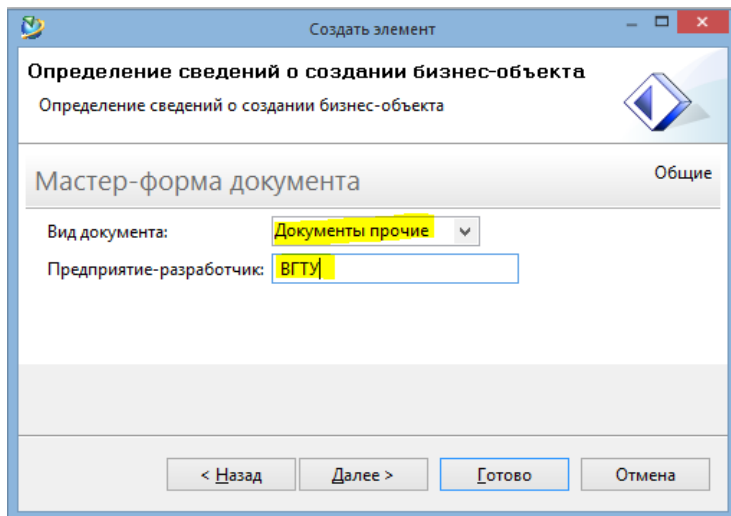


Рис. 1.24. Назначение типа документа

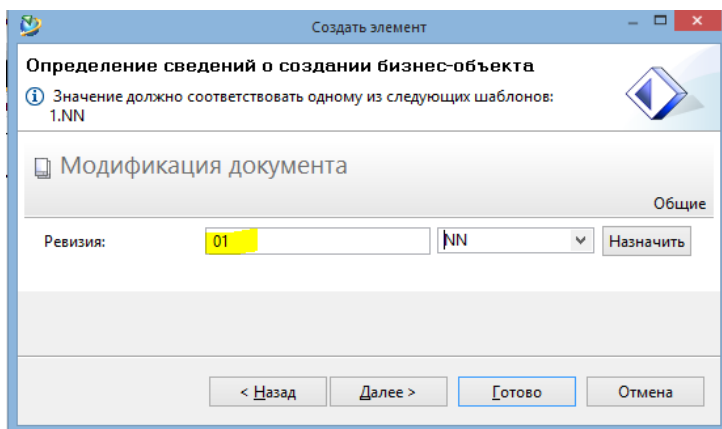


Рис.1.25 Назначение ревизии объекта

Созданный объект будет размещен в рабочей области.

Для помещения физических данных в систему Teamcenter существуют специальные объекты, называемые наборы данных.

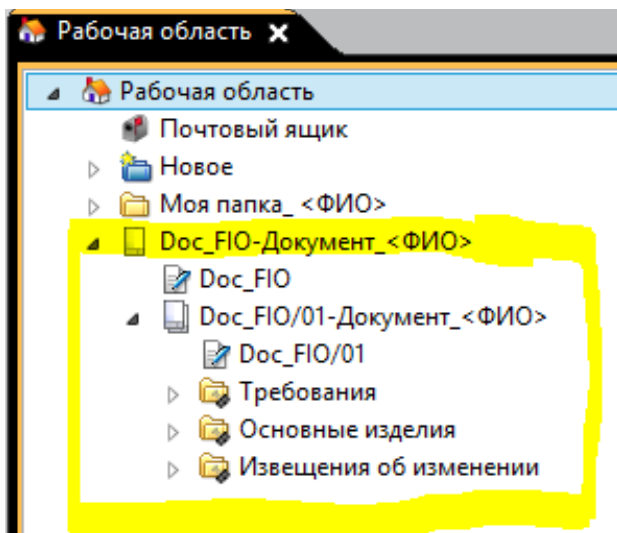


Рис. 26. Рабочая область

Наборы данных ассоциированы с типом файла, помещаемого в хранилище Teamcenter файла, т.е. для файлов MS Word, MS Excel, Adobe Acrobat, данные CAD систем и т.д. существует свой соответствующий типу набор данных. В отличие от метаданных, которые хранятся в базе данных, файлы в наборах данных хранятся в специальных хранилищах (папках операционной системы) называемых томами.

Создание набора данных «MS Word». Выделите ревизию объекта и зайдите «Файл»→«Создать» → «Набор данных».

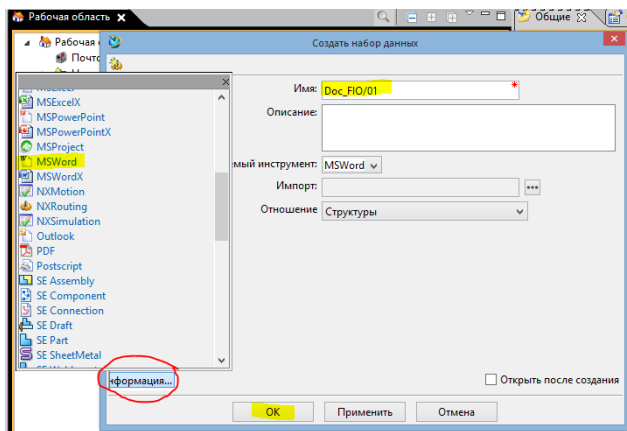


Рис. 27. Выбор типа набора данных

Двойным кликом ЛКМ откройте созданный набор данных в редакторе MS Word и внесите изменения «Тестовый документ». Сохраните. Отредактированный документ будет доступен в предварительном просмотре в Teamcenter.

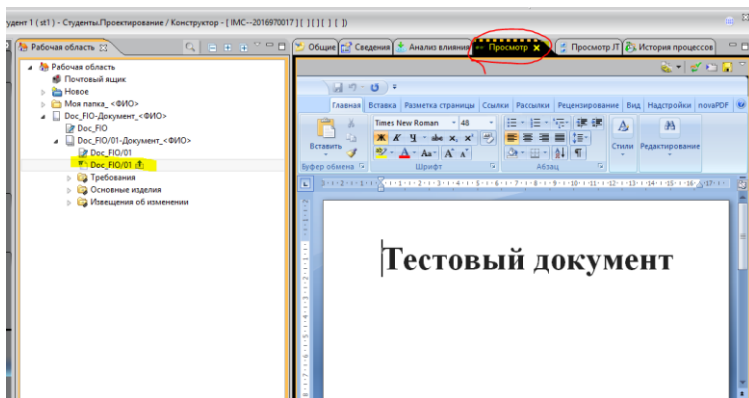


Рис. 1.28. Просмотр содержимого набора данных

Переместите объект в Вашу папку путем операции «Вырезать-Вставить».

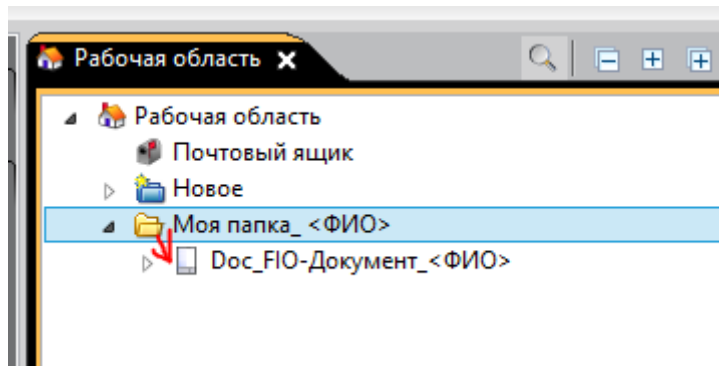


Рис.1.29. Содержимое папки

1.3. Интеграция с NX.

Создайте объект типа «Деталь» аналогично созданию информационного объекта, выполненного выше. Заполните обязательные атрибуты:

В обозначение детали - «Det_<ФИО>»

Наименование – «Тестовая деталь»

Ревизия – 01

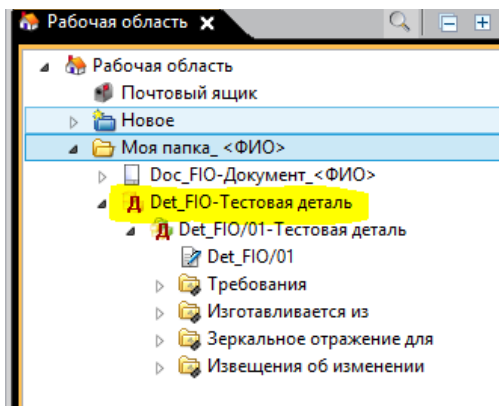


Рис. 1.30. Созданный объект типа «Деталь»
Аналогично п.2 добавьте к ревизии объекта набор данных типа «UGMASTER».

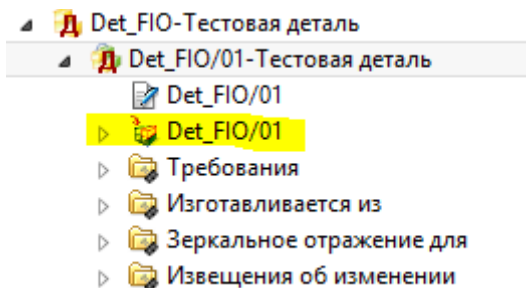


Рис.1.31. Набор данных для NX (UGMASTER)

Двойным кликом ЛКМ откройте созданный набор данных. Автоматически будет произведен запуск CAD системы NX для создания электронной модели.

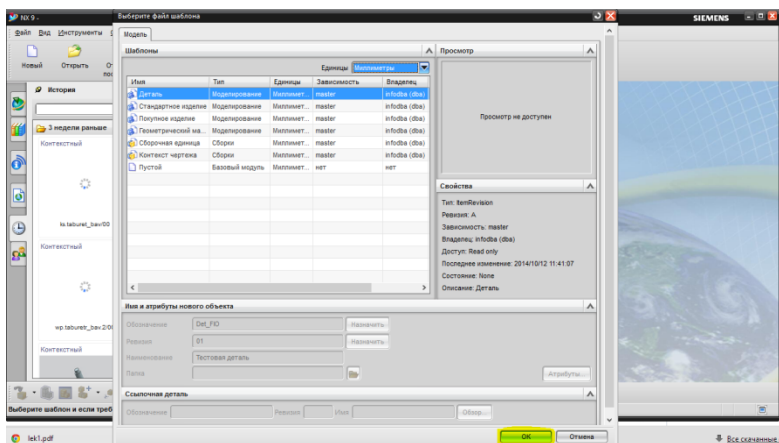


Рис. 1.32. Окно CAD системы NX

В режиме интеграции NX с Teamcenter все выполненные работы сохраняются непосредственно в базу данных Teamcenter. Также доступна вкладка «Teamcenter» для просмотра содержания «рабочей области» и объектов в базе данных Teamcenter.

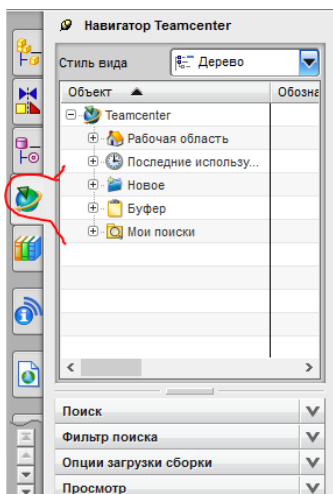


Рис. 1.33. Вкладка «Teamcenter» в NX

Создадим электронную модель вала как показано на рисунке с простановкой технических условий PMI. (Для включения функции PMI установите соответствующий флаг в меню «Начало» системы NX).

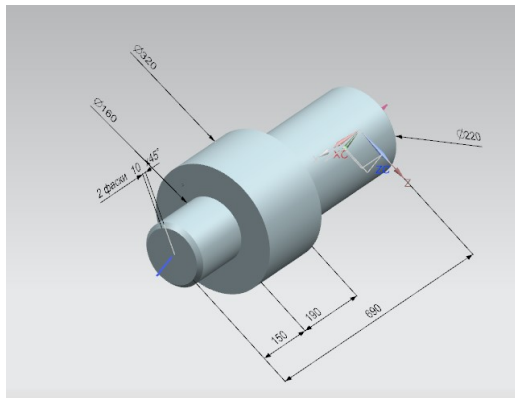


Рис. 1.34. Электронная модель вала в NX с PMI

Перед сохранением детали установите опции сохранения как показано на рисунке («Файл → Опции → Опции сохранения»).

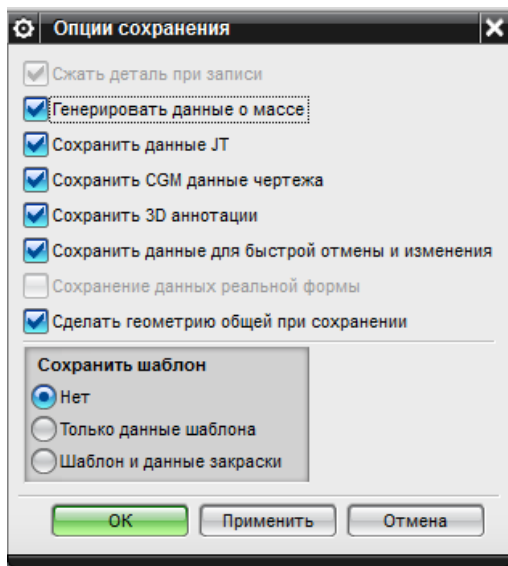


Рис. 1.35. Установка опций сохранения

Нажмите в NX «Сохранить».

1.3 Просмотр данных в Teamcenter

После сохранения созданной электронной модели заполните в Teamcenter атрибуты карточки ревизии детали.

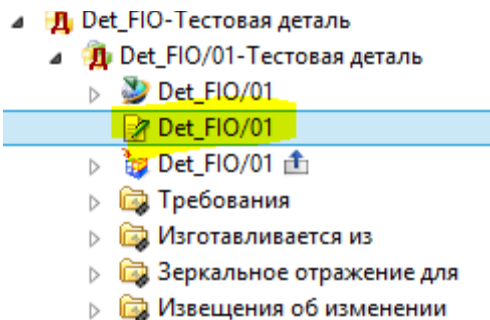


Рис. 1.36. Карточка ревизии детали

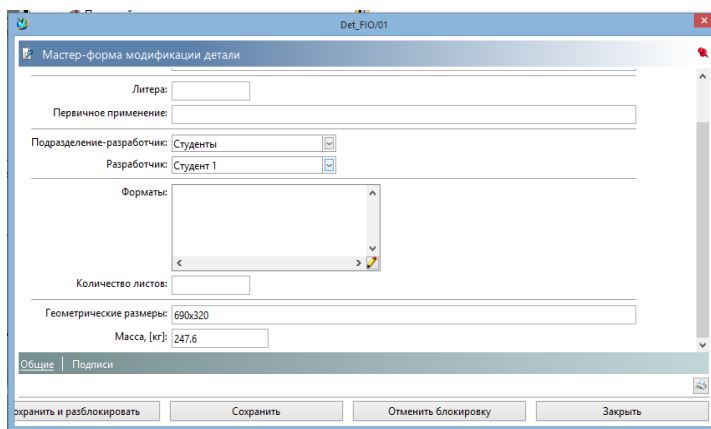


Рис. 1.37. Атрибуты карточки ревизии детали

На вкладке «Просмотр» доступна визуализация созданной модели.

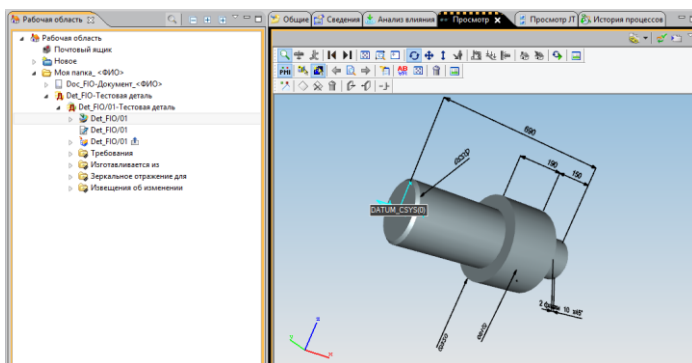


Рис. 1.38. Визуализация электронной модели

1.4. Использование внутренней почты

Созданные информационные объекты можно передать на просмотр коллегам по проектированию по внутренней почте.

Для создания и отправки письма необходимо выделить объекты для вложения в письмо, зайти в «Файл» → «Создать» → «Письмо».

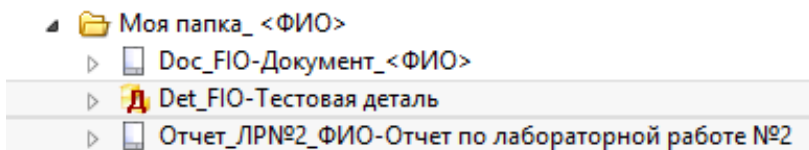


Рис. 1.39. Отчетные объекты

В диалоговом окне выбрать «Кому» (профиль преподавателя), написать тему письма и отправить

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

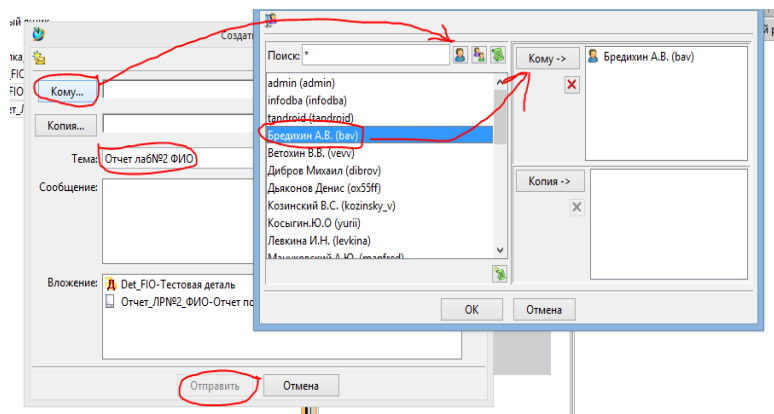


Рис. 1.40. Заполнение атрибутов письма.

2. Конструкторская подготовка производства изделия

2.1. Принципы коллективного проектирования в PLM

Использование информационных систем на основе технологий PLM в разработке изделия и конструкторско-технологической подготовке производства, позволяет организовать эффективную коллективную работу. Основным принципом лежащий в основе этого подхода – взаимодействие участников процесса в рамках единого информационного пространства, совместное использование баз данных, автоматизированное управление доступом к информации.

Организационная структура участников проекта в информационной системе выстраивается аналогично принятой структуре на предприятии, и реализуется с помощью модуля «Оргструктура». Так же, пользователь может входить в несколько групп, одна группа обязательно является группой по умолчанию. Каждый пользователь имеет личную учётную запись в системе, защищённую паролем.

Например, персона Joan Wayne. Учётная запись для этого пользователя jwayne. Joan входит в две группы baseline(группа по умолчанию) и training. Внутри группы baseline Joan выполняет роль Instructor. В группе training Joan выполняет роли Author, Consumer.

Распределение групп и ролей среди пользователей позволяет:

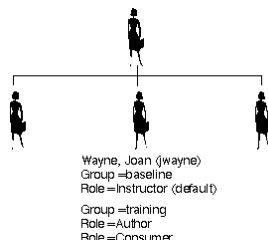


Рис. 2.1. Организационная структура

Разделение привилегий доступа к файлам (чтение, запись и удаление)

Определение процессов утверждения и согласования, основанных на группах и ролях

Разделение данных на основе группы, которая их создает

Администратор системы имеет возможность гибко настраивать распределение прав доступа к информации между участниками проекта, что предотвращает несанкционированное проведение изменений в документации конструкторско-технологической подготовки.

Коллективная работа над проектом с использованием PLM систем возможна при особенном размещении информации в системе. Главные принципы этого подхода доступность заинтересованных участников проекта к необходимой для них информации. Это достигается использованием единой базы данных. Наиболее популярные СУБД, использующиеся для задач PLM – ORACLE, Microsoft SQL, MySQL, FireBird. На рисунке 23 показан общий принцип взаимодействия пользователей с данными в PLM системе управления.

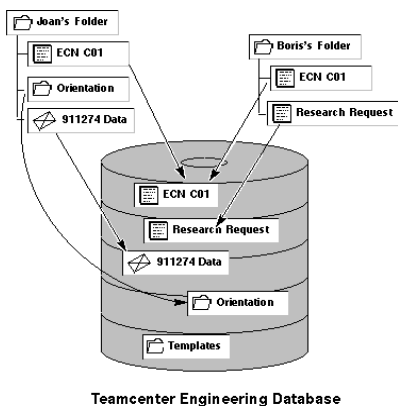


Рис. 2.2. Взаимодействие пользователей с базой данных

Папка в системе содержит объекты (считаем так, потому что видим это в дереве объектов) на самом деле папка содержит указатели или "ссылки" на объекты.

Различие не заметно на первый взгляд, но очень существенно. Несколько папок могут содержать ссылку на один и тот же объект, однако объект хранится в БД системы в единственном экземпляре.

Следовательно, эти папки позволяют иметь регламентированный доступ к различной информации изделия для всего предприятия, без создания множества физических копий данных.

2.2. Организация процесса коллективного проектирования

Для каждого предприятия организация процесса коллективного проектирования имеет свои особенности. Как правило, это связано с серийностью, организационной формой и сложившимися традициями проектирования на предприятии. В качестве примера приведем следующий подход к организации данного процесса, который можно реализовать в рамках учебного процесса.

Подготовительный этап, или разработка эскизного проекта. Включает в себя задачи, показанные на схеме 2.3

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

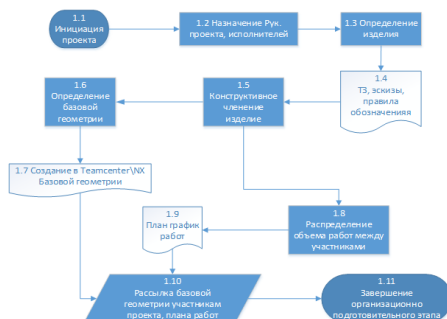


Рис.2.3 Схема организации разработки эскизного проекта

Процесс проектирования изделия в рамках учебных задач может быть представлена в следующем виде.



Рис. 2.4. Схема организации проектирования рабочей документации

В основу указанных выше процессов лежит подход основанный на создание электронного макета изделия. Рассмотрим ниже основные принципы данного подхода.

2.3. Создание электронного макета изделия

Коллективное проектирования изделия основано на методике ассоциативного моделирования, и создания управляемых контрольных структур. Для понимания данной методики раскроем следующие определения.

БКС(BCSI) – базовая контрольная структура изделия. Предварительная компоновка изделия, сборка, содержащая силовые схемы агрегатов каркаса планера, схемы раскрытия обшивок, кинематические схемы систем, схемы трасс и коммуникаций, модели (схемы размещения) оборудования и ПКИ. Структура БКС соответствует структуре электронного макета изделия (ЭМИ) и формируется менеджером проекта.

КС(CS) – Контрольная структура. Вспомогательный элемент, создаваемый для объединения компонентов, требуемых для построения нужной детали или сборки, РЧ и ЭМД. Не содержит в себе геометрии. В NX – шаблон пустой, в TC типом элемента является сборка.

РЧ(WP) – Рабочая часть. Электронная модель, содержащая в себе основные и вспомогательные построения; является источником геометрии для ЭМД. В NX – шаблон пустой, в TC типом элемента является сборка. В NX – шаблон модель, в TC типом элемента является деталь.

ЭМД – Электронная модель детали, содержит в себе только ссылочную геометрию.

Приведем пример использования данного подхода. Базовая геометрия, общий вид и спецификация размещена в Teamcenter с идентификаторами указанными в таблице 1.

Таблица 1. Базовая геометрия

Идентификатор	Наименование
BG.EP-80.105.00.000	Базовая геометрия пневмоцилиндра
EP-80.105.00.000СБ	Пневмоцилиндр

Вышеуказанные объекты размещены в базе Teamcenter и могут быть найдены с помощью базового функционала поиска.

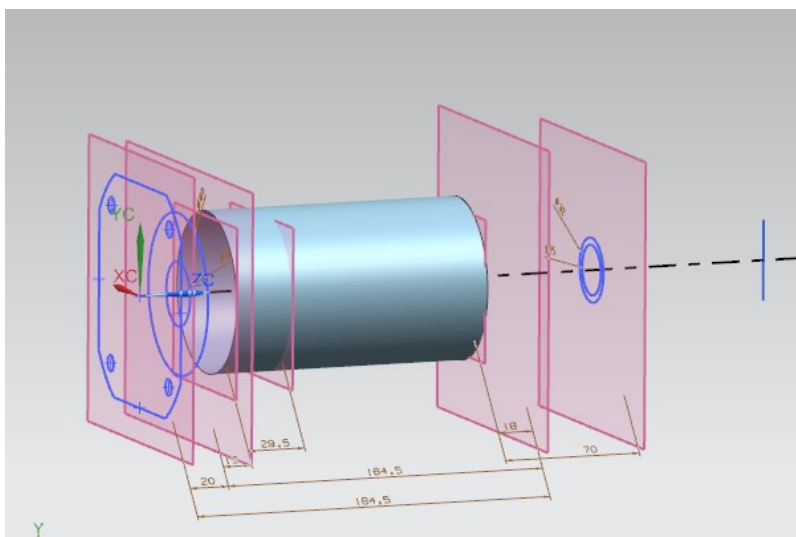


Рис. 2.5. Пример базовой геометрии пневмоцилиндра

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

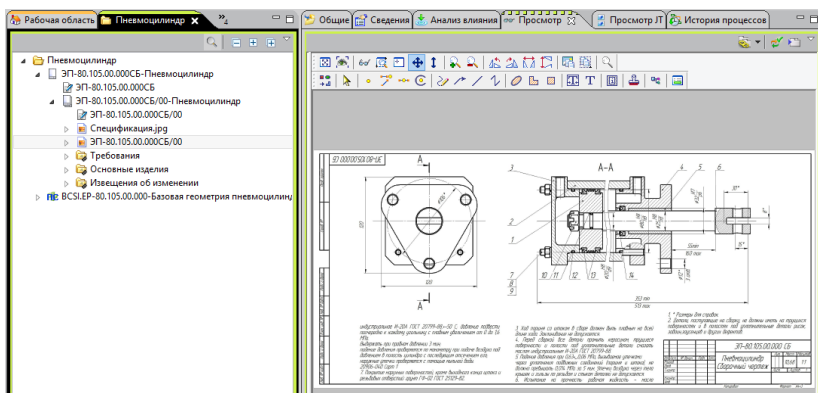


Рис. 2.6. Сборочный чертеж пневмоцилиндра

С целью качественной организации информации внутри системы предлагаются следующие правила обозначения информационных объектов электронного макета.

Наименование	Тип объекта/Teamcenter	Правило обозначения
Базовая геометрия	Псевдосборка (SPB5_PsAssy)	BG.ABC.00.00
Контрольная структура базовой геометрии	Псевдосборка (SPB5_PsAssy)	BCS.BG.ABC.00.00
Индивидуальная контрольная структура.	Псевдосборка (SPB5_PsAssy)	CS.ABC.XX.00

Рабочая часть	Псевдосборка (SPB5_PsAssy)	WP.ABC.XX.00
Сборочная единица	Сборочная единица (SPB5_Assy)	ABC.XX.00
Деталь	Деталь (SPB5_Det)	ABC.XX.YY

ABC – шифр изделия

XX – номер агрегата\ подсборки

YY- порядковый номер детали в сборочной единице

Схематично организация электронных структур для проектирования представлена на схеме рисунка 2.7.

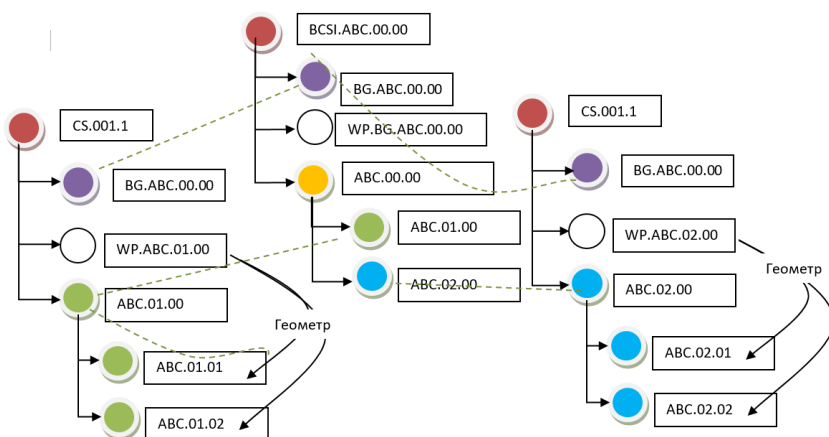


Рис.2.7 Структура электронного макета

Примеры ключевых этапов проектирования представлены на рисунках ниже.

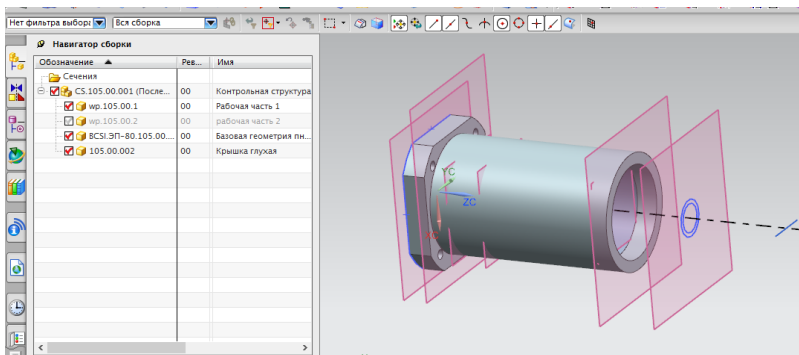


Рис. 2.8. Проектирование деталей в рабочей части

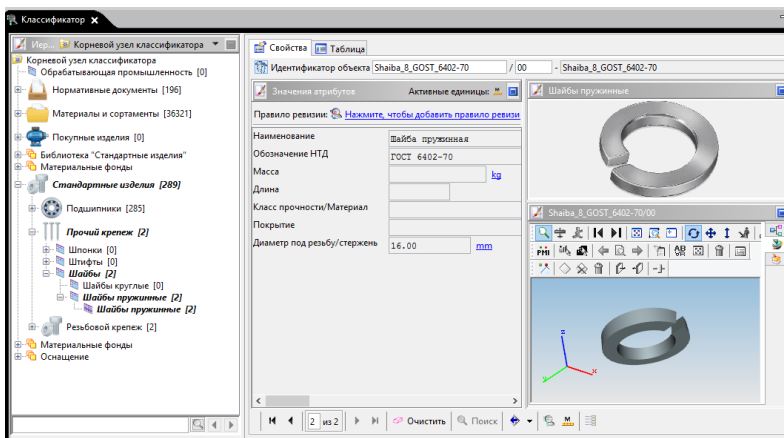


Рис. 2.9 Использование приложения «Классификатор» для стандартных изделий.

Результатом выполненных работ будет конечное изделия (сборочная единица). Пример представлен на рис. 2.10.

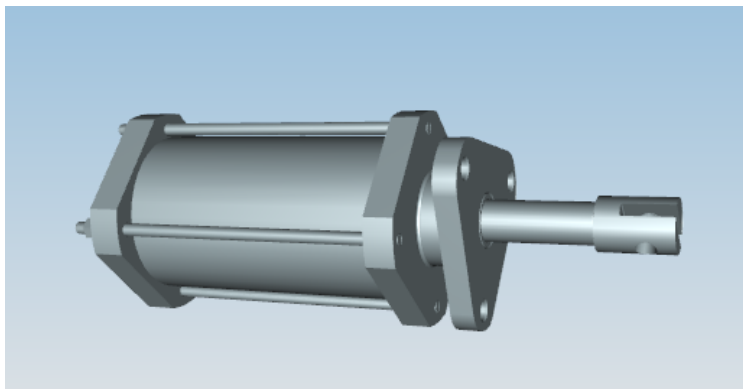


Рис. 2.10. Пример электронной модели пневмоцилиндра

3. Технологическая подготовка производства изделия в единой информационной среде

3.1. Разработка управляющих программ для станка с ЧПУ

Система NX предоставляет полное программное решение для разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ (САМ), постпроцессирования и симуляции работы станков. Расширенные функции приложения NX САМ в каждом из его модулей могут максимально увеличить отдачу от инвестиций в новейшие технологии обработки.

Программное обеспечение NX успешно внедрено и используется во многих отраслях промышленности, его возможности для производства проверены в авиакосмической отрасли, автомобилестроении, в производстве медицинского оборудования, изготовлении пресс-форм и штампов, а также в сфере машиностроения.

Программное обеспечение NX САМ предоставляет широкий спектр функциональных возможностей, которые способствуют решению множества задач в одной системе, от простой до высокоскоростной и многоосевой обработки.

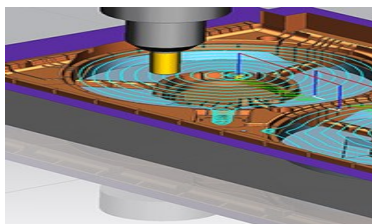


Рис.3.1. Расширенные возможности программирования

Гибкость системы NX САМ позволяет легко решать самые сложные задачи.

Последние технологии автоматизации программирования станков с ЧПУ в NX САМ могут повысить

эффективность производства. Благодаря обработке на основе элементов (FBM) можно сократить время программирования до 90 %. Кроме того, шаблоны позволяют использовать заранее определенные процессы на основе правил, чтобы стандартизировать программируемые задачи и ускорить их выполнение.

Программа NX CAM имеет тесно интегрированную с ней систему постпроцессирования, которая позволяет легко сгенерировать требуемый код станка с ЧПУ для большинства типов станков и систем ЧПУ. Многоуровневый процесс проверки программы для станка с ЧПУ включает симуляцию на основе G-кода, что позволяет исключить необходимость использования внешних пакетов программ для симуляции.

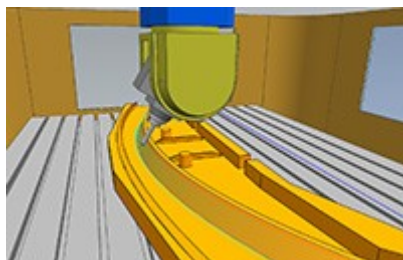


Рис. 3.2. Постпроцессирование и симуляция

В NX реализованы расширенные средства автоматизированного проектирования, которые позволяют решать любые задачи: от моделирования новых деталей и подготовки моделей деталей для CAM до создания чертежей наладки по данным из 3D-модели.



Рис. 3.3. Интегрированное решение

Вы можете легко использовать расширенные функции программирования станков с ЧПУ в программе NX CAM. Например, новейшие технологии взаимодействия с пользователем и интуитивное графическое программирование позволяют быстро создавать программы для станков с ЧПУ.

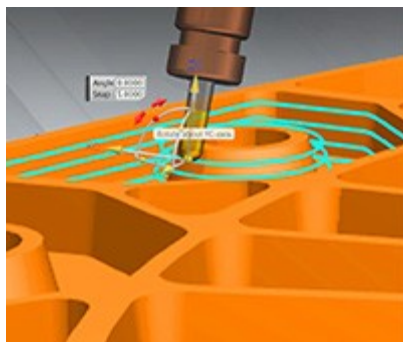


Рис. 3.4. Связность решения

Интеграция NX CAM с системой управления данными и процессами Teamcenter является основой расширенного решения для производства деталей. Это позволяет легко управлять всеми типами данных, включая 3D-модели детали, карты наладки, перечни инструментов, а также файлами управляющих программ для станков с ЧПУ, обеспечивая

полный контроль ревизий. Такое управление данными и процессами гарантирует использование нужных данных, в том числе правильной оснастки и программ для станков с ЧПУ, что обеспечивает сокращение затрат и времени изготовления деталей.

3.2. Разработка УП ЧПУ в NX под управлением Teamcenter

В разработанном ранее изделия выберем деталь, для которой будет разрабатываться технология механической обработки на станке с ЧПУ.

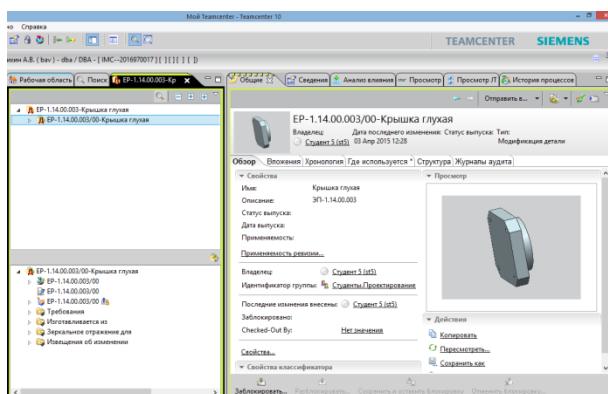


Рис. 3.5. Деталь в системе Teamcenter

3.2.1 Откроем электронную модель детали в системе NX под управлением Teamcenter.

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

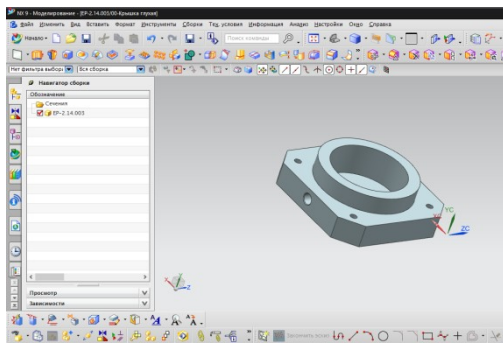


Рис. 3.6. Деталь в NX

Создаем новую операцию через «Файл»- «Новый». Выберите вкладку «Manufacturing» - шаблон «General Setup». Заполните необходимые атрибуты. Указываем связанную с обработкой деталь.

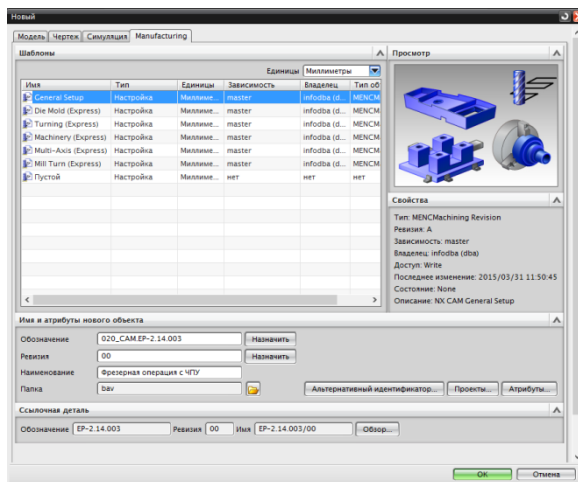


Рис.3.7. Создание операции обработки с ЧПУ

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

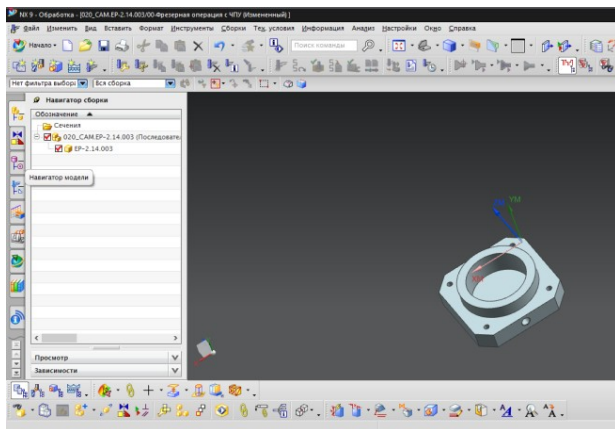


Рис.3.8. Компонент операции ЧПУ в NX

Выделим «Программу» 1234. В меню по правой кнопки мыши выберите «Вид геометрии».

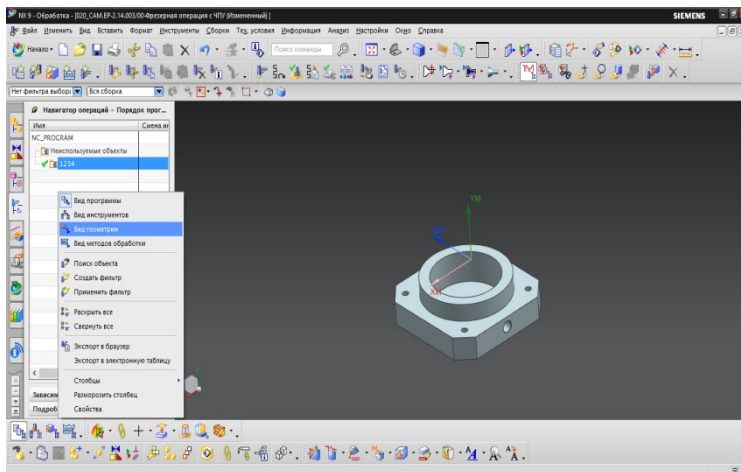


Рис. 3.9. Определение геометрии

3.2.2 Определение параметров геометрии, включающей в себя редактирование системы координат, определение геометрии детали, заготовки.

Задаем направление оси Z (при необходимости).

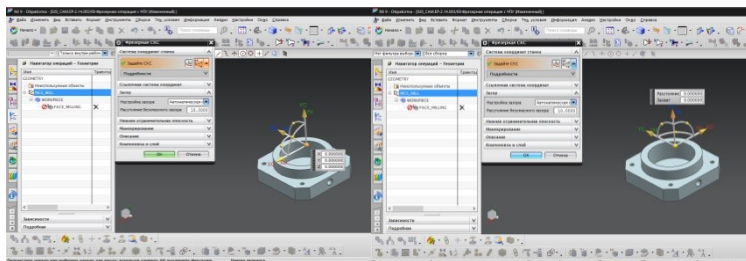


Рис. 3.10. Задание направления оси Z

В окне «Заготовка» Задайте деталь и заготовку

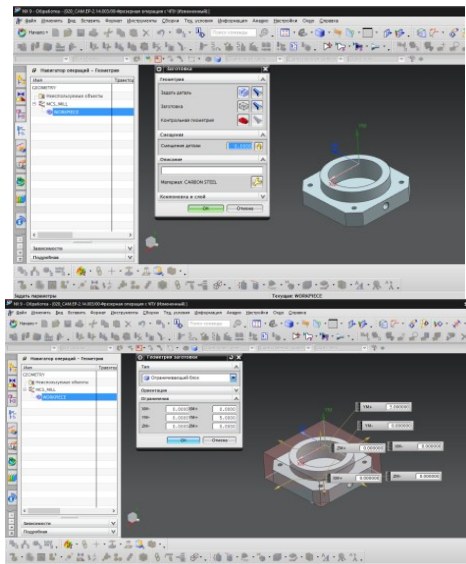


Рис.3.11. Определение геометрии детали и заготовки

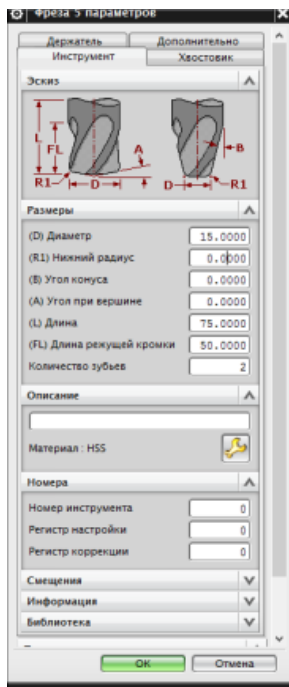


Рис. 3.14. Создание режущего инструмента

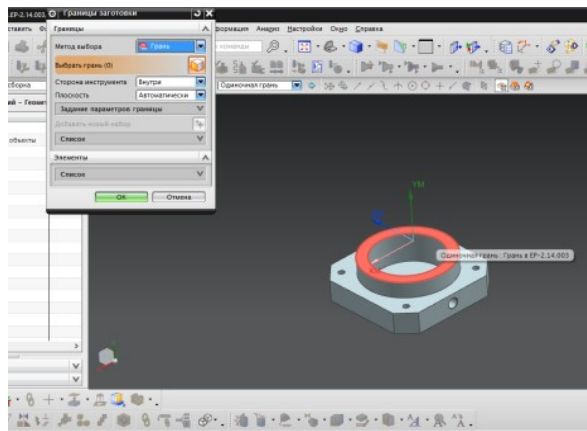


Рис. 3.15. Задание границ заготовки

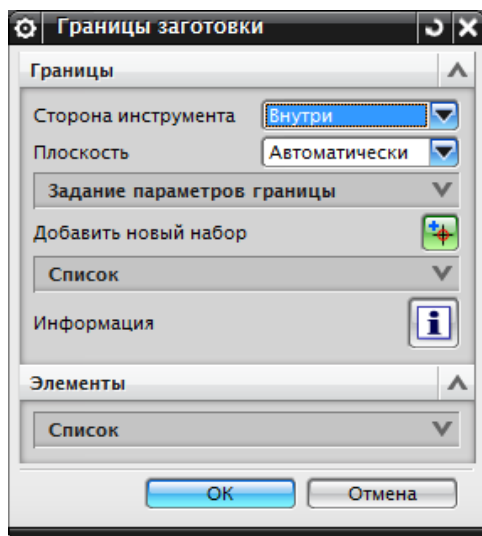


Рис. 3.16. Границы заготовки

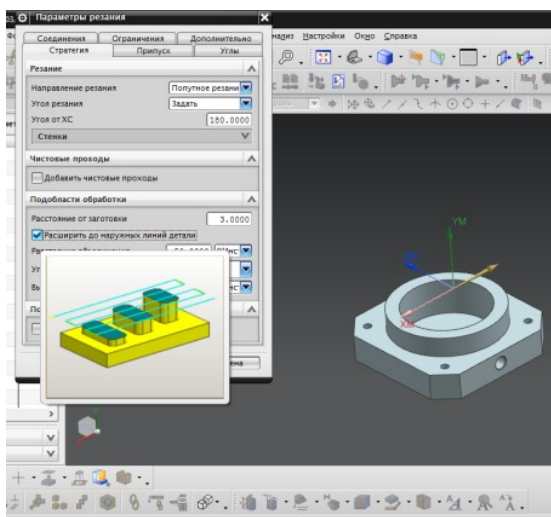


Рис. 3.17. Назначение параметров резания

3.2.3 После назначения основных параметров необходимо провести генерацию траектории движения инструмента.

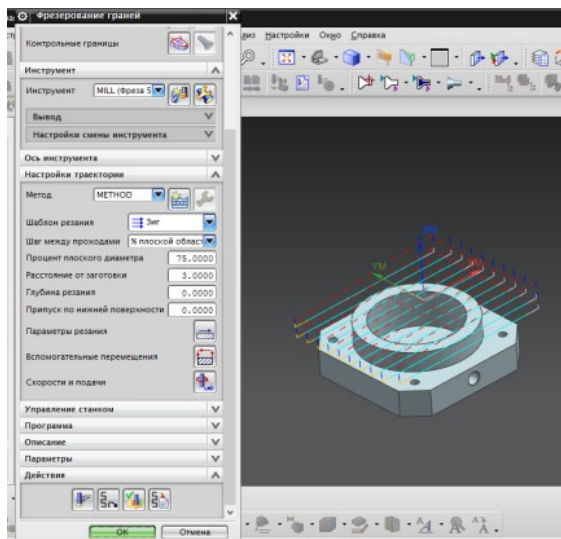


Рис. 3.19. Генерация программы обработки

Аналогичным образом создайте траектории для операции фрезерования и сверления.

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

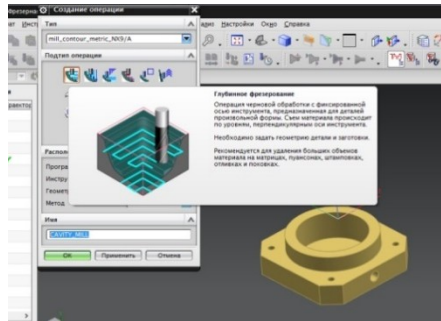


Рис. 3.20. Создание новой операции

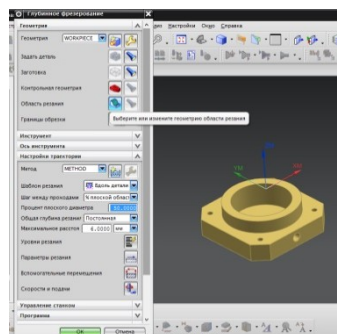


Рис. 3.21. Выбор области резания

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

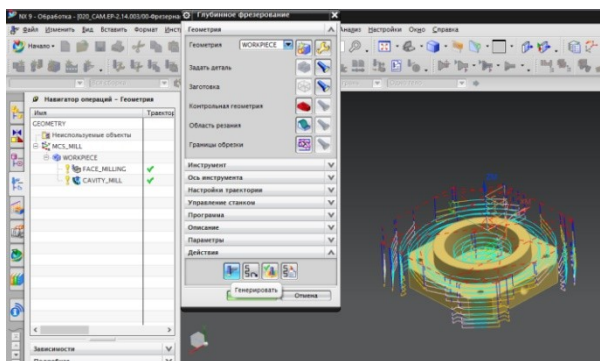


Рис. 3.22. Генерация траектории движения инструмента

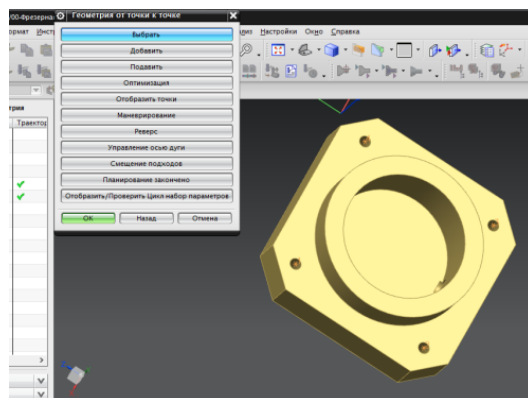


Рис. 3.24. Выбор геометрии отверстий

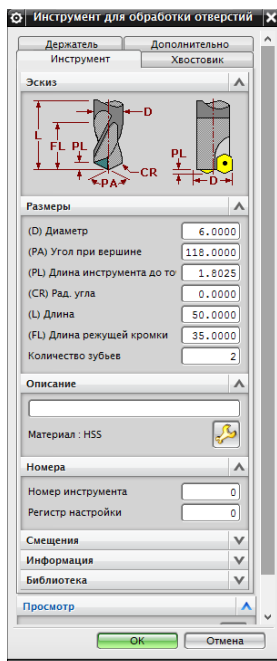


Рис. 3.25. Создание режущего инструмента

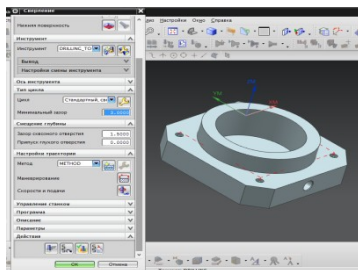


Рис. 3.26. Генерация траектории перемещения инструмента

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

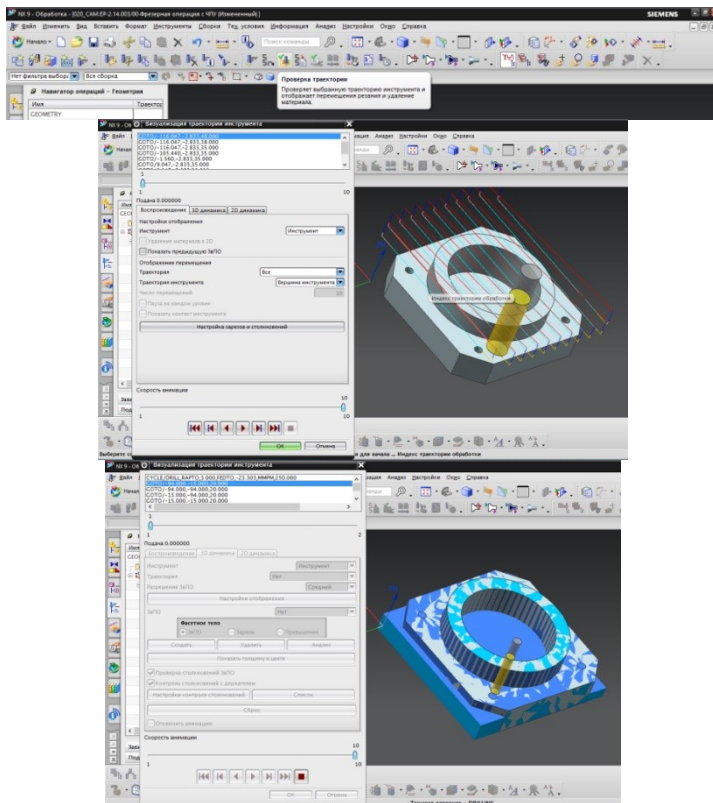
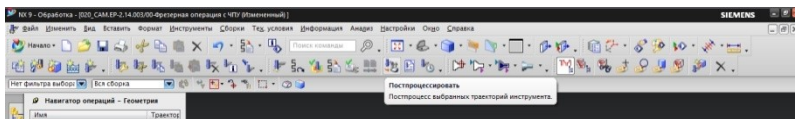


Рис. 3.27. Проверка траектории

3.2.4 После успешной проверки траектории формируется код управляющей программы – постпроцессирование.



Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

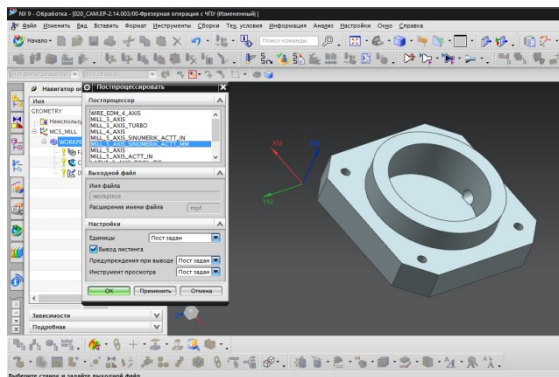


Рис. 3.28. Запуск постпроцессорирования.

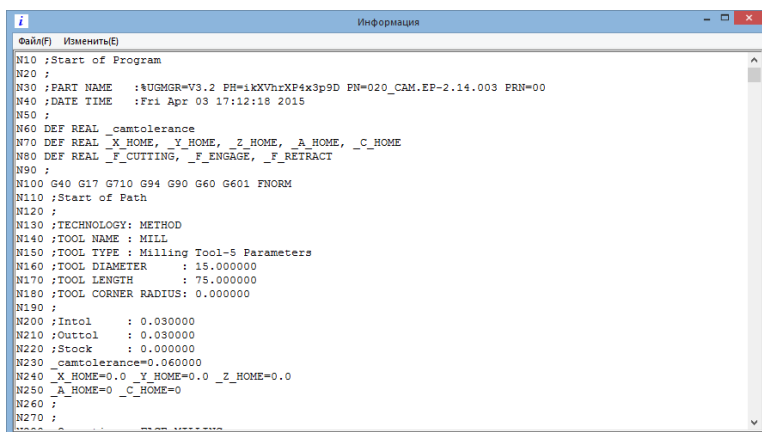
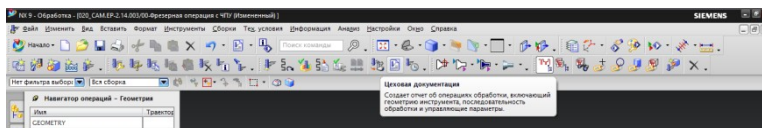


Рис. 3.29. УП обработки в кодах станка



Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

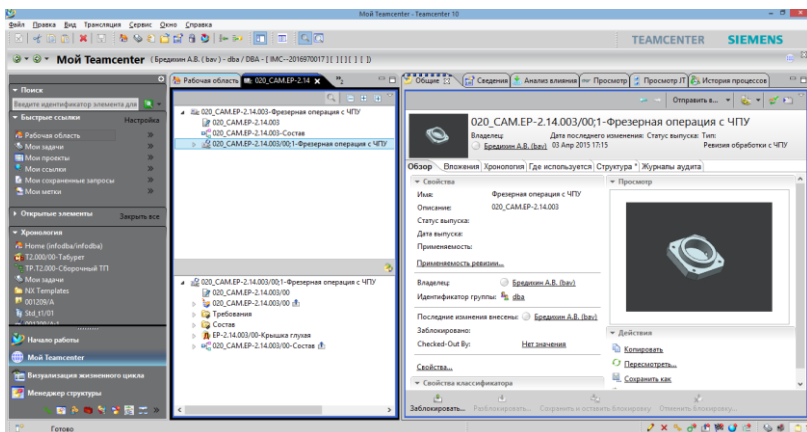


Рис. 3.32. Созданный объект технологической операции с ЧПУ

Для просмотра подробностей операции, соответствующий объект необходимо отправить в «Планировщик процессов изготовления».

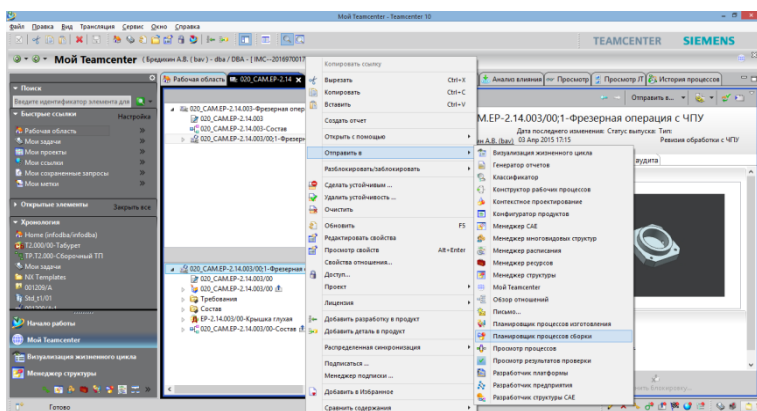


Рис. 3.33. Запуск приложения «Планировщик процессов изготовления»

Для просмотра расширенной информации используются дополнительные виды, которые можно добавить через меню «Окно»- «Отобразить вид».

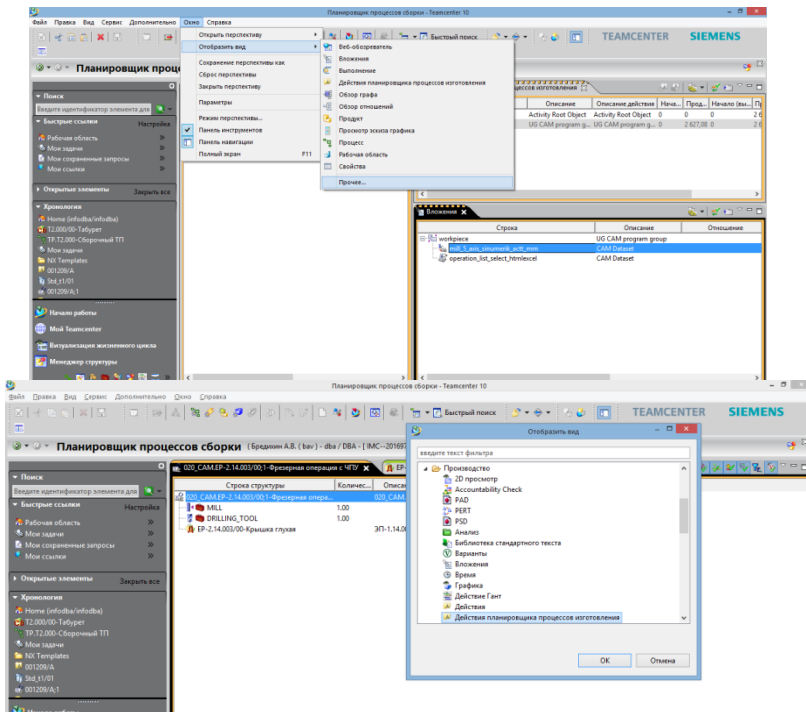


Рис. 3.34. Добавление дополнительных видов

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

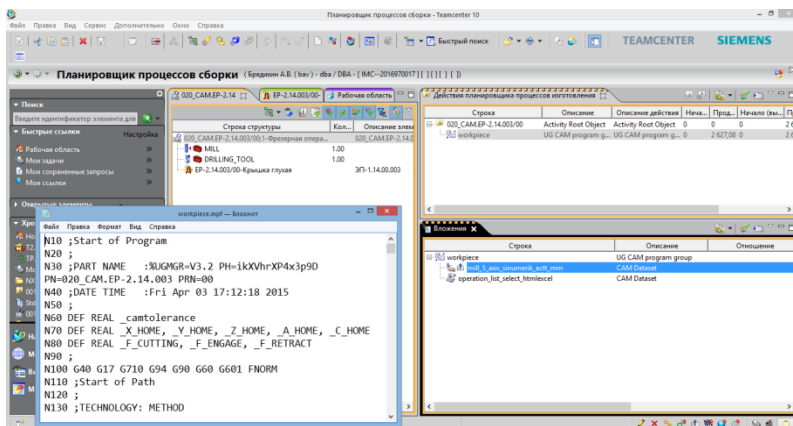


Рис. 3.35. Просмотр текста созданной УП в Teamcenter

3.3. Разработка технологического процесса сборки

Решения для планирования и управления технологическими процессами позволяют управлять информацией об изделиях и процессах в единой среде. Этот процесс обеспечивает наличие нескольких инструментов анализа и взаимодействия, которые будут полезны при цифровой разработке технологических процессов производства и позволят избежать остановки производства из-за недоработок конструкции. Преимущества использования решения:

Сокращение сроков вывода изделия на рынок за счет возможности параллельного проектирования и технологической разработки производства;

Своевременная и точная передача производственной информации в заводской цех;

Цифровое планирование и оптимизация производственных процессов задолго до начала производства;

Обеспечение надлежащего качества изделий за счет интеграции параметров качества как части разработки технологических процессов производства;

Решение для параллельного проектирования позволяет одновременно осуществлять разработку изделий и технологическую подготовку производства, что в свою очередь способствует росту прибыли, повышению качества изделия и сокращению срока вывода на рынок.

Изменение требований к изделиям, повышение конкуренции со стороны более успешных соперников в условиях дефицита ресурсов указывают на необходимость внесения изменений в производственные процессы. Новые модели бизнеса и сложные связи становятся нормой жизни, заставляя подыскивать стратегии оптимизации процессов, повышения продуктивности и поддержки уровня качества. Для современного распределенного предприятия это совсем не простая задача.

Решение Teamcenter Manufacturing дает возможность управлять широким спектром бизнес-процессов - от самых ранних стадий проектирования изделия до его вывода на рынок. Это решение построено на основе PLM-технологии Teamcenter-среды параллельного проектирования, которая управляет взаимодействием между проектными и производственными группами. Ее открытая архитектура позволяет создавать согласованную бизнес-среду для проектирования и сборки ваших изделий с тем, чтобы все инвестиции в IT на вашем предприятии были эффективно задействованы. Независимо от отрасли, решение предоставляет Вам основу для эффективного задействования всех ресурсов проектирования, одновременно с этим оптимизируя и синхронизируя производство комплекующих. Это означает повышение эффективности управления стоимостью и продуктивности взаимодействия между различными площадками и поддержания уровня качества, необходимого для достижения успеха.

Возможности и преимущества.

Возможности:

- Управление производственными данными, данными о ресурсах, процессах и изделиях
- Интуитивно-понятный пользовательский интерфейс, помогающий повысить эффективность управления
- Эффективная среда, налаживающая связь между процессами разработки, производства и связанными процессами в рабочих цехах
- Расширенное управление структурой изделия (BOM) и процессов (BOP)
- Управление изменениями, конфигурацией и рабочими процессами
- Классификация и оптимизация ресурсов и управление ими
- Открытая интеграция приложений и систем

Преимущества:

- Повышение эффективности принятия решений на основе точной информации
- Повышение продуктивности благодаря параллельной работе конструкторов и технологов
- Внедрение важнейших инициатив, например «Бережливое производство»
- Стандартизация процессов разработки и производства, и улучшенное взаимодействие между ними
- Последовательное сокращение капиталовложений и совокупных затрат на владение
- Применение существующих вложений в ПО и опыта их использования.

С появлением массового производства пошаговые инструкции, описывающие изготовление деталей вплоть до процесса окончательной сборки, стали обязательными для поддержания его эффективности. Но даже в современных

условиях по-прежнему непросто получить инструкции там, где они должны быть: на самом производстве. Глобальные производители сталкиваются с проблемой координации множества производственных участков, различиями в структуре производства и нехваткой централизованного управления документацией. Прибавьте к этому сложности, связанные с вариантами исполнения изделий, выпускаемых для глобальных потребителей, — это уже само по себе требует немалых усилий и затрат. Производственные компании нуждаются в решении для подготовки рабочих инструкций, которое не только предоставит доступ к актуальной информации, но и позволяет пошагово отобразить весь процесс с помощью средств 2D и 3D визуализации.

. При выполнении работ используется ранее созданная сборочная единица «Пневмоцилиндр». Обязательно наличие JT файлов визуализации в ревизиях деталей.

Строка структуры	Имя ревизии	Тип элемента	Вариан...	Сконф
SB_001/00-Сборочная единица (Состав)	Сборочная единица	Сборочная единица		
D_01/00-Деталь 1	Деталь 1	Деталь		Рабоч
D_02/00-Деталь 2	Деталь 2	Деталь		Рабоч
SB_01_001/00-Подсборка 1 (Состав)	Подсборка 1	Сборочная единица		Рабоч
D_03/00-Деталь 3	Деталь 3	Деталь		Рабоч
D_04/00-Деталь 4	Деталь 4	Деталь		Рабоч

Рис. 3.36. Состав сборочной единицы

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

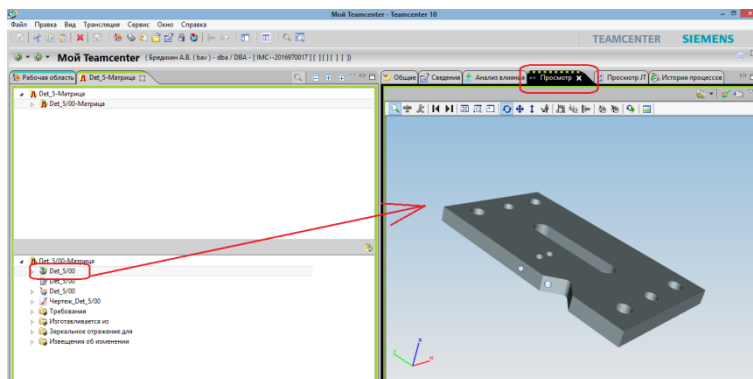


Рис. 3.37. Модель в формате JT в составе ревизии деталей

3.3.1 Разработка сборочного процесса под управлением Teamcenter реализуется в следующем порядке.

Отправить ревизию сборочной единицы в «Планировщик процессов сборки»

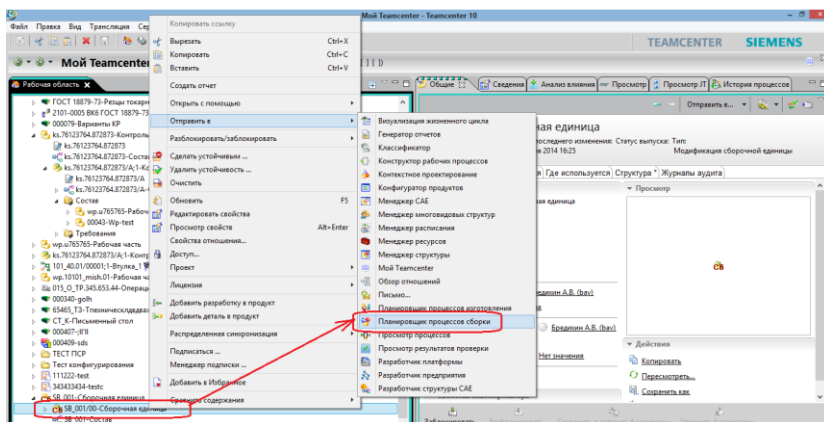


Рис. 3.38. Запуск приложения «Планировщик процессов сборки»

Создать объект «Технологический процесс». Данный объект предназначен для объединения технологической информации.

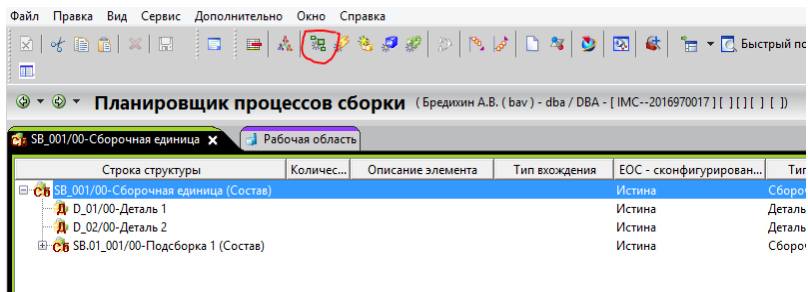


Рис. 3.39. Сборочная единица в приложении «Планировщик процессов сборки»

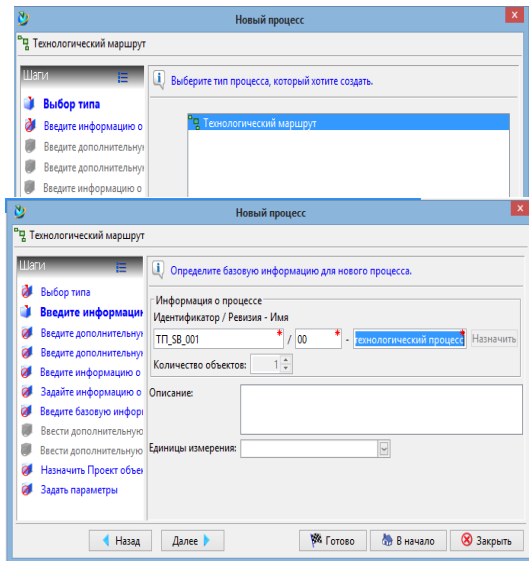


Рис. 3.40. Создание технологического процесса

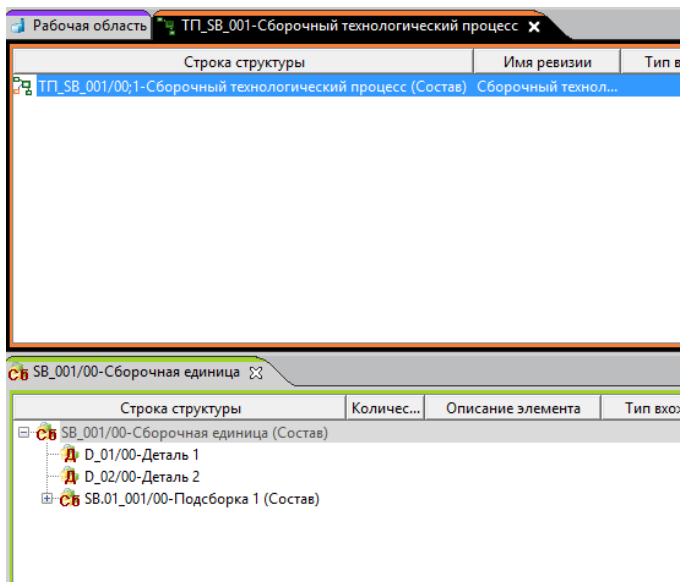


Рис. 3.41. Объект технологического процесса

Ассоциировать технологический процесс с сборочной единицей.

Для удобства работы целесообразно изменить расположения вкладок.

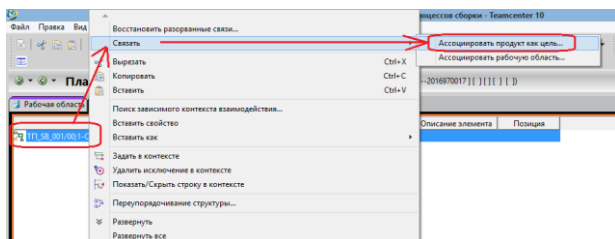


Рис. 3.42. Меню создания связей

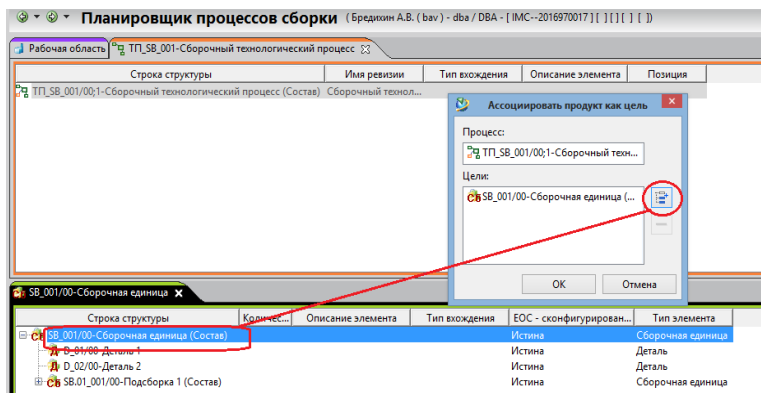


Рис. 3.43. Ассоциация сборочной единицы и технологического процесса

3.3.2 Создание сборочных операций.

Сборочный процесс состоит из технологических операций.

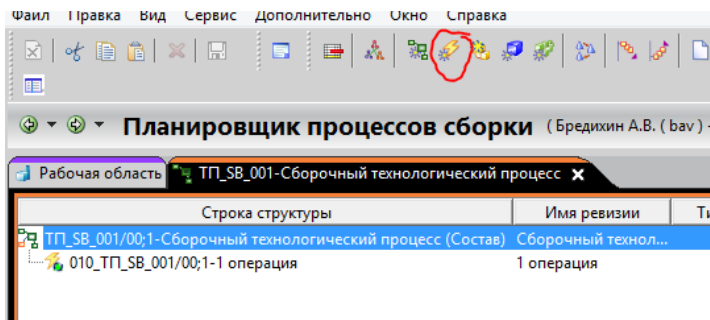


Рис. 3.44. Создание технологических операций

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

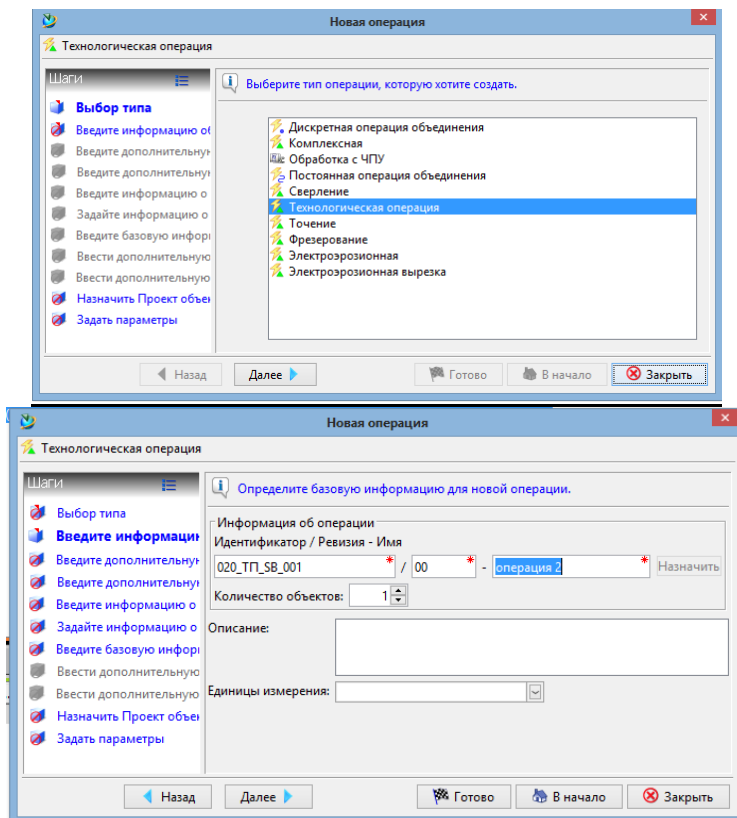


Рис. 3.45. Создание технологических операций

Задание деталей, предназначенных для сборки. Для каждой операции отдельно.

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

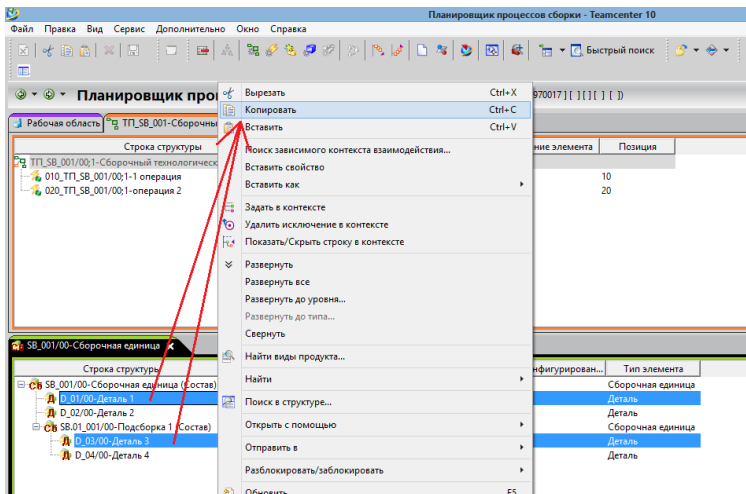


Рис. 3.46. Копирование в буфер обмена деталей изделия

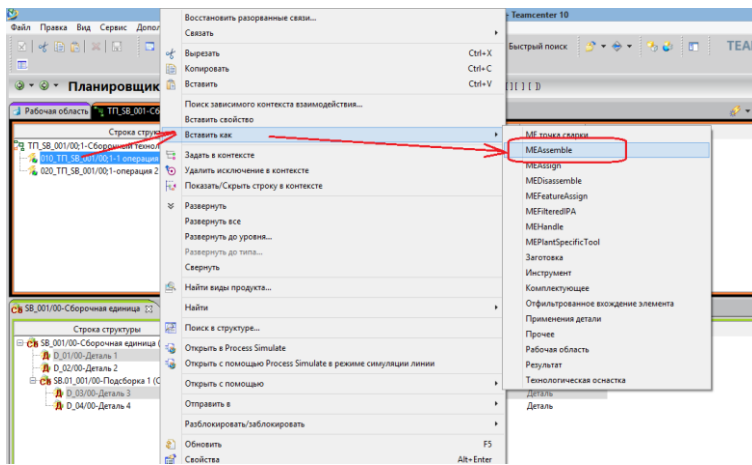


Рис. 3.47. Добавление деталей в технологические операции

Строка структуры	Имя ревизии	Тип вхождения	Описание
TP_SB_001/00;1-Сборочный технологический процесс (Состав)	Сборочный технол...		
010_TP_SB_001/00;1-1 операция (Состав)	1 операция		
D_01/00-Деталь 1	Деталь 1	MEAssemble	
D_03/00-Деталь 3	Деталь 3	MEAssemble	
020_TP_SB_001/00;1-операция 2 (Состав)	операция 2		
D_02/00-Деталь 2	Деталь 2	MEAssemble	
D_04/00-Деталь 4	Деталь 4	MEAssemble	

Рис. 3.48. Пример представления технологического процесса

Добавить вид «Диаграмма Ганта»

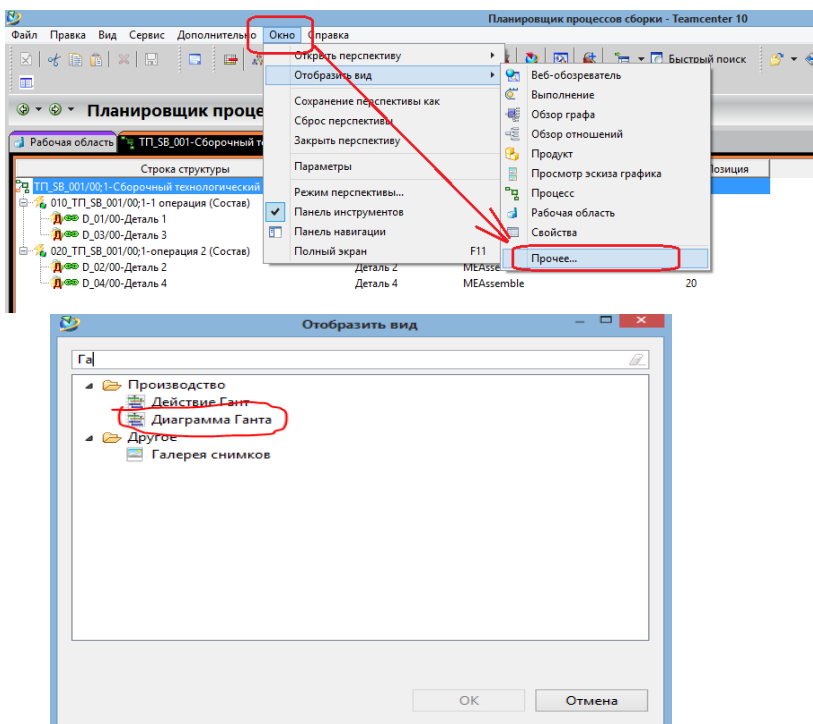


Рис. 3.49. Добавление виде «Диаграмма Ганта»

Определение последовательности и длительности выполнения операций

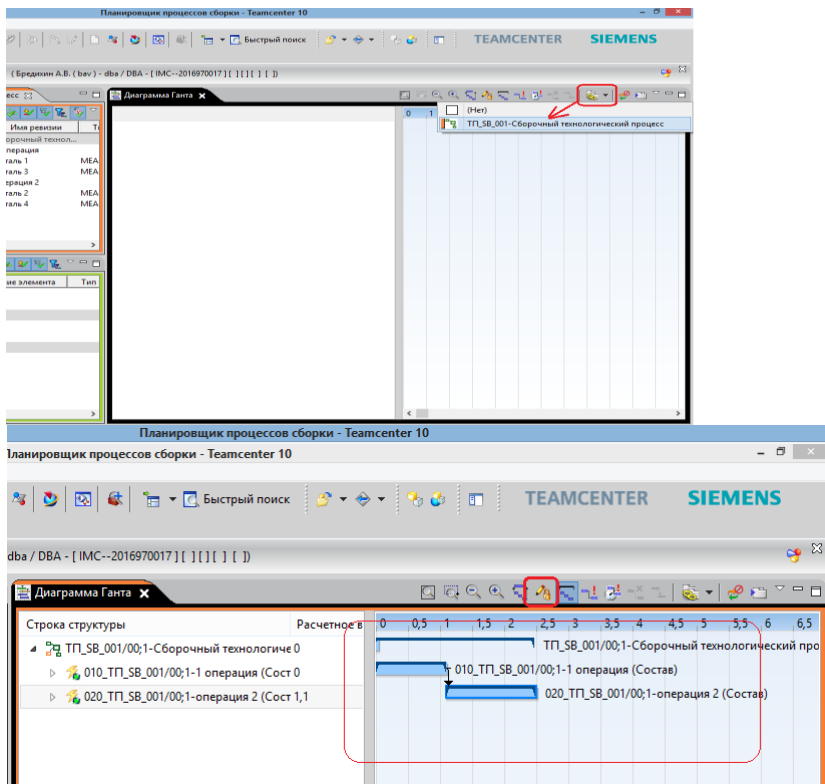


Рис.3.50. Последовательность и длительность операций

Интеграция с Cortona 3D

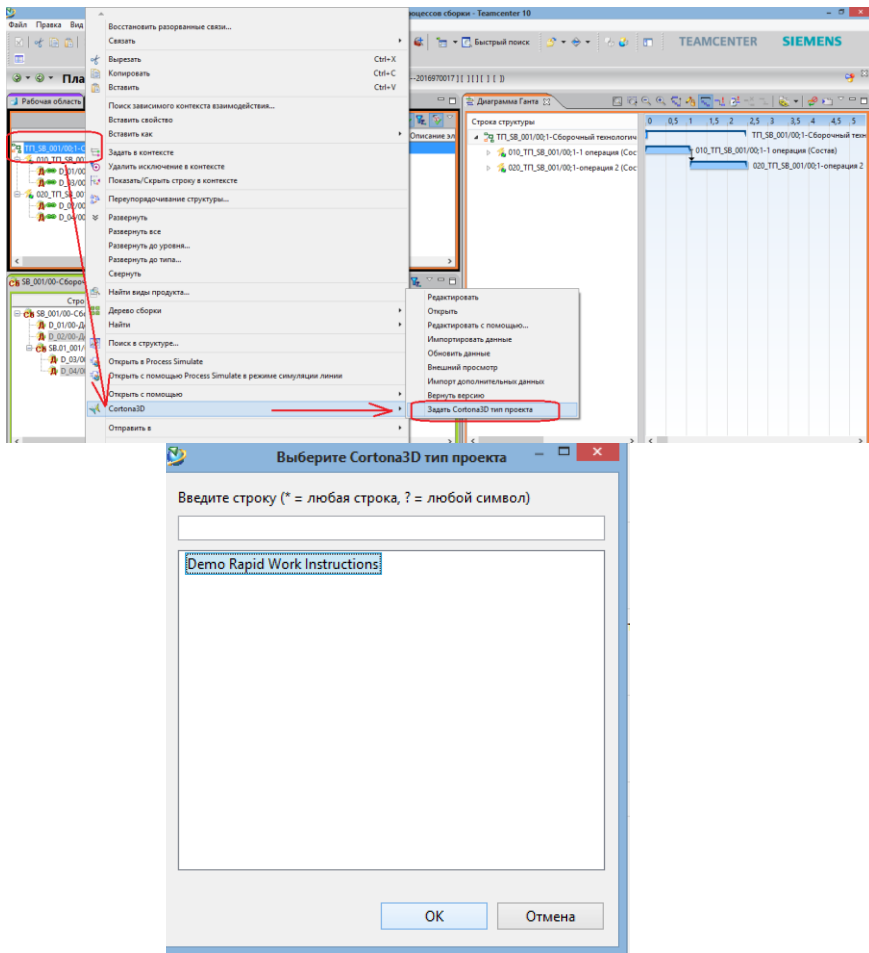


Рис.3.51. Назначение шаблона проекта Cortona 3D

Технологии информационного сопровождения жизненного цикла изделия для конструкторско-технологической подготовки производства

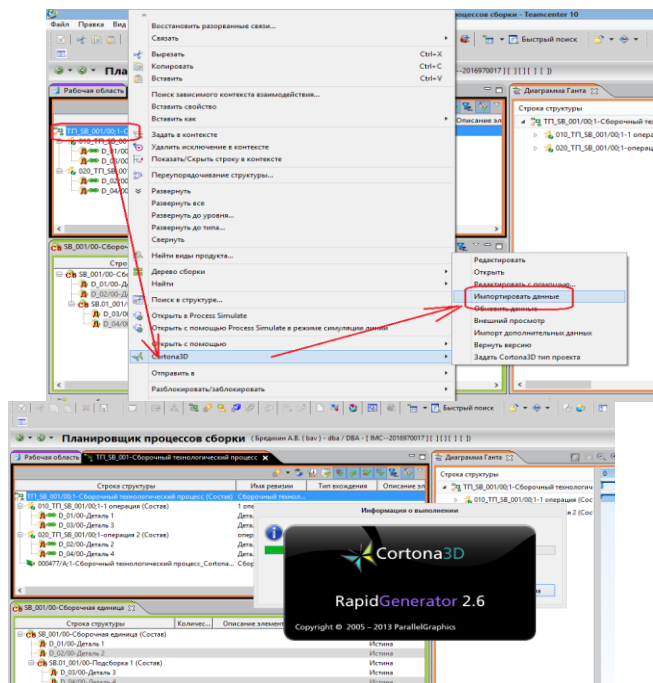


Рис. 3.52. Импорт данных в проект Cortona 3D

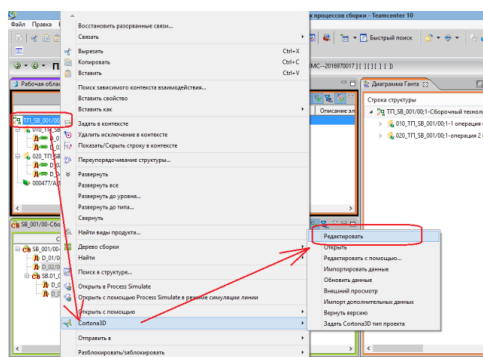


Рис. 3.53. Запуск редактирования в Cortona 3D

Автоматически будет запущена программа Cortona 3D. Данные технологического процесса и электронные модели будут переданы в Cortona 3D и доступны для редактирования.

По завершению разработки визуализации сборочного процесса, нужно сохранить в системе Teamcenter. «Файл» - «Сохранить в CMS».

3.3.3 Просмотр публикации Cortona в Teamcenter.

Для просмотра созданной интерактивной визуализации технологического процесса добавьте вид «Cortona 3D Preview»

Результат визуализации технологического процесса в системе Teamcenter показан на рисунке.

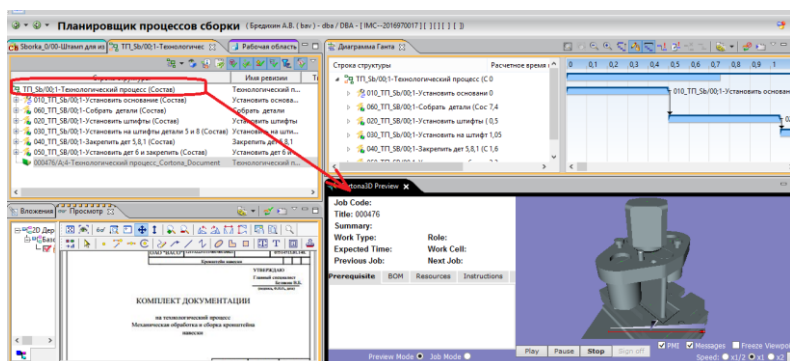


Рис. 3.54. Визуализация сборочного технологического процесса

4. Автоматизация рабочих процессов «Workflow»

Workflow (англ.) -- описание последовательности действий, например, таких, как работа человека, работа простого или сложного механизма, работа группы людей (см. ISO 12052:2006, www.iso.org), работы сотрудников организации или машин и механизмов.

Workflow может представлять собой любую абстракцию реальной работы, выделенной в процессе деятельности.

Для целей управления Workflow может отображать какой-либо аспект реальной деятельности. (см. ISO/TR 16044:2004, www.iso.org), являясь, таким образом, виртуальным представлением фактической работы.

orkflow-модель служит для представления реальной работы для дальнейшей оценки, например, для описания устойчиво повторяющейся последовательности действий.

Подсистема Workflow, как правило, является частью PLM-решения.

Применительно к PLM-технологиям термин Workflow переводится как:

- последовательность выполняемых действий
- автоматизация управления бизнес-процессами
- автоматизация документооборота

Стандартизацией работ в рамках создания Workflow-систем занимается Workflow Management Coalition (WfMC) -- международная организация разработчиков, внедренцев, консультантов, исследователей, образовательных учреждений и пользователей Workflow-решений и BPM.

Для демонстрации используется шаблон workflow процесса «Выдача заданий и согласование». На рисунке показано его графическое представление.

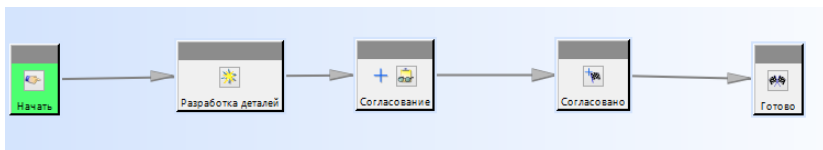


Рис. 4.1. Workflow процесс «Выдача заданий и согласование»

Руководитель каждой группы запускает данный процесс, распределяет задания и назначает ответственных исполнителей и лиц согласования.

Для запуска процесса необходимо открыть вкладку «Мои задачи»

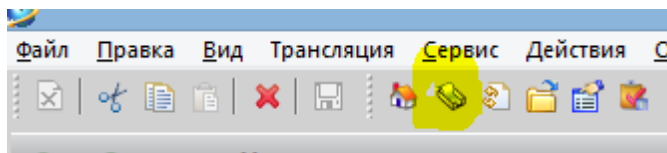


Рис. 4.2. – Иконка вызова вкладки рабочих процессов

И вызвать в меню «Файл»→ «Создать»→ «Рабочий процесс».

В появившемся диалоговом окне заполнить поля «Имя процесса», выбрать шаблон «Выдача заданий и согласование». При необходимости в папку «Ссылки» можно добавить предварительно скопированные документы с описанием задания.

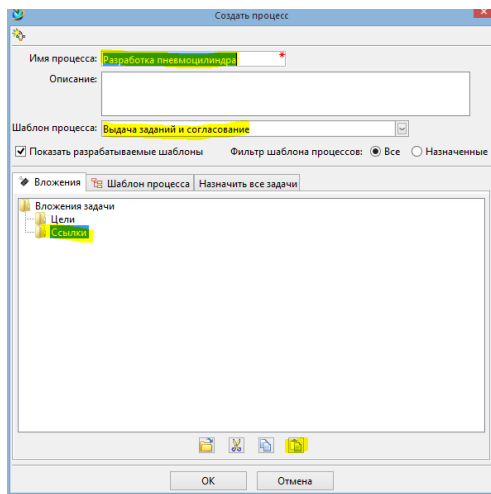


Рис. 4.3. Создание процесса

На вкладке «Назначить все задачи» добавить из организационной структуры ответственных за каждый этап «Разработка деталей» и «Согласование». Нажать «ОК»

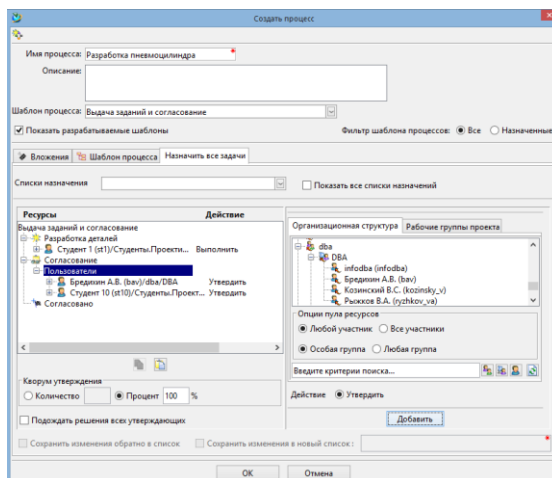


Рис. 4.4. Назначение ответственных в процессе.

Отслеживание выполнения работ можно в папке «Задачи для контроля».

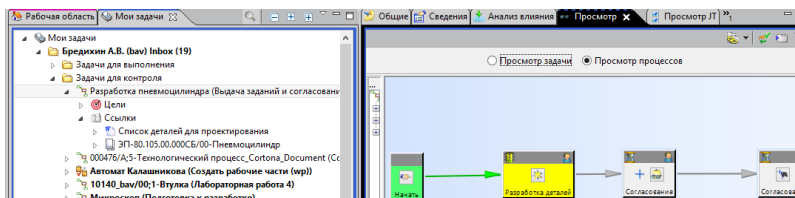


Рис. 4.5. Контроль работ по процессу

Для каждого назначенного исполнителя в его профиле на вкладке «Задания» будет доступен процесс и сопроводительные документы.

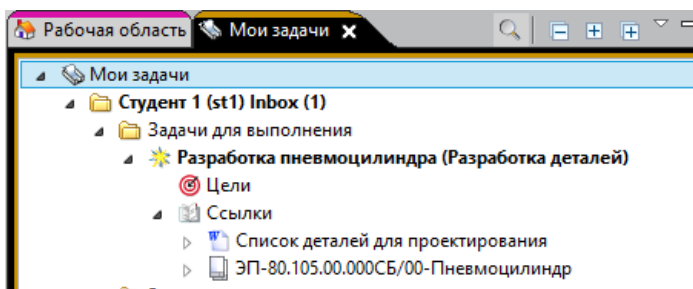


Рис. 4.6. Задачи для выполнения

По завершению выполнения проектирования исполнитель путем «копировать-вставить» размещает выполненные ревизии объектов в папке «Цели».

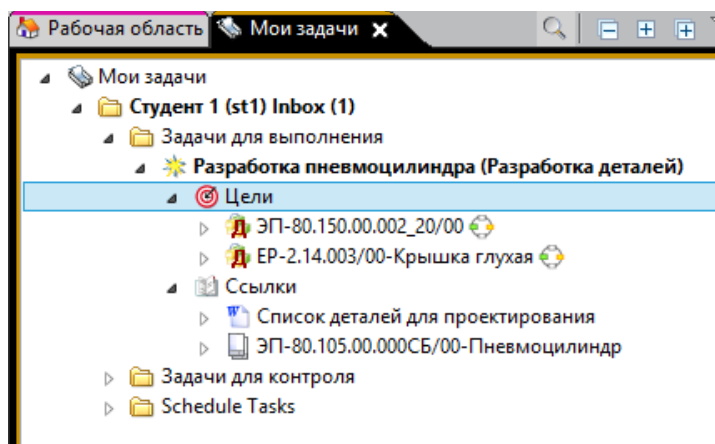





Рис. 4.7. Размещение ревизий выполненных работ в папке «Цели».

Иконка  показывает, что данный объект находится в процессе.

Установка электронной подписи осуществляется путем выделения задачи , нажатия кнопки  на панели инструментов и установки «флага» Завершить.

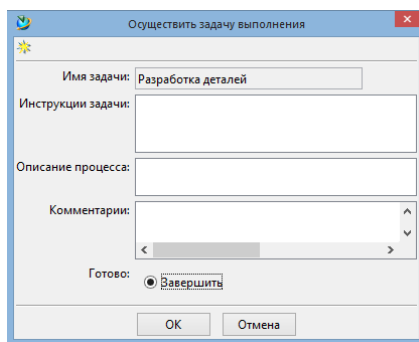


Рис. 4.8. Подтверждение выполнения задания

Согласование выполненного задания осуществляет руководитель группы и преподаватель. В папке «Задачи для выполнения» будет соответствующая задача.

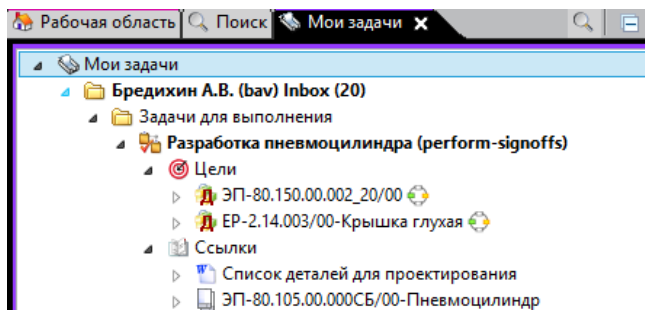


Рис. 4.9. Задача согласования

После проверки выполненных работ принимается решение по согласованию. Вызов окна принятия решения аналогично действиям описанным выше.

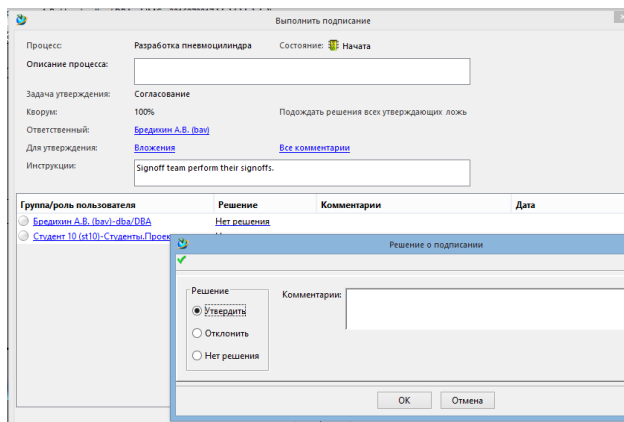


Рис. 4.10. Принятие решения в процессе согласование

После успешного согласования объектам в папке цели присваивается статус «Утверждено».

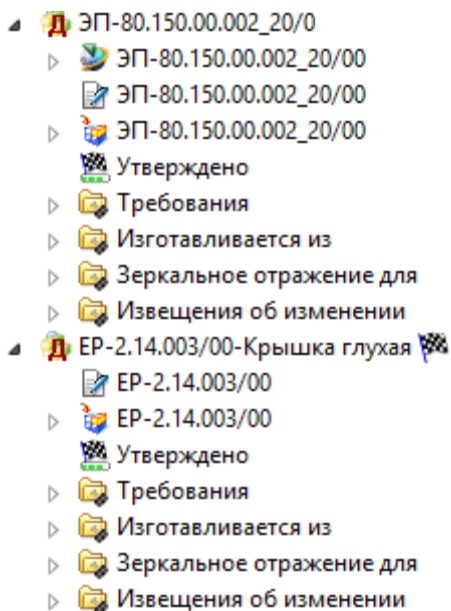


Рис. 4.11. Статус Утверждено

В случае отклонения одним из согласующих задание автоматически возвращается на доработку исполнителю.

5. Прототипирование изделия на основе 3D модели.

5.1. Обзор технологии прототипирования

3D-принтер — это периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. В зарубежной литературе данный тип устройств также именуют фабберами, а процесс трехмерной печати — быстрым прототипированием (Rapid Prototyping).

3D-печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания (выращивания) твердого объекта.

Технологии, применяемые для создания слоев.

Лазерная:

Лазерная стереолитография — ультрафиолетовый лазер постепенно, пиксель за пикселем, засвечивает жидкий фотополимер, либо фотополимер засвечивается ультрафиолетовой лампой через фотшаблон, меняющийся с новым слоем. При этом жидкий полимер затвердевает и превращается в достаточно прочный пластик.

Лазерное сплавление (англ. melting) — при этом лазер сплавляет порошок из металла или пластика, слой за слоем, в контур будущей детали.

Ламинирование — деталь создаётся из большого количества слоёв рабочего материала, которые постепенно накладываются друг на друга и склеиваются, при этом лазер вырезает в каждом контуре сечения будущей детали.

Струйная:

Застывание материала при охлаждении — раздаточная головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика. Капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слои будущего объекта.

Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы — способ похож на предыдущий, но пластик твердеет под действием ультрафиолета.

Склеивание или спекание порошкообразного материала — похоже на лазерное спекание, только порошковая основа (подчас на основе измельчённой бумаги или целлюлозы) склеивается жидким (иногда клеящим) веществом, поступающим из струйной головки. При этом можно воспроизвести окраску детали, используя вещества различных цветов. Существуют образцы 3D-принтеров, использующих головки струйных принтеров.

Густые керамические смеси тоже применяются в качестве самоотверждаемого материала для 3D-печати крупных архитектурных моделей.

Биопринтеры — ранние экспериментальные установки, в которых печать 3D-структуры будущего объекта (органа для пересадки) производится каплями, содержащими живые клетки[5]. Далее деление, рост и модификации клеток обеспечивает окончательное формирование объекта.

Также применяются различные технологии позиционирования печатающей головки:

Декартова, когда в конструкции используются три взаимно-перпендикулярные направляющие, вдоль каждой из которых двигается либо печатающая головка, либо основание модели.

При помощи трёх параллелограммов, когда три радиально-симметрично расположенных двигателя согласованно смещают основания трёх параллелограммов, прикреплённых к печатающей головке (см. статью Дельта-робот).

Автономная, когда печатающая головка размещена на собственном шасси, и эта конструкция передвигается целиком за счёт какого-либо движителя, приводящего шасси в движение.

Ручная, когда печатающая головка выполнена в виде ручки/карандаша, и пользователь сам подносит её в то место пространства, куда считает нужным добавить выделяемый из

наконечника быстро затвердевающий материал. Назван такой прибор «3D-ручка», и к 3D-принтерам может быть отнесён с известной натяжкой. Существуют варианты с использованием термополимера, застывающего при охлаждении, и с использованием фотополимера, отверждаемого ультрафиолетом.

Лазерная стереолитография (англ. laser stereolithography, SLA) — объект формируется из специального жидкого фотополимера, затвердевающего под действием лазерного излучения (или излучения ртутных ламп). При этом лазерное излучение формирует на поверхности текущий слой разрабатываемого объекта, после чего объект погружается в фотополимер на толщину одного слоя, чтобы лазер мог приступить к формированию следующего слоя.

Селективное лазерное спекание (англ. selective laser sintering, SLS) (также англ. Direct metal laser sintering — DMLS) — объект формируется из плавкого порошкового материала (пластик, металл) путём его плавления под действием лазерного излучения. Порошкообразный материал наносится на платформу тонким равномерным слоем (обычно специальным выравнивающим валиком), после чего лазерное излучение формирует на поверхности текущий слой разрабатываемого объекта. Затем платформа опускается на толщину одного слоя и на неё вновь наносится порошкообразный материал. Данная технология не нуждается в поддерживающих структурах «висящих в воздухе» элементов разрабатываемого объекта за счёт заполнения пустот порошком. Для уменьшения необходимой для спекания энергии температура рабочей камеры обычно поддерживается на уровне чуть ниже точки плавления рабочего материала, а для предотвращения окисления процесс проходит в бескислородной среде.

Электронно-лучевая плавка — аналогична технологиям SLS/DMLS, только здесь объект формируется путём плавления металлического порошка электронным лучом в вакууме.

Моделирование методом наплавления — объект формируется путём послойной укладки расплавленной нити из

плавкого рабочего материала (пластик, металл, воск). Рабочий материал подаётся в экструзионную головку, которая выдавливает на охлаждаемую платформу тонкую нить расплавленного материала, формируя таким образом текущий слой разрабатываемого объекта. Далее платформа опускается на толщину одного слоя, чтобы можно было нанести следующий слой. Часто в данной технологии участвуют две рабочие головки — одна выдавливает на платформу рабочий материал, другая — материал поддержки.

Изготовление объектов с использованием ламинирования (англ. laminated object manufacturing, LOM) — объект формируется послойным склеиванием (нагревом, давлением) тонких плёнок рабочего материала с вырезанием (с помощью лазерного луча или режущего инструмента) соответствующих контуров на каждом слое. За счет отсутствия пустот данная технология не нуждается в поддерживающих структурах «висящих в воздухе» элементов разрабатываемого объекта, однако, удаление лишнего материала (обычно его разделяют на мелкие кусочки) в некоторых ситуациях может вызывать затруднения.

5.2. Практическое применение 3D печати

Для демонстрации будет использован 3D принтер FlashForge Creator и программное обеспечение ReplicatorG.

Для формирования управляющей программы 3D принтера необходимо получить электронную модель в формате STL. В программе NX произведите экспорт ранее созданной модели в формат STL и сохраните на локальном диске.

Запустите программу ReplicatorG. Через меню «File» → «Open» откройте экспортированную из NX модель.

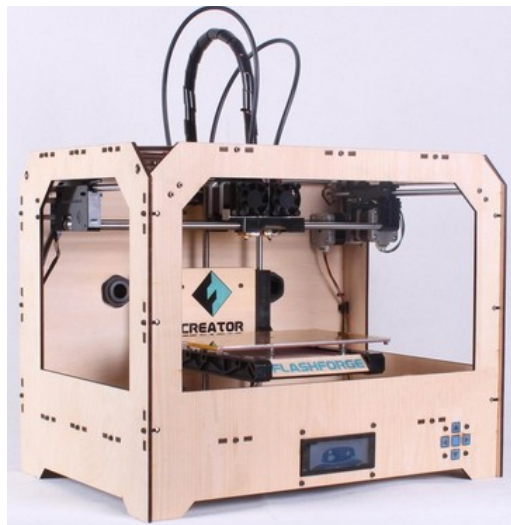


Рис. 5.1. FlashForge Creator

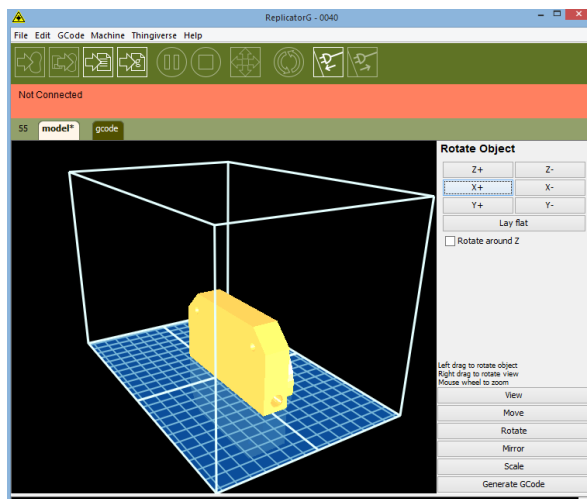


Рис. 5.2. ReplicatorG

Расположите модель на виртуальном столе используя элементы окна позиционирования.

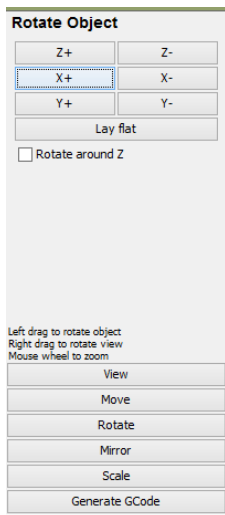


Рис. 5.3. Окно позиционирования

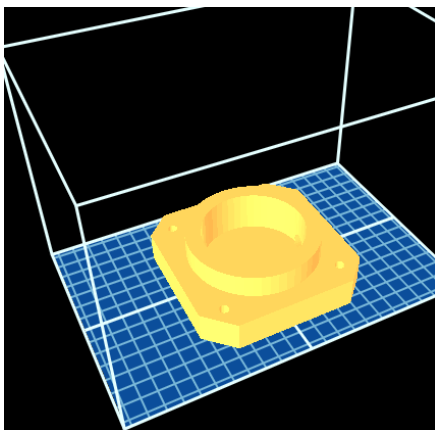


Рис. 5.4. Позиционирование модели для печати

После на панели инструментов запустите процесс генерации траектории формирования слоев и сохраните на внешнюю flash-card полученную программу.

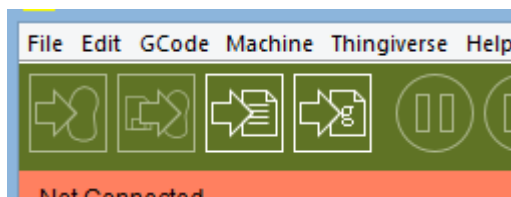


Рис.5.4. Генерация программы печати.

```
55  model*  gcode
(** This GCode was generated by ReplicatorG 0040 **)
(* using Skeinforge (50) *)
(* for a Dual headed The Replicator *)
(* on 2015/04/03 15:48:18 (+0400) *)
(**** start.gcode for The Replicator, dual head ****)
M103 (disable REM)
M73 P0 (enable build progress)
G21 (set units to mm)
G90 (set positioning to absolute)
M109 S110 T0 (set HBP temperature)
M104 S220 T0 (set extruder temperature) (temp updated by printOMATIC)
(**** begin homing ****)
G162 X Y F2500 (home XY axes maximum)
G161 Z F1100 (home Z axis minimum)
G92 Z-5 (set Z to -5)
G1 Z0.0 (move Z to "0")
G161 Z F100 (home Z axis minimum)
M132 X Y Z A B (Recall stored home offsets for XYZAB axis)
(**** end homing ****)
G1 X-110.5 Y-74 Z150 F3300.0 (move to waiting position)
G130 X20 Y20 Z20 A20 B20 (Lower stepper Vrefs while heating)
M6 T0 (wait for toolhead, and HBP to reach temperature)
G130 X127 Y127 Z40 A127 B127 (Set Stepper motor Vref to defaults)
M108 R3.0 T0
G0 X-110.5 Y-74 (Position Nozzle)
G0 Z0.6 (Position Height)
```

Рис. 5.6. Управляющая программа печати

Через flash-card программа записывается в память 3D-принтера, запускается процесс печати.

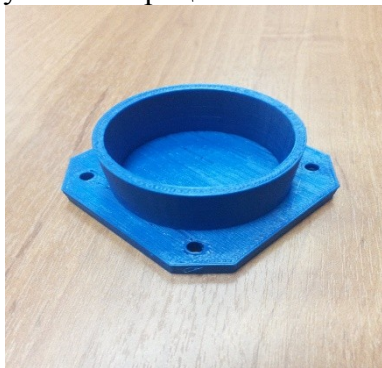


Рис. 5.7. Результат печати «Крышки» пневмоцилиндра

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные технологии автоматизированной подготовки производства позволяет качественно повысить уровень проектных и производственных решений. Внедрение данных систем обеспечивает информационную поддержку жизненного цикла изделия.

Развитие CALS-технологий должно привести к появлению так называемых виртуальных производств, в которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределён во времени и пространстве между многими организационно-автономными проектными студиями. Среди достижений CALS-технологий — лёгкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках, ускорения ввода нового изделия на рынок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. МТ25150. Using Teamcenter Exercises / Siemens, 2013 – 185 с
2. Тороп, Д.Н., Терликов, В.В. Teamcenter. Начало работы – М.: ДМК Пресс, 2011. – 280 с.: ил.
3. Кульга К.С. Автоматизация технической подготовки и управления производством на основе PLM-системы // Нефтяное хозяйство. 2008. – 265 с.
4. Бредихин А.В. Основы работы в TEAMCENTER [Электронный ресурс] : Учеб. пособие. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет". 2013.
5. Чижов М.И Мануковский А.Ю. САПР технологического оснащения: учеб. пособие / сост. М.И. Чижов, А.Ю. Мануковский. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. 83 с.
6. Ельцов М. Проектирование в NX под управлением Teamcenter. – Litres.
7. <http://www.plm-consulting.ru/faqs-r-mainmenu-25/50-workflow-definition>
8. Ведмидь П. Программирование обработки в NX CAM. – М.: ДМК Пресс,- 304 с.: ил. ISBN 978-5-97060-143-3 ; 2014 г.
9. Чижов М.И. САПР технологического оснащения: учеб. пособие / сост. М.И. Чижов, А.Ю. Мануковский. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. 83 с.