

**SIEMENS**

Siemens PLM Software

# Решения Siemens PLM Software для технологической подготовки производства

Введение в Teamcenter Manufacturing и Tecnomatix Process Simulate

[www.siemens.ru/plm](http://www.siemens.ru/plm)



Применение технологий цифрового производства – интегрированного набора инструментов для работы с конструкторскими, технологическими и производственными данными об изделии, способствует повышению эффективности производства и, тем самым, получению конкурентного преимущества на рынке.

Решения для цифрового производства обеспечивают:

- работу технологов и конструкторов в единой среде;
- проведение анализа и оптимизацию процессов изготовления и сборки изделий;
- необходимый уровень качества изделий и снижение их себестоимости;
- максимально эффективное использование ресурсов.

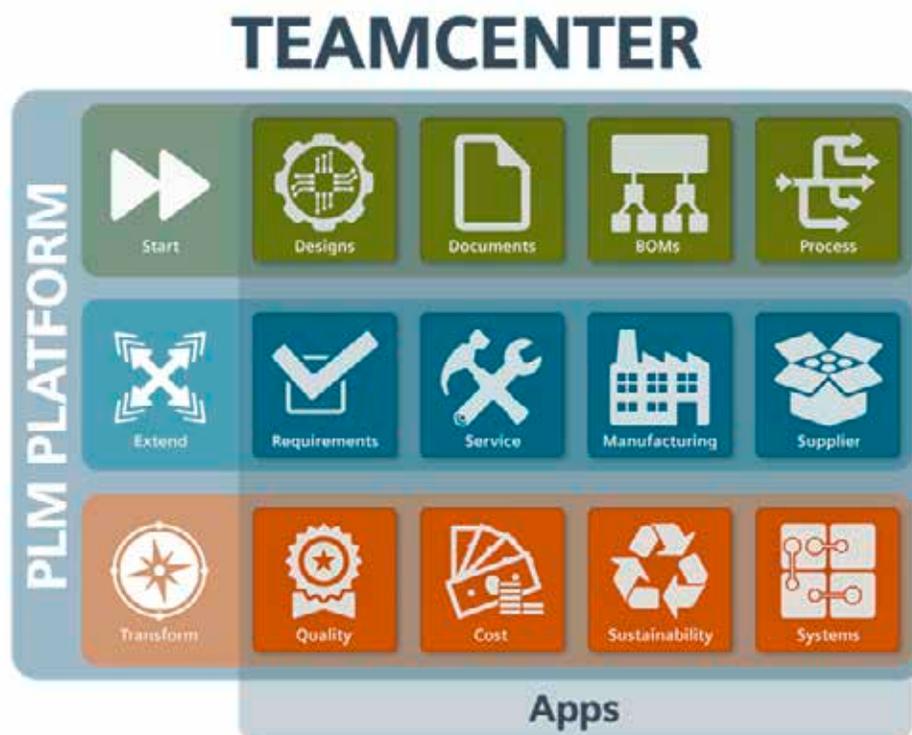


# Содержание

1. Введение .....	2	5. Общие инструменты Teamcenter, применяемые при ТПП .....	19
2. Технологическая подготовка производства. Инструменты Teamcenter Manufacturing .....	5	5.1 Управление проектами / Schedule Manager .....	19
2.1 Управление нормативно-справочной информацией / Teamcenter Classification .....	5	5.2 Управление проведением изменения / Change Management .....	20
2.2 Управление технологическими ресурсами / Resource Manager & MRL .....	7	5.3 Встроенная визуализация / Teamcenter Visualization .....	23
2.3 Управление технологическими процессами / Manufacturing Process Planner .....	9	5.4 Управление бизнес-процессами / Workflow Designer .....	24
2.4 Управление технологией изготовления / Manufacturing Part Planner .....	13	5.5 Контекст взаимодействия / Collaboration Context .....	25
2.5 Применение технологических данных в производстве / DNC ShopFloor Connect .....	14	6. Прототип стандартного решения для ТПП .....	26
3. Симуляция технологических процессов сборки. Основные возможности Tecnomatix Process Simulate.	15	6.1 Модель данных Teamcenter Manufacturing .....	26
4. Разработка интерактивных технологических инструкций .....	17	6.2 Автоматизация технологических расчетов .....	31
		6.3 Технологическая отчетность .....	32
		7. Процессы ТПП, поддерживаемые Teamcenter Manufacturing .....	33
		8. Планирование и диспетчеризация производства .....	42

Рис.1.1. PLM-платформа на базе решений Siemens PLM Software

Концепция внедрения решений для управления жизненным циклом изделия (PLM – Product Lifecycle Management) Siemens PLM Software предполагает поэтапное освоение программных продуктов, методологий и процессов управления данными об изделии.



## 1. Введение

Концепция внедрения решений для управления жизненным циклом изделия (PLM – Product Lifecycle Management) Siemens PLM Software предполагает поэтапное освоение программных продуктов, методологий и процессов управления данными об изделии.

Первый этап – «Старт» – состоит из следующих основных задач:

- управление процессами проектирования («**Designs**»);
- управление документами («**Documents**»);
- управление конструкторским составом изделия («**BOMs**»);
- управление процессами Workflow (поток работ) и Change Management (процессы проведения изменений) («**Process**»).

В результате реализации первого этапа предприятие получает оптимизацию и автоматизацию основных процессов конструкторской подготовки производства, что позволяет сформировать определенную базу для освоения последующих этапов.

Оптимальным использованием PLM-платформы на предприятии после реализации первого этапа можно считать следующие процессы:

- проектирование изделия в CAD-среде под управлением системы Teamcenter;
- управление нормативно-справочной базой в среде Teamcenter;
- создание и управление конструкторским составом изделия в системе Teamcenter;
- создание необходимой вспомогательной конструкторской документации;
- реализация процессов совместной работы, согласования конструкторских данных и проведения изменений.

Второй этап – «Расширение» – состоит из следующих основных задач:

- управление требованиями («**Requirements**»);
- управление сервисным обслуживанием («**Service**»);
- управление процессами технологической подготовки производства («**Manufacturing**»);
- управление поставщиками.

Важно отметить, что реализация второго этапа предполагает наличие достаточно высокого уровня «PLM-зрелости» предприятия.

В данной брошюре подробно раскрываются процессы технологической подготовки производства («**Manufacturing**»), являющиеся основной задачей второго этапа реализации PLM-концепции.

Третий этап – «**Масштабирование**» – состоит из следующих основных задач:

- управление качеством изделий («**Quality**»);
- управление себестоимостью изделий («**Cost**»);
- управление соответствием («**Sustainability**»);
- управление процессами системного инжиниринга («**Systems**»).

«**Manufacturing**» – одно из направлений информационной поддержки жизненного цикла изделия в части управления процессами технологической подготовки производства.

Важно отметить, что под брендом Tecnomatix® Siemens PLM Software понимает следующую группу программных продуктов:

- Factory CAD, Factory FLOW – создание, анализ и оптимизация цифрового макета предприятия;
- Teamcenter Manufacturing – процессы технологической подготовки производства;
- Tecnomatix Process Simulate – симуляция сборочных технологических процессов;

- Tecnomatix Plant Simulation – имитационное моделирование производственных систем;
- Teamcenter Visualization – управление качеством (расчет размерных цепей);
- NX CMM – управление качеством (программирование координатно-измерительных машин);
- Teamcenter DPV – управление качеством (хранение и анализ данных по измерениям).

Решения Tecnomatix можно разделить на три основных направления:

- Планирование («**Planning**»);
- Симуляция («**Simulation**»);
- Производство («**Production**»).

#### Планирование («**Planning**»)

- Планирование технологических процессов («**Process**»);
  - создание и управление технологической структурой изделия (mBOM);
  - разработка циклограммы процессов агрегатной и окончательной сборки (BOP);
  - анализ и оптимизация циклов сборки с помощью диаграмм Pert и Gantt, расчет критического пути плана-графика сборки изделия;

# TECNOMATIX



Рис.1.2. Основные инженерные процессы, поддерживаемые Tecnomatix®

Решения Tecnomatix можно разделить на три основных направления:

- Планирование («**Planning**»);
- Симуляция («**Simulation**»);
- Производство («**Production**»)

- построение ассоциативных связей между структурами изделия (eBOM-mBOM-BOP) и контроль при проведении изменений;
  - разработка технологических процессов агрегатной и окончательной сборки;
  - разработка технологических процессов изготовления (механообработка, штамповка, ковка, гальваника, литье и т. п.);
  - назначение межцеховых маршрутов;
  - осуществление трудового и материального нормирования;
  - управление данными о средствах технологического оснащения для соответствующих процессов;
  - централизованное хранение нормативно-справочной информации;
  - поддержка процессов, связанных с изменением конструкторско-технологической информации;
  - создание отчетной технологической документации в соответствии со стандартами;
  - Разработка интерактивных технологических инструкций («**Work Instructions**»);
  - Построение цифрового макета предприятия («**Layouts**»):
    - моделирование и оптимизация производственных подразделений;
    - управление данными о структуре предприятия, начиная от предприятий входящих в холдинг/корпорацию, заканчивая оборудованием и ресурсами, расположенными в производственных подразделениях (цехах и участках) или их аналогами в виде групп рабочих центров;
    - моделирование 3D-макета производственного подразделения с двусторонним обменом информацией с системой Teamcenter;
    - анализ компоновки производственных площадей, материальных потоков и себестоимости перемещения (используется информация о технологическом маршруте номенклатуры, необходимой емкости складов и требуемом подъемно-транспортном оборудовании);
    - анализ производительности, балансировка загрузки оборудования, оптимизация план-графика производства и методов управления системой;
  - Планирование качества изделия («**Dimensional Quality**»):
    - анализ размерных цепей;
    - анализ статистического распределения полей допусков относительно объема партии;
    - выявление компонентов, оказывающих наибольшее влияние на результирующие параметры размерной цепи;
  - разработка управляющих программ для контрольно-измерительных машин;
  - сопоставление 3D-модели с данными контроля качества.
- Симуляция («Simulation»)**
- Симуляция процессов сборки («**Assembly**»):
    - моделирование, анализ и оптимизация процессов сборки изделия, управляемого в среде Teamcenter, на собираемость;
    - использование симуляции процесса сборки для создания интерактивных технологических инструкций;
  - Программирование и симуляция роботизированных линий («**Robotics**»):
    - моделирование и пуско-наладка автоматизированных промышленных роботизированных систем, их проверка и оптимизация;
    - централизованное хранение изделий, технологических процессов, нормативно-справочной и прочей информации, необходимой для моделирования, проверки и оптимизации промышленных роботизированных систем в Tecnomatix;
    - разработка, симуляция, оптимизация, анализ и off-line программирование роботизированных и автоматизированных технологических процессов сборки, сварки, клепки, сверления, окраски и т. п.;
    - симуляции работы линии штампового и прессового оборудования.
  - Имитационное моделирование производственных систем («**Logistics**»);
  - Симуляция сборки изделия с помощью моделирования действий человека («**Human**»).
- Производство («Production»)**
- Отслеживание проблем в производстве («**Issues Tracking**»);
  - Виртуальная пуско-наладка («**Virtual Commissioning**»);
  - Интеграция с рабочими центрами («**Shop Floor**»):
    - обеспечение двустороннего обмена данными между Teamcenter и MES-системами;
    - прямое взаимодействие с контроллерами рабочих центров для передачи управляющих программ;
  - Контроль и анализ качества изделия («**Build Quality**»):
    - управление данными о расчетах/измерениях и их централизованное хранение;
    - обеспечение взаимосвязи состава изделия, расчетной структуры и результатов расчета/измерения.

# 2. Технологическая подготовка производства. Инструменты Teamcenter Manufacturing

## 2.1 Управление нормативно-справочной информацией / Teamcenter Classification

Приложение Классификатор Teamcenter предназначено для организации нормативно-справочной информации, используемой при конструкторско-технологической подготовке производства (КТПП), с целью экономии времени на поиск объектов Teamcenter и исключения случаев их дублирования.

Классификатор является единой средой хранения, доступа и обработки информации, используемой в процессах КТПП, обеспечивая полноценное централизованное управление нормативно-справочной информацией в соответствии с настроенной политикой безопасности. Вся информация, хранящаяся в Классификаторе, имеет иерархическую структуру. В процессе поиска и выбора данных можно использовать графическую информацию (изображения), различные фильтры и операции сортировки данных по нескольким критериям.

Функционал Классификатора позволяет:

- организовать собственную, актуальную для предприятия, формализованную иерархическую структуру нормативно-справочной информации, и описать элементы этой структуры атрибутами с использованием механизма наследования (Рис. 2.1.1);
- использовать многократную классификацию одного объекта (Рис. 2.1.2);
- обеспечить поиск необходимой информации по иерархии классов и/или по значениям атрибутивной информации объектов классификации;
- настраивать и сохранять распространенные варианты поиска;
- обеспечить навигацию в иерархических справочниках по графическим образам (изображениям) узлов иерархии;
- назначать единицы измерения для отображения значений атрибутов и поиска объектов;
- настраивать predetermined списки значений атрибутов;
- определить правила отображения значений атрибутов объектов НСИ различных ветвей классификации

для разных пользователей, групп пользователей или ролей;

- разграничить права доступа к ветвям классификации, атрибутам и объектам классификации;
- регулировать актуальность информации по применимости без удаления данных;

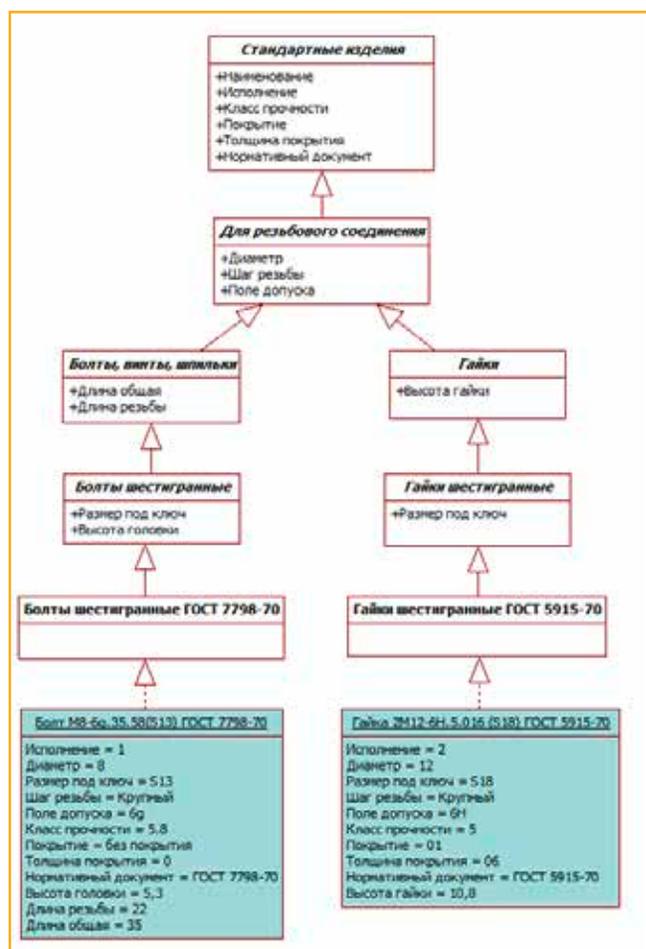


Рис. 2.1.1. Наследование атрибутов

- организовать автоматизированный подбор взаимосвязанных объектов нормативно-справочной информации по определенным значениям атрибутов, например, подбор режущей пластины к корпусу фрезы;
- подключать к каждому объекту классификации дополнительные документы, в том числе 2D и 3D геометрию, обеспечивая их просмотр и редактирование;
- обеспечить работу с семейством деталей NX, при которой каждый член семейства деталей хранится в Классификаторе как отдельный объект, а атрибуты Классификатора синхронизированы с параметрами NX;
- выполнять пакетное редактирование нормативно-справочной информации в Microsoft Excel;
- импортировать уже существующие на предприятии справочные базы данных, используя открытый формат обмена данными PLM XML.

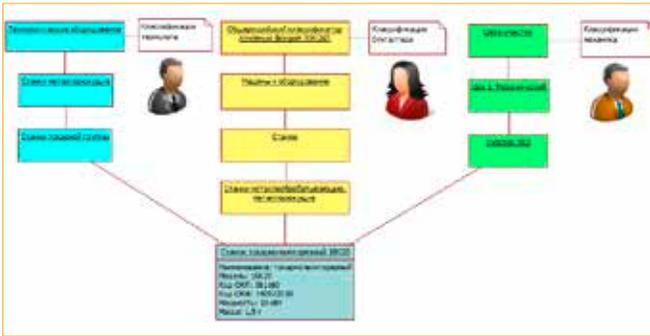


Рис. 2.1.2. Пример многократной классификации

Благодаря единой платформе управления данными, обеспечивается поддержка следующих процедур:

- организация работы с заявками на изменение нормативно-справочной информации. В рамках этой процедуры предлагается комплекс средств системы Teamcenter, начиная со средств обмена сообщениями между пользователями, заканчивая средствами управления бизнес-процессами при помощи процедур Workflow (подраздел 5.4);
- доступ к истории изменения любого объекта нормативно-справочной информации;
- доступ к объектам нормативно-справочной информации непосредственно из среды NX, например, для выбора материалов или стандартных изделий;

- просмотр и редактирование документов, подключенных к объектам справочников, с учетом стандартных правил коллективного доступа к информации;
- централизованное хранение и доступ к нормативно-справочной информации для работы в территориально-распределенной структуре предприятия, в том числе используя технологию Multi-Site.

При технологической подготовке производства используются следующие справочники:

- справочник материалов;
- справочник технологических операций;
- справочник технологического оборудования;
- справочник профессий;
- справочник структурных подразделений;
- справочник приспособлений;
- справочник вспомогательного инструмента;
- справочник режущего инструмента;
- справочник слесарно-монтажного инструмента;
- справочник специального инструмента (для сварки, штамповки и т.п.);
- справочник средств измерения;
- справочник средств индивидуальной защиты;
- справочник нормативных документов.

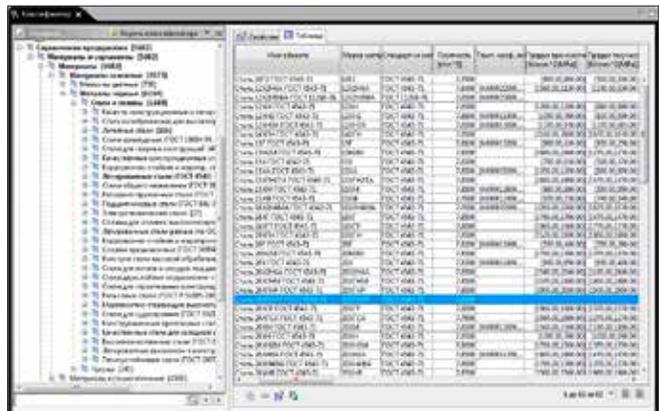


Рис. 2.1.3. Классификатор материалов в Teamcenter

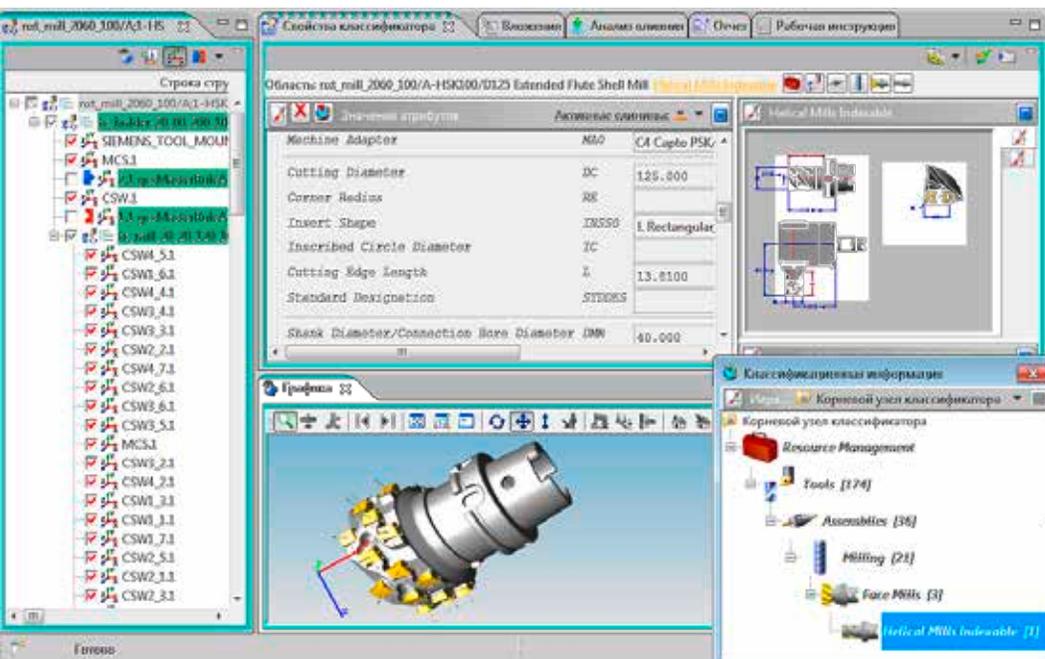


Рис. 2.2.1 Менеджер ресурсов Teamcenter

## 2.2 Управление технологическими ресурсами / Resource Manager

Менеджер ресурсов предназначен для определения и управления взаимосвязями между объектами нормативно-справочной информации, неклассифицированными объектами Teamcenter и дополнительными данными в виде связанных импортированных файлов и ссылок на другую контекстную информацию.

Под ресурсами в системе Teamcenter понимаются объекты, позволяющие обеспечить выполнение процессов технологической подготовки производства – оборудование, оснастка, инструмент, приспособления, трудовые ресурсы, управляющие программы для ЧПУ, наладки и т. п.

Функционал Менеджера ресурсов позволяет:

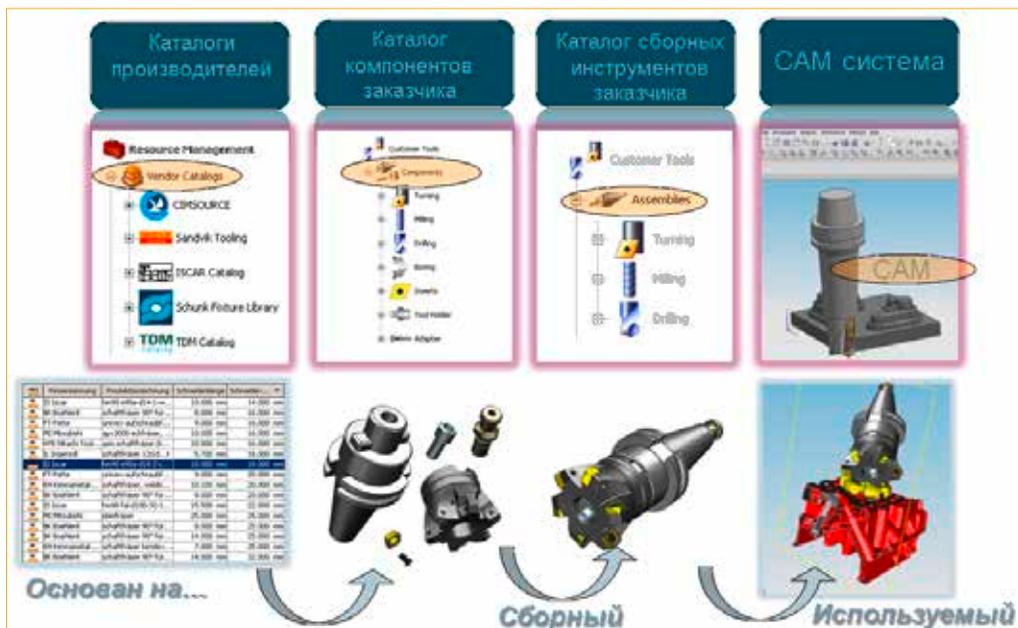
- создавать и управлять структурами ресурсов (например, шаблонами определенных операций, включающими в себя оборудование, оснастку и инструмент; или структурой сборного инструмента, включающего в себя информацию об оправке, хвостовике, режущей части и т. п.);
- выполнять поиск объектов нормативно-справочной информации в Классификаторе, в том числе осуществлять подбор объектов, соответствующих предварительно выбранному компоненту (например, можно найти все гайки, подходящие по диаметру к выбранному болту), для описания структуры ресурса;

- классифицировать ресурс, делая его объектом нормативно справочной информации;
- создавать, просматривать или изменять документацию, связанную с ресурсом, в том числе инструкции по эксплуатации, чертежи или 3D модели, спецификации, описания и т. п.;
- производить управляемый поиск подходящих компонентов по их геометрической совместимости;
- создавать сборный инструмент с возможностью автоматического взаиморасположения компонентов и автоматического создания сборочного комплекта со всеми данными и атрибутами, необходимыми для создания и симуляции обработки в NX CAM.

### Библиотека производственных ресурсов (MRL)

В рамках Классификатора целесообразно выделить библиотеку CAM ресурсов (Manufacturing Resource Library – MRL). Это, прежде всего, классификатор режущего инструмента, вспомогательного инструмента, станков, приспособлений и др., которые могут использоваться при разработке УП и их проверке. Библиотека MRL позволяет экспортировать данные 3D моделей в NX CAM и использовать их для задач проверки программ и симуляции работы станка.

Рис. 2.2.2 Принцип работы с каталогом инструмента



Имеется возможность работы с библиотекой MRL из автономной версии NX CAM через модуль MRL Connect, при этом Teamcenter установлен только на одном рабочем месте, например, на сервере.

Формат MRL согласован с ведущими поставщиками режущего и вспомогательного инструмента, поэтому возможно пополнение библиотеки дополнительными компонентами на основе каталогов ведущих производителей компонентов. Согласована классификация, набор атрибутов и 3D представление инструмента. 3D представление может напрямую использоваться при симуляции работы станка.

Проработан механизм автоматической классификации компонентов инструмента из каталогов производителей (Vendor Catalogs) в каталог инструментов заказчика на основе сопоставления подходящих классов и атрибутов.

В составе дистрибутива Teamcenter поставляется пример библиотеки MRL, который содержит полную иерархическую структуру каталога компонентов и сборок инструмента.

Данный пример может в дальнейшем масштабироваться до полнофункционального каталога, путем импорта инструмента из каталогов производителей, либо использоваться в качестве базы для создания собственного каталога инструмента.

Готовый сборный инструмент может выбираться непосредственно из системы NX CAM путем обращения к классификатору Teamcenter. В процессе выбора имеется возможность искать инструмент по всем необходимым атрибутам (диаметр резания, длина вылета, радиус скругления режущей кромки, длина режущей части и т.д.).

В процессе создания управляющей программы в системе NX CAM, геометрия сборного инструмента участвует в процессах симуляции и верификации обработки.

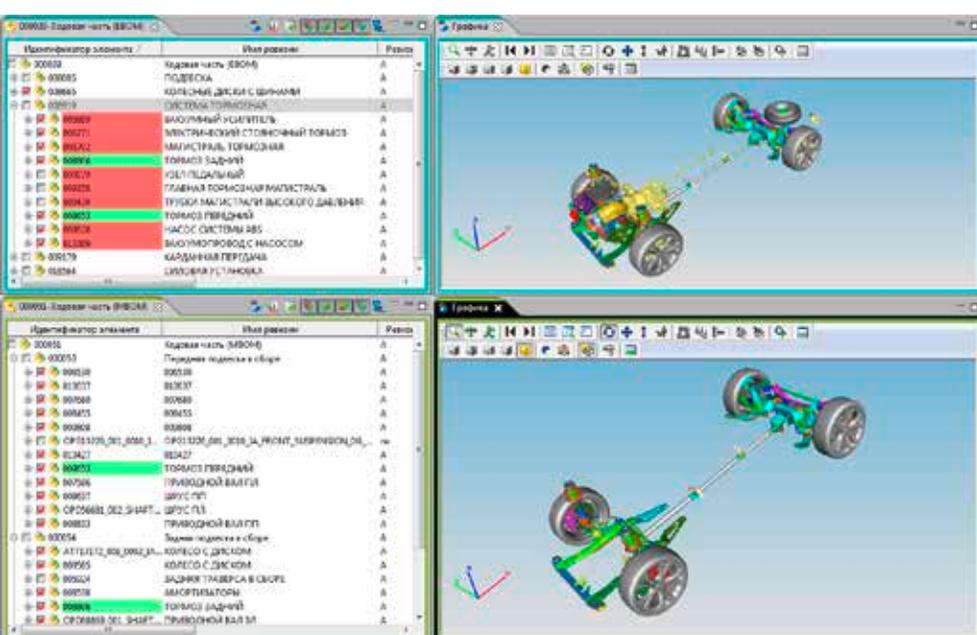


Рис. 2.3.1 Верификация технологической структуры в Планировщике технологических процессов

## 2.3 Управление технологическими процессами / Manufacturing Process Planner

Teamcenter Manufacturing – набор компонентов, являющийся неотъемлемой частью системы Teamcenter, обеспечивающий поддержку инженерных процессов, связанных с технологической подготовкой производства.

Планировщик технологических процессов (**Manufacturing Process Planner**) предназначен для выполнения задач, представленных ниже.

### Разработка и увязка технологических структур изделия (mBOM – manufacturing Bill of Materials)

Технологическая структура изделия позволяет точно описать номенклатуру подборок, физически существующих в производстве, а также так называемых наборов (kits), позволяющих решать задачи логистики, повышая эффективность планирования и диспетчеризации производства.

Функционал Планировщика технологических процессов изделия позволяет:

- переупорядочивать иерархию структуры изделия;
- использовать «фантомные» сборки;
- расщеплять количественные позиции в рамках одной конструкторской сборки;
- верифицировать технологическую структуру на корректность назначения ДСЕ из базового представления (анализ неиспользованных компонентов, многократно использованных, полностью использованных);

- генерировать Дерево сборки (IPA – In-Process Assembly) на основе циклограмм процессов агрегатной и окончательной сборки, созданных ранее.

Встроенный визуализатор значительно повышает наглядность процесса создания технологической структуры и позволяет вкуче с инструментом верификации отображать результаты сравнения различных представлений структуры изделия.

Ассоциативная связь между конструкторской и технологической структурой позволяет, применяя варианты правила к базовому представлению, автоматически конфигурировать все связанные технологические представления с целью получения однозначного описания изделия для различных производственных ситуаций (заказ, дату, экземпляр изделия и т. п.), а при применении средств интеграции – выгружать сконфигурированные данные в ERP-системы или различные инструменты Tecnomatix.

### Разработка циклограмм процессов агрегатной и окончательной сборки

Циклограмма процессов агрегатной и окончательной сборки представляет собой иерархическое описание процессов сборки (BOP – Bill of Process) с назначенными для выполнения этих процессов последовательно-параллельными связями. Для создания связей используется инструмент Диаграмма PERT (Program Evaluation and Review Technique).

Инструментом оптимизации циклограммы является интерактивная Диаграмма Ганта. Этот инструмент представляет циклограмму процессов в виде диаграммы Ганта, которая позволяет варьировать длительностью задач (процессов), а также их последовательностью. Инструмент позволяет рассчитывать критический путь, а также его длительность. Благодаря единой платформе управления данными, функционал, относящийся к задачам управления структурами изделия (BOM Management – Bill of Material Management) в части управления вариантными опциями и правилами модификации спецификаций, применим и для управления структурами данных, относящихся к технологической подготовке производства. Так, например, при применении правил конфигурирования конструкторской структуры изделия (eBOM – engineering Bill of Material), редактор технологических процессов автоматически конфигурирует взаимосвязанные структуры данных:

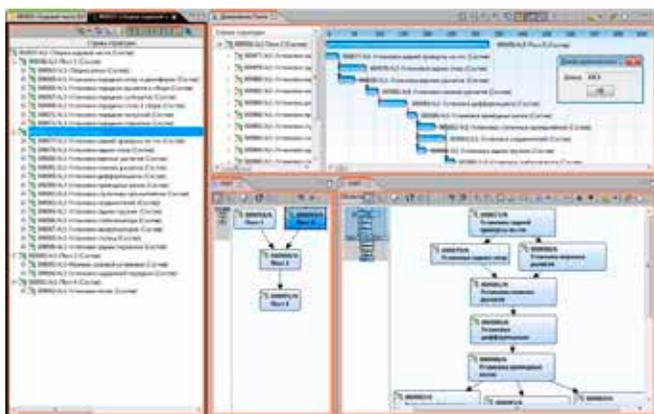


Рис. 2.3.2 Диаграмма Ганта и PERT

- технологические структуры (mBOM – manufacturing Bill of Material);
- циклограммы процессов сборки (BOP – Bill of Process);
- технологические процессы (MP – Manufacturing Process).

Это позволяет «на лету» генерировать представления взаимосвязанных структур данных для различных производственных ситуаций (заказ, дату, экземпляр изделия и т. п.), а при применении средств интеграции, выгружать сконфигурированные данные в ERP-системы или различные инструменты Tecnomatix.

### Разработка технологических процессов

Каждый процесс, входящий в циклограмму сам представляет собой иерархическую организацию объектов, полностью описывающих технологический процесс сборки узла, агрегата или машины. Планировщик технологических процессов позволяет:

- создать и управлять сквозным технологическим процессом – перечнем технологических переделов (видов работ), ассоциативно связанных с рабочей областью

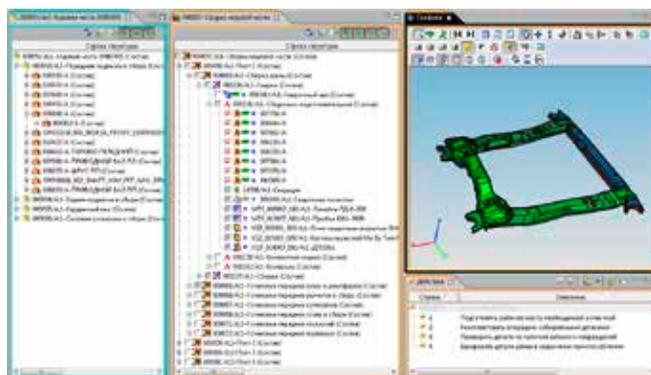


Рис. 2.3.3 Структура технологического процесса

(цехом, участком и т. д.), таким образом, представляя собой передельный технологический маршрут;

- детализировать каждый элемент маршрута (передел), создавая последовательность технологических операций;
- используя интегрированный инструмент Классификатор, производить поиск и назначение технологических ресурсов, таких как: оборудование, инструмент и приспособления, профессии, вспомогательные материалы, ИОТ и т. д.;
- детализировать каждую технологическую операцию, создавая последовательность технологических переходов (Рабочих действий) с возможностью назначения ресурсов на конкретный переход;
- использовать графические специальные символы в текстовом описании;
- производить назначение потребляемых ДСЕ из технологической структуры изделия методом «Копировать – Вставить» как непосредственно из структуры изделия, так и используя окно встроенного визуализатора;
- верифицировать технологический процесс на корректность назначения ДСЕ из технологической структуры (выявление не использованных и не полностью использованных ДСЕ, многократно использованных);
- выполнять трудовое нормирование различными методами: микроэлементное нормирование, нормирование по сборникам нормативов, симуляция операции (с использованием Tecnomatix Process Simulate), задание нормы вручную.

### Балансировка производственных линий (Line Balancing)

Процесс балансировки производственных линий в основном свойственен конвейерным производствам и производится на ранних этапах технологической подготовки производства. Инструмент просто и эффективно позволяет оптимизировать распределение загрузки станций (позиций) производственной линии, сбалансировать ресурсы и достичь целевого значения такта линии.

- С помощью интерактивного интерфейса производится установка ограничений на последовательность операций;
- Существует возможность наложения последовательных и параллельных ограничений, что графически в интуитивно понятном виде отображается через интерфейс;

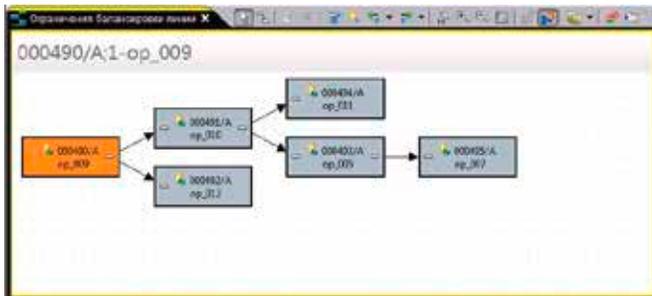


Рис. 2.3.4 Ограничения балансировки линии

- Гистограмма визуально показывает операции, назначенные на каждую позицию, и красным цветом выделяет позицию, на которой обнаружено превышение заданного такта;
- Для перераспределения операций используется метод «Перетащить» (Drag & Drop) непосредственно на гистограмме. При этом дерево процесса перестраивается автоматически;
- После проведения балансировки производится проверка на нарушение ограничений, наложенных на последовательность выполнения операций, и, в случае выявления нарушений, происходит их устранение аналогичным балансировке способом.

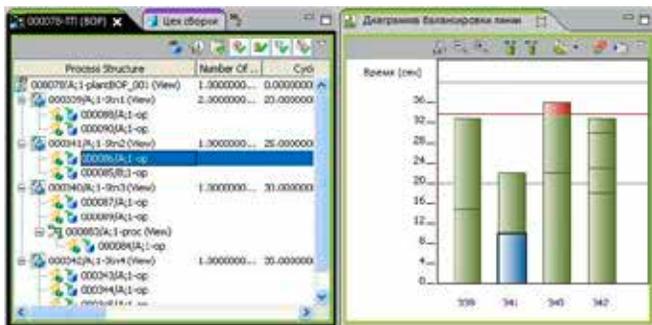


Рис. 2.3.5 Диаграмма балансировки линии

### 4D-планирование (4D-Planning)

Концепция 4D-планирования объединяет процесс и последовательность сборки (строительства) с планом производства (строительства). Применяется в производствах с большой номенклатурой и длинным циклом производства (судостроение, авиастроение и т.д.). При работе с большими структурами часто возникает необходимость визуализации стадии постройки в определенный момент времени.

4D-планирование – это инструмент позволяющий симулировать и визуализировать процесс постройки во времени. Для реализации этой задачи берется график постройки, задачи которого связываются процессами сборки, содержащими 3D визуализацию потребляемых деталей, что позволяет отобразить движение постройки как с помощью диаграммы Ганта, так и в трехмерном виде. Например, при постройке корабля, возникает необходимость получения информации о том, что будет установлено в машинном помещении к 15 июля для определения дальнейших работ.



Рис. 2.3.6 Визуализация плана строительства

Инструмент 4D-планирования был разработан в первую очередь для снижения вероятности переделок в процессе проведения работ по достройке и оснащению судов. Большая часть переделок происходит по причине незапланированного нехватки пространства в помещениях, где необходимо установить оборудование. Переделки, связанные с незапланированной разборкой и изменениями последовательности сборки, вызывают дорогостоящие срывы плана строительства. Используя набор инструментов 4D-планирования, появляется возможность избежать дорогостоящих переделок, заранее скоординировав план строительства с последовательностью работ по достройке и оснащению. Благодаря повышению исполнимости заложенной последовательности строительства, выигрыш также получают службы, относящиеся к производственной логистике и снабжению.

Типовой поток работ 4D-планирования состоит из следующих задач:

- Генерирование высокоуровневой последовательности строительства:
  - экспорт из сторонних систем или создание плана строительства высокого уровня;
  - автоматическое либо ручное создание технологических комплектов непосредственно из плана.
- Детальная проработка техкомплектов и разработка технарядов
  - детальная проработка технологических нарядов, а также их последовательности для каждого техкомплекта;
  - потребление соответствующих ДСЕ в технологические наряды;
  - оценка временных и иных затрат на выполнение технарядов;

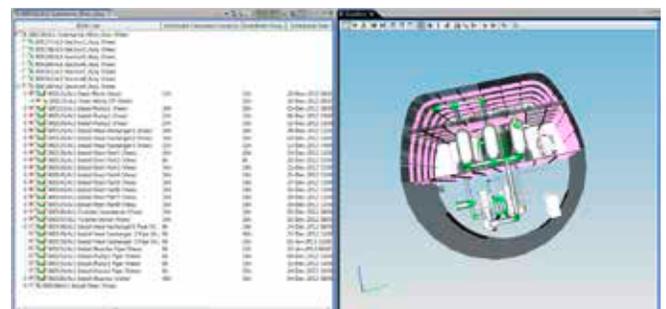


Рис. 2.3.7 Структура процесса строительства с плановыми датами

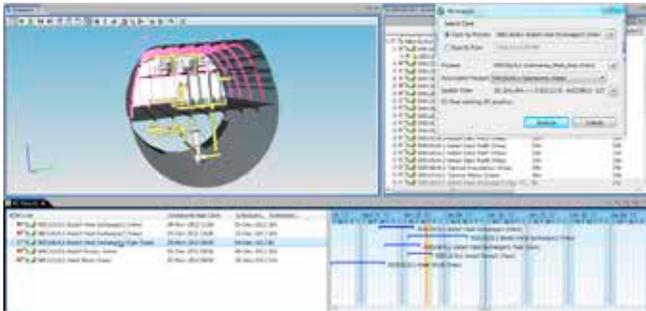


Рис. 2.3.8 4D-анализ и корректировка плана строительства

- создание последовательно-параллельных связей для технарядов.
- 4D-анализ и корректировка плана строительства
  - использование инструмента 4D визуализации стадий строительства в определенном геометрическом объеме судна в заданное календарное время;
  - выявление необходимости корректировок плана строительства;
  - временная корректировка плана с повторным запуском «4D Анализа».
- Оценка и согласование изменений
  - анализ и согласование операций, оказавшихся под влиянием изменения;
  - корректировка техкомплектов и высокоуровневой последовательности строительства.

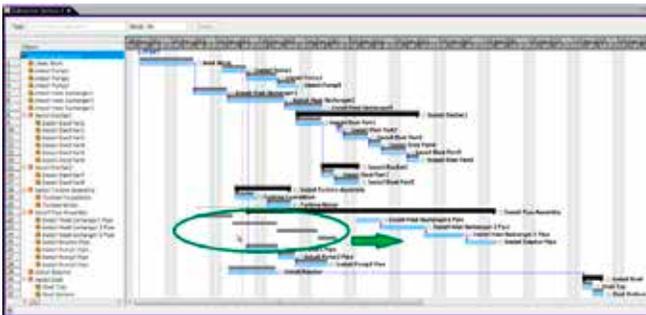


Рис. 2.3.9 Корректировка плана строительства

### Планировщик производства (Plant Designer)

Инструмент Планировщик производства предназначен для управления данными о производственно-технической базе предприятия, необходимыми для обеспечения технологической подготовки производства.

Функционал инструмента позволяет:

- описать иерархию структурных подразделений компании или корпорации, задействованных в производстве;
- для каждого структурного подразделения произвести описание участков, рабочих зон, рабочих мест;
- описать расположенное в них оборудование, оснастку, инструмент и прочие производственные ресурсы с целью

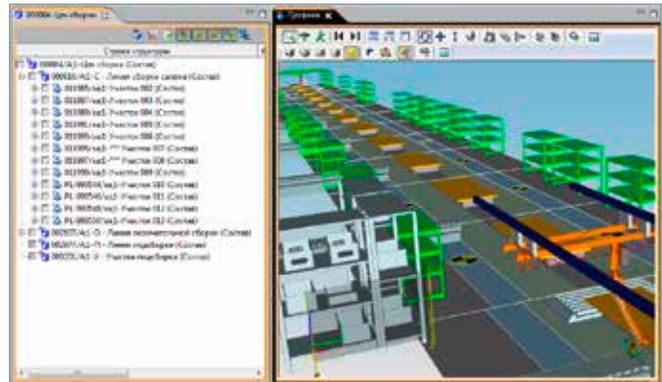


Рис. 2.3.10 Визуализация структуры производства

- дальнейшего их использования при разработке технологических процессов и интеграции с MES/ERP-системами;
- описать типовые последовательности прохождения изделия через производственные подразделения, установить зависимости при применении. Благодаря единой платформе управления данными, функционал, в части управления вариантными правилами и альтернативными заменами для структуры изделия, применим и для управления последовательностями структурных подразделений.

Применение модуля Tecnomatix Factory CAD позволяет создать цифровой макет производства. При помощи огромного количества параметрических трехмерных объектов (конвейеры, накопители, краны, контейнеры, оборудование, лестницы, площадки и т. п.), предлагаемых системой или создаваемых пользователем, Factory CAD позволяет создать трехмерную планировку, компоновку и размещение оборудования гораздо быстрее, чем при проектировании двухмерных планировок в САПР. Проектирование архитектурно-строительной части на профессиональном уровне закрывается системой AutoCAD Architecture, на котором и базируется система Factory CAD.

Ведение цифрового макета производства предоставляет следующие возможности:

- большая наглядность проекта за счет использования трёхмерной модели вместо традиционной плоской планировки;
- сокращение трудоёмкости создания планировки за счет автоматического формирования геометрии объектов по заданным параметрам;
- возможность быстрого анализа характеристик планировки встроенными инструментами;
- оптимизация размещения отдельных зон с точки зрения материалопотоков с целью уменьшения необходимых для производства площадей и увеличения производительности.

Вся информация об архитектурно-строительной части и объектах производства, спроектированная в Factory CAD, сохраняется в виде иерархии объектов и визуализируется в инструменте Планировщик производства системы Teamcenter.

Имя ревизии	Строка структуры
Тех. процесс изготовления	ТХ_008703/В.1-Тех. процесс изготовления (Состав)
Круг 300	Круг 300/А
Цех 30	000130/А/1-Цех 30 (Состав)
Очистка	000149/А/1-Очистка (Состав)
Нагревание	000151/А/1-Нагревание (Состав)
Штамповка	000189/А/1-Штамповка (Состав)
Термо-механическая обработка	000190/А/1-Термо-механическая обработка (Состав)
Очистка	000191/А/1-Очистка (Состав)
Калибровка	000192/А/1-Калибровка (Состав)
Цех 51	000131/А/1-Цех 51 (Состав)
Контроль	ОР_000000030/А/1-Контроль (Состав)
Цех 50	000132/А/1-Цех 50 (Состав)
Фрезерная 1	000193/В/1-Фрезерная 1 (Состав)
Фрезерная 2	000194/В/1-Фрезерная 2 (Состав)
Цех 51	000131/А/1-Цех 51 (Состав)
Контроль	ОР_000000030/А/1-Контроль (Состав)

Рис.2.4.1 Операция обработки на станке ЧПУ в Teamcenter

## 2.4 Управление технологией изготовления в среде Teamcenter / Part Planner

Наряду с планировщиком технологических процессов (Manufacturing Process Planner), модуль «Планировщик процессов изготовления» (Part Planner), также позволяет разрабатывать маршрутную и операционную технологию, но специализируется на процессах изготовления, связанных с конкретными технологическими переделами (механообработка, штамповка, ковка, гальваника, литье и т. п.).

Как и в случае со сборочными единицами, узлами, установками и агрегатами, номенклатура состава изделия, относящаяся к деталям и стандартным изделиям, включает технологический маршрут, являющийся хранилищем всей производственной информации о процессе изготовления или ремонта текущей номенклатуры, в том числе:

- варианты межцеховых маршрутов, включающие в себя иерархическое описание последовательности подразделений и выполняемых в этих подразделениях видов работ в процессе изготовления или ремонта текущей номенклатуры;
- основанные на последовательности видов работ межцехового маршрута технологические процессы, представляющие собой иерархическую последовательность операций, рабочих действий (переходов) и необходимых для их выполнения ресурсов (оборудование, оснастка, материалы, инструмент и т. п.);
- различного рода структуры данных, формирующиеся в процессе согласования компонента состава изделия, например план-графики подготовки производства, предварительный перечень материалов, средств технологического оснащения и т. п.

Планировщик процессов изготовления позволяет разрабатывать технологические процессы изготовления, начиная от определения параметров заготовки, заканчивая операциями упаковки и перемещения готового изделия. Процесс разработки основан на применении диалогового режима и режима работы на основе аналога.

Одним из основных преимуществ использования данного модуля, является его интеграция с приложением для разработки и верификации управляющих программ для станков ЧПУ – системой NX CAM.

Операция, связанная с обработкой в среде NX CAM, задается специальным типом объекта «Операция с ЧПУ». В составе такой операции создаются все связанные с ней данные. Это обрабатываемая деталь, заготовка, оснастка, станок, инструмент и другие общетехнологические ресурсы. Данные могут быть присоединены к операции как из интерфейса «Планировщика процессов изготовления», так и в системе NX CAM, что обеспечивается возможностями двусторонней синхронизации приложений.

Операция с ЧПУ, наравне с другими операциями, создаваемыми в Teamcenter, содержит и переходы. В терминологии Teamcenter – рабочие действия. Рабочие действия, связанные непосредственно с процессом обработки определяются типами MENCProgram и MENCToolActivity. Данные рабочие действия содержат как описательную часть (время, список инструмента, номер инструмента), так и мета-данные (карты наладки, NC-программа). После разработки и верификации управляющей программы в среде NX CAM, рабочие действия сохраняются в Teamcenter.

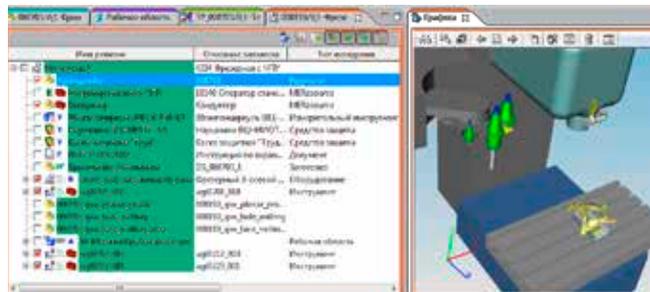
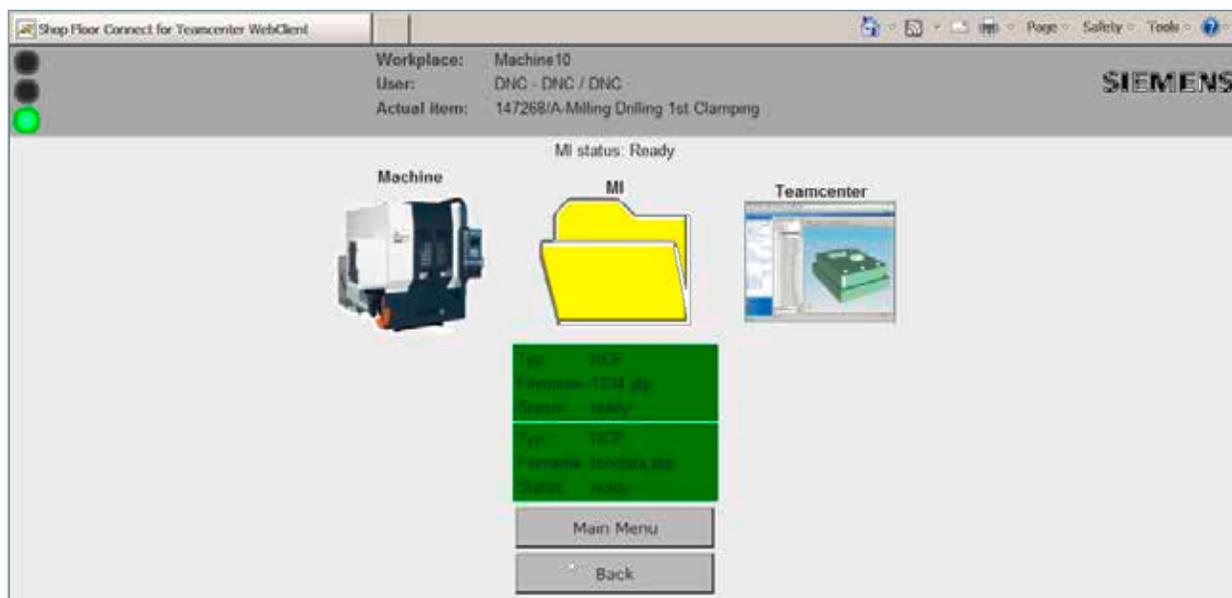


Рис.2.4.2 Визуализация оборудования, назначенного на выполнение операции

Рис.2.5.1 Передача NC-программы на станок



## 2.5 Применение технологических данных в производстве / DNC ShopFloor Connect

Все данные, необходимые для изготовления деталей и хранящиеся в Teamcenter могут быть доступны непосредственно на производственных рабочих участках, и загружены в системы ЧПУ станков. Такая возможность существует благодаря использованию специального модуля Teamcenter – DNC ShopFloor Connect.

Применение данного модуля позволит обеспечить персонал актуальной информацией в любой момент времени и снизить вероятность ошибок, связанных с использованием устаревших и неактуальных данных.

Функциональность этого модуля обеспечивает:

- подключение к данным Teamcenter через Web-браузер;
- поиск необходимой производственной операции;
- просмотр всей сопроводительной информации, относящейся к выбранной операции (Карты наладки, 3D-модель детали, эскизы и т. д.);
- просмотр перечня инструмента необходимого для выполнения операции;
- просмотр, выгрузку/загрузку на станок и сравнение разных версий NC-программ;
- выгрузку данных в MES системы.

Данный модуль устанавливается в виде отдельного дополнения к существующей серверной части Teamcenter. Для настройки и конфигурирования модуля используется специальный административный Web-портал, через который задается список существующих на производстве станков и определяются их интерфейсы и адреса для организации сетевой передачи данных.

Станки могут быть подключены в единую информационную сеть различными способами:

- напрямую по локальной сети (LAN);
- через COM-Server;
- через вспомогательные интерфейсы станков, как, например, TNCremoNT для систем ЧПУ Heidenhain.

Применение данного модуля позволит использовать на производстве актуальные версии NC-программы в любой момент времени, как при создании программы, так и при внесении в нее изменений.

В случае наличия нескольких версий программ в системе ЧПУ станка, технолог может легко сопоставить версию программы на станке с версией изготавливаемой детали в системе Teamcenter.

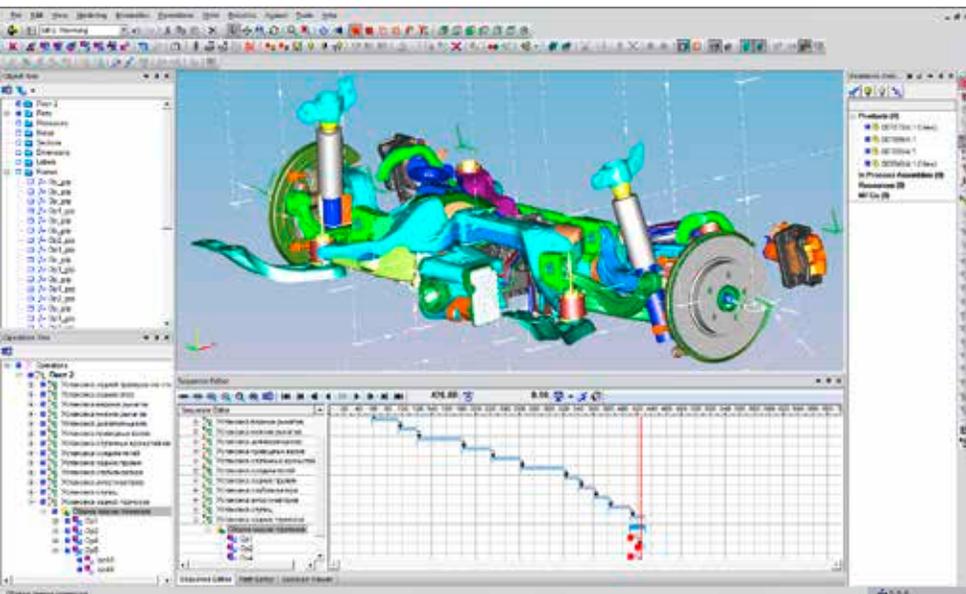


Рис. 3.1 Симуляция процесса сборки в Tecnomatix Process Simulate

### 3. Симуляция технологических процессов сборки. Основные возможности Tecnomatix Process Simulate

Tecnomatix Process Simulate позволяет выполнять динамическое моделирование и верификацию в интерактивной трехмерной среде. Продукт полностью интегрирован с системой Teamcenter, хранящей базу технологических данных, и, тем самым, позволяет технологу применять всю функциональность управления данными, в том числе повторно использовать данные и отслеживать изменения.

Tecnomatix Process Simulate предоставляет среду реалистичного трехмерного моделирования технологических процессов для оптимизации времен циклов и последовательности выполнения операций. Инструмент обеспечивает моделирование процессов сборки, сварки, ручных операций, которые могут включать кинематические приспособления, инструмент и манипуляторы. Tecnomatix Process Simulate является масштабируемым решением и обеспечивает инженеров различных технологических профилей набором инструментов и данными для детальной проработки процесса.

Tecnomatix Process Simulate позволяет прорабатывать различные сегменты производственного процесса. Он содержит специализированные инструменты для проектирования сборочных и сварочных процессов, ручных операций, непрерывных процессов – лазерной сварки и резки, нанесения клея. Эти и другие процессы могут моделироваться в единой среде, что позволяет создавать цифровые макеты

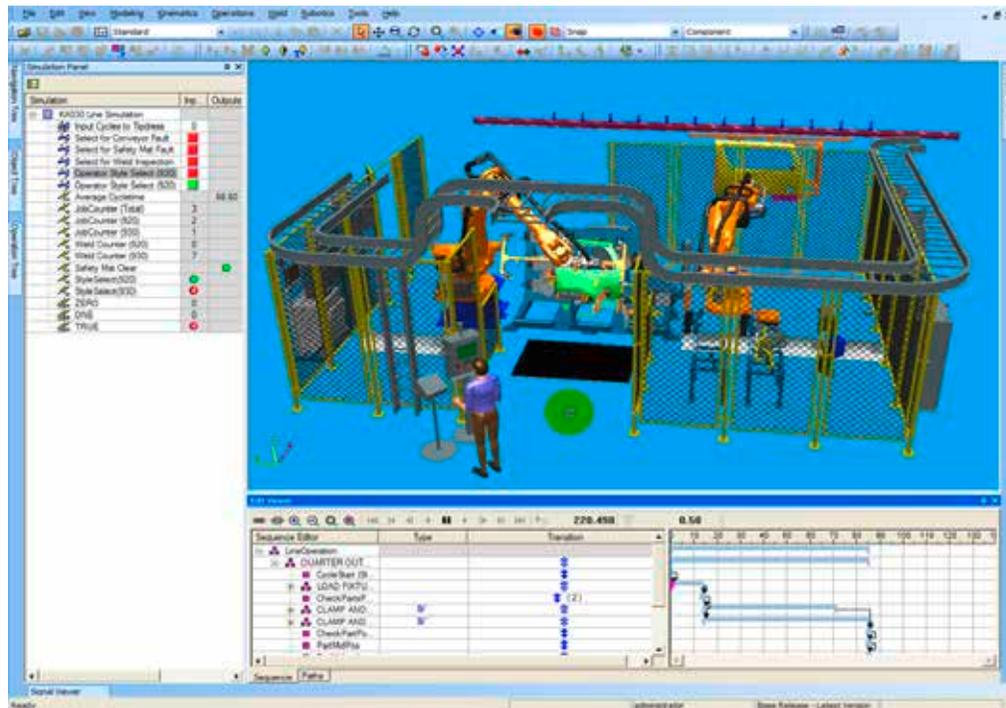
целых производственных зон или ячеек. Симуляция реалистично воспроизводит действия человека, работу вспомогательного оборудования, контроллеров роботов и PLC.

Основные задачи, реализуемые с помощью инструмента Tecnomatix Process Simulate, включают следующее:

#### Симуляция сборочных операций (Assembly Planning)

- анализ собираемости изделия – выверка последовательности, в которой изделие собирается и разбирается на основе информации об изделии, технологическом процессе, ресурсах и другой информации, переданной из системы Teamcenter;
- моделирование и динамическое 3D воспроизведение процесса сборки, сварки, ручных операций и прочих процессов;
- автоматическое построение траектории съема или установки детали без столкновений, с учетом объектов окружения и других деталей изделия;
- анализ и оптимизация времени операции;
- анализ столкновений;
- анализ оптимальности выбора технологической оснастки, подбор оснастки с помощью интегрированного клиента инструмента Teamcenter Классификатор;

Рис. 3.2 Симуляция траекторий движения роботов в Tecnomatix Process Simulate



- подготовка графических материалов для инструкций по сборке или обслуживанию, включающих создание 3DPDF, видеоролики, 2D изображения и т. д.

### Симуляция средств автоматизации и роботов (Robotics & Automation Planning)

- симуляция на основе событий: цикла работы роботов, работы оборудования, сигналов оборудования;
- динамический анализ рабочих операций и проверка пересечения рабочих областей оборудования;
- синхронизация работы нескольких манипуляторов и оборудования;

- off-line программирование и виртуальная пусконаладка;
- моделирование непрерывных процессов;
- автоматическое планирование траектории;
- генерация управляющей программы.

### Моделирование действий человека (Human):

- симуляция действий человека-оператора;
- Точная кинематика и антропометрия;
- быстрое позиционирование;
- детальная геометрия рук и пальцев;
- библиотека настраиваемых моделей человека с различными антропометрическими параметрами;
- проведение эргономического анализа: поле видимости при выполнении действий, достижимость объекта человеком, проверка альтернативных способов выполнения задачи.

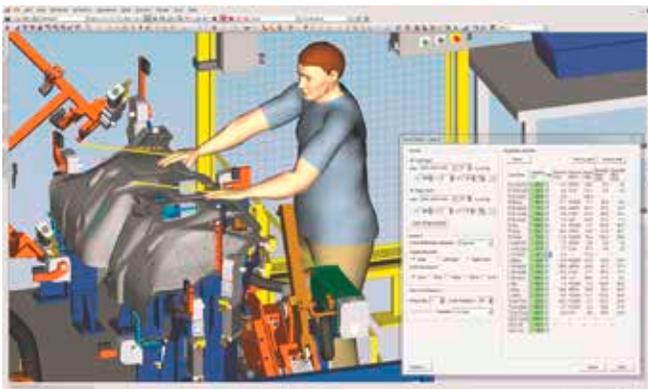


Рис. 3.3 Проведение анализа эргономики

В рамках интеграции с системой Teamcenter обеспечивается возможность двустороннего обмена информацией об изделии, его геометрии, технологических процессах, операциях, переходах, атрибутах времени и т. п., созданной в тех или иных приложениях Teamcenter или Tecnomatix Process Simulate.

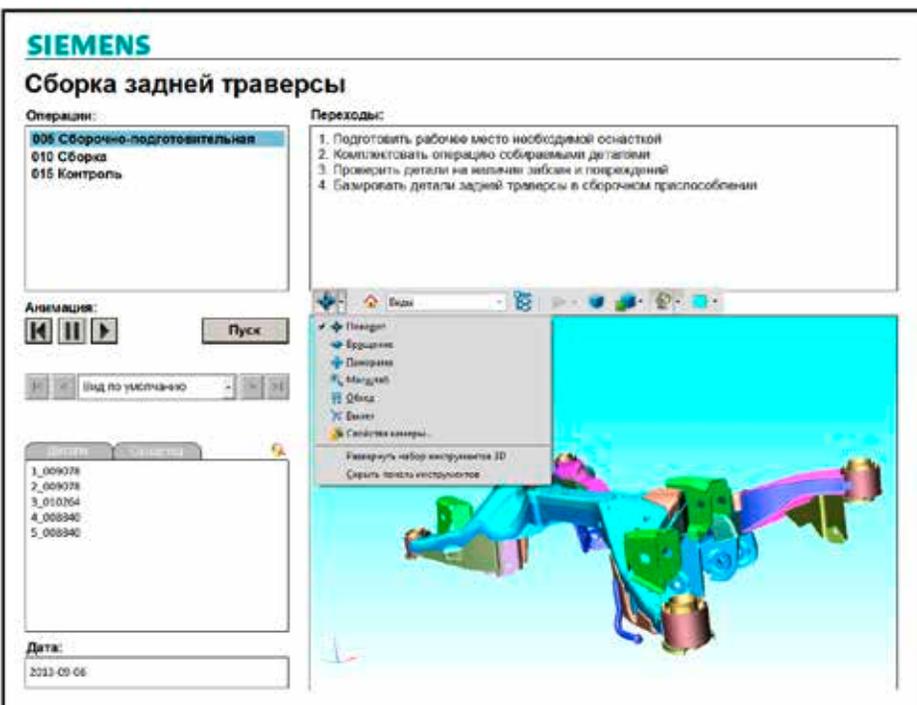


Рис. 4.1 Анимированная рабочая инструкция в формате 3DPDF

## 4. Разработка интерактивных технологических инструкций

### Интерактивная документация (3DPDF)

Teamcenter позволяет создавать интерактивную 3D документацию на основе данных, заложенных в технологический процесс и хранящихся в базе данных. Документ создается в формате PDF и содержит текстовую информацию и 3D данные, которые могут быть сформированы как с помощью встроенных средств визуализации, так и инструментами Tecnomatix Process Simulate. С помощью последних возможно создать анимированные трехмерные модели, которые будут воспроизводить траектории установки деталей, полученные в ходе симуляции сборки изделия. Получателям документации в формате 3DPDF не требуется установка Teamcenter, достаточно иметь установленный Adobe Acrobat Reader (Версия 9.4.3 или новее), который, помимо отображения, также имеет встроенные инструменты манипуляции трехмерными данными. Документация в формате 3DPDF вписывается в процесс проведения изменений, исключая необходимость в повторном создании документа и обеспечивая возможность его обновления.

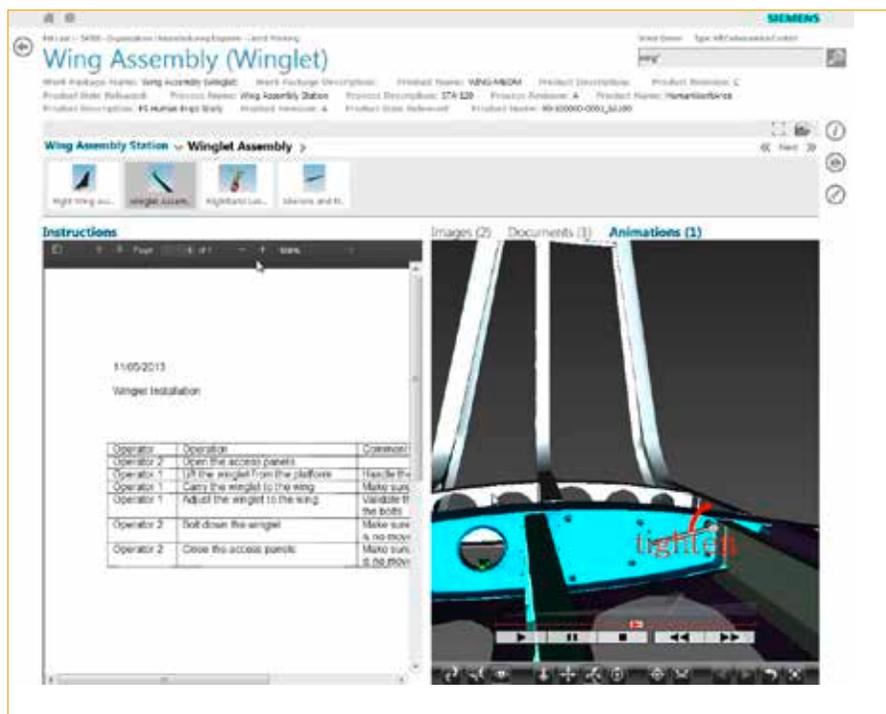
В Teamcenter содержится большое количество шаблонов документов для различных потребностей производства – от визуализированных перечней оснастки и деталей

до рабочих инструкций, содержащих трехмерные анимации. Кроме того существует возможность создания собственных шаблонов документов.

Основные преимущества и функциональные возможности документов формата 3DPDF:

- повышение эргономики восприятия за счет наглядности и снижения текстовой нагрузки;
- возможность встраивания в автоматизированный процесс внесения изменений;
- анимация операций сборочного процесса;
- отображение любых данных из структуры технологического процесса и связанной с ним структуры изделия;
- поддержка спецсимволов геометрических размеров и допусков (GD&T);
- 3DPDF является легковесным, анимационным и автономным документом;
- для просмотра используется бесплатный Adobe Acrobat Reader, содержащий встроенные инструменты визуализации 3D-моделей;

Рис. 4.2 Электронная рабочая инструкция в клиенте EWI



- создание собственных шаблонов в Adobe Designer не требует знаний программирования;
- импорт шаблона в Teamcenter выполняется встроенной утилитой;
- конфигурирование детализации и визуальных эффектов при формировании документа.

#### Портал интерактивных технологических инструкций EWI (Electronic Work Instructions)

Портал EWI служит для безбумажной доставки рабочих инструкций непосредственно в производственные цехи. Решение основывается на клиенте AWS (Active Work Space), который является полностью web-ориентированным приложением. Портал EWI не требует установки, достаточно иметь web-браузер, причем не имеет значения: компьютер это или мобильное устройство. Клиент EWI имеет простой и настраиваемый интерфейс для учета специфики различных индустрий, а также под конкретного пользователя, группу пользователей или системную роль. Разработка инструмента велась с учетом обеспечения стабильной работы в условиях неустойчивого сетевого соединения, а также передачи больших объемов данных.

Правильно сконфигурированные данные, полученные по запросу напрямую из Teamcenter, включают в себя:

- последовательность операций;

- текстовые инструкции;
- 2D изображения;
- 3D данные;
- анимацию;
- перечень деталей и оснастки;
- ассоциированные документы;
- встроенную анимацию, подготовленную с помощью инструмента Cortona 3D;

Преимущества использования портала EWI включают следующее:

- возможность сокращения цеховых архивов вследствие получения доступа к текущей актуальной информации;
- повышение надежности и скорости процесса проведения конструкторских и технологических изменений и их доставки в производство;
- рабочие инструкции всегда находятся в актуальном состоянии;
- мгновенный доступ сокращает время, затрачиваемое на подготовку к выполнению операции;
- интуитивно понятный интерфейс, требующий минимального обучения;
- низкие требования к вычислительным мощностям.

# 5. Общие инструменты Teamcenter, применяемые при ТПП

## 5.1 Управление проектами / Schedule Manager

Подсистема управления проектами предназначена для решения задач, связанных с планированием, организацией и управлением действиями, направленными на достижение поставленных целей при заданных ограничениях на использование ресурсов.

Основными задачами, которые позволяет решить подсистема управления проектами являются:

- разработка планов реализации проектов, в том числе разработка структурной декомпозиции работ проекта и сетевых графиков;
- планирование потребностей в ресурсах;
- управление календарями: ведение нескольких календарей с учетом продолжительности рабочего времени, праздников и других требований;
- отслеживание хода выполнения работ. Взаимодействие с подсистемой управления бизнес процессами (Workflow) позволяет обеспечить автоматическую фиксацию в системе отметки о выполнении работы по завершению связанного с ней процесса;
- расчет и оптимизация планов с учетом ограничений на ресурсы;
- анализ отклонений в ходе выполнения работ от запланированного и прогнозирования основных параметров проекта;
- проведение общего или детального контроля расходов на основе сведений о ставках и тарифах, назначенных на определенные задачи ресурсов.

В состав Teamcenter входит приложение **«Менеджер расписания» (Schedule Manager)**, которое позволяет:

- определять план работ проекта и его временные характеристики, а также назначать взаимосвязи работ между собой – например, определенные работы начинаются или завершаются одновременно;
- назначать ресурсы на каждый элемент плана работ по проекту;
- распределять права доступа на элементы плана реализации проекта с целью обеспечения коллективной работы над проектом;
- создавать произвольное количество базисов – фиксирующих состояния графика реализации проекта на за-

данный момент времени (дату). В дальнейшем базисы могут быть использованы для выявления отклонений текущего состояния работ по проекту от исходного плана реализации проекта;

- создавать шаблоны типовых проектов для повторного использования в планах реализации других проектов или при создании новых планов в качестве прототипа;
- объединять несколько графиков, разрабатываемых различными пользователями;
- связывать пункты плана работ проекта с элементами состава изделия, функциональными блоками, технологическими процессами и прочими объектами конструкторско-технологической подготовки производства, требующими контроля хода их реализации;
- связывать пункты плана работ с бизнес-процессами Workflow и определять критерии их запуска;
- объединять отдельные проекты в программы, с целью анализа загрузки ресурсов и сроков их выполнения, как в разрезе проектов, так и в разрезе программ;
- формировать необходимые отчетные документы;
- настраивать уведомления, с назначением текста сообщения и получателя, которому будет направлено уведомление в случае возникновения определенных событий, связанных с отдельной задачей или графиком.

Интеграция с MS Project обеспечивает двусторонний интерфейс обмена данными. При этом предоставляется возможность связывания ресурсов, назначенных в MS Project с пользователями Teamcenter.

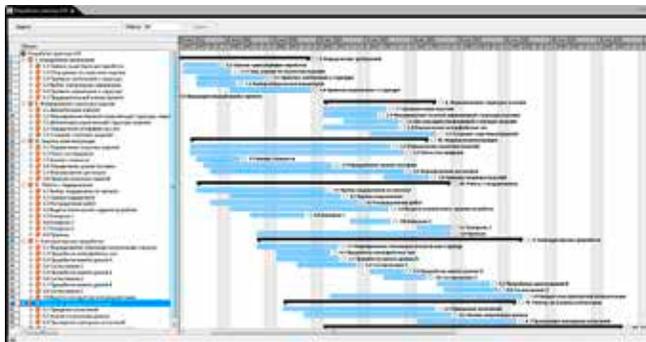
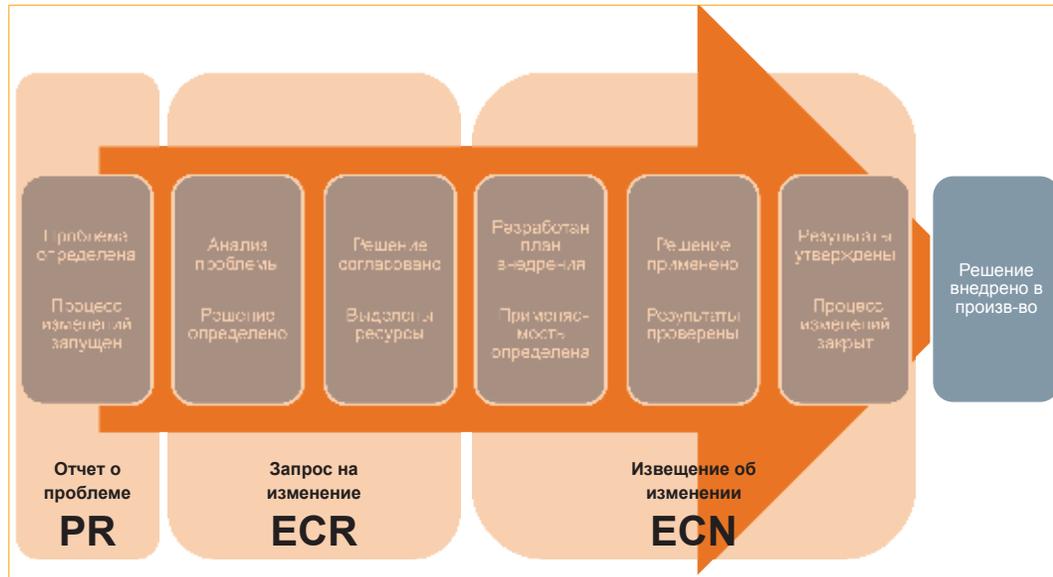


Рис. 5.1.1 Управление проектами

Рис.5.2.1 Основные этапы процесса проведения изменений



## 5.2 Управление проведением изменениями / Change Management

### Общие сведения о процессе изменения

Процесс управления изменениями инженерных данных, реализованный в системе Teamcenter, полностью соответствует международным стандартам качества ИСО 9001 и основан на лучших практиках производственных предприятий. Функционал позволяет создавать, управлять, проверять, утверждать и непосредственно реализовывать изменения изделий. Автоматизированный процесс позволяет минимизировать ручной труд, связанный с внесением изменений, а также скоординировать действия сотрудников предприятия. Вследствие того, что процесс управления изменениями в Teamcenter основывается на структуре изделия, появляется возможность оценивать влияние внешних изменений, отслеживать статус и степень завершенности задач, а также хранить историю изменений изделия в течение всего жизненного цикла. Процесс управления изменениями также тесно интегрирован с **Менеджером Расписания (п.5.1)** и **Конструктором Процессов (п.5.4)**, что дает возможность планировать задачи по внедрению изменения и отслеживать фазы его выполнения.

Процесс управления изменениями состоит из 5 основных этапов:

- **Регистрация необходимости изменения.** Цель данного этапа дать возможность непосредственным участникам разработки изделия и другим подразделениям сообщать о проблемах или предлагать усовершенствования изделия. Информация формализуется в объекте Teamcenter **«Problem Report» («Отчет о проблеме»)**, в котором автор отчета описывает необходимость изменения, определяет объекты для изменения и может предложить решение описываемой проблемы. Следуя российским

стандартам ЕСКД и ЕСТД, отчет о проблеме можно трактовать как **«ПР» («Предложение об изменении»)**. Отчет о проблеме инициирует изменение и может быть создан любым сотрудником. Отчет о проблеме описывает проблему или предлагаемое улучшение и обычно используется для того, чтобы документально зафиксировать проблемы, полученные в результате производственных или полевых испытаний, производства изделия (повторяющийся брак, низкая технологичность и т.д.) или от заказчиков. Проработка отчета о проблеме в общем случае ведет к созданию запроса на изменение. После отправки отчет о проблеме автоматически поступает назначенному проверяющему, который в свою очередь его проверяет, утверждает или отклоняет. Создание отчета о проблеме является необязательным шагом.

- **Исследование необходимости изменения** – после утверждения отчета (ов) о проблеме, группа, отвечающая за изменения, может начать более глубокую проработку предлагаемого изменения. Результаты проработки аккумулируются в объекте Teamcenter **«ECR» – «Enterprise Change Request» («Запрос на изменение»)**. Задача экспертов – точно определить масштаб изменения, возможность реализации, провести анализ влияния на родительские и дочерние узлы, определить возможные пути решения проблем, стоимость изменений и обоснованность внедрения. В большинстве случаев данный объект может применяться в системе Teamcenter для управления такими объектами (документами) как **«ПИ» («Предварительное извещение»)**. Запрос на изменение используется, чтобы обобщить отчеты о проблеме и создать формализованный запрос на изменение, а также для сбора бизнес-решений, связанных с изменением. Запрос на изменение может

быть создан и отправлен без отчета о проблеме. После завершения проработки изменения, запрос на изменение может быть отправлен на проверку и утверждение группе по изменениям или проверяющему, в зависимости от сложности изменения или состояния задела по изделию. Создание запроса на изменение также является необязательным шагом, некоторые предприятия не используют данный объект процесса проведения изменений, тем самым делая процесс управления изменениями неоптимальным.

- **Планирование изменения.** Цель данного этапа – спланировать внедрение изменения, включая составление графика внедрения, создание задач и определение ресурсов. Планирование изменения формализуется в объекте «ECN» – «Enterprise Change Notice» («Извещение об изменении»). Во время планирования группа внедрения изменения решает, каким образом внести изменения в изделия, создавать ли новые обозначения деталей или поднимать версии (ревизии) существующих, что делать с устаревшими деталями. В зависимости от сложности изменения план внедрения также может утверждаться группой по изменениям.
- **Внедрение изменения.** Цель данного этапа – произвести, проверить и внедрить изменения. После утверждения плана внедрения, задачи, составляющие план, выполняются конкретными исполнителями в определенной планом очередности. Результат выполнения задачи проверяется и утверждается назначенным проверяющим. Когда все задачи согласно графику внедрения выполнены, извещение об изменении поступает утверждающему, который проводит финальную проверку и анализ извещения об изменении, сверяет запланированные и фактические изменения, дату внедрения извещения, принимает решение о том, что делать с устаревшими ДСЕ, новыми и измененными конфигурациями изделия. Извещение об изменении содержит детализированный план реализации одного, нескольких либо определенной части запроса на изменение. Извещение об изменении указывает на все ДСЕ и документы, затронутые изменением, и разрешает произвести действия для реализации изменения. После утверждения, изменение внедрено.
- **Физическое внедрение изменения** – цель этапа внедрить изменения и провести аудит их исполнения.

#### Отношение между объектами процесса изменения

«Отчеты о проблеме», «Запросы на изменение» и «Извещение об изменении» – это объекты, служащие для сбора и хранения информации на различных этапах процесса изменения.

Проблемы, описанные в одном или нескольких отчетах о проблеме, могут быть реализованы одним запросом на изменение, а несколько запросов на изменение могут быть реализованы одним извещением об изменении. Аналогичным образом, один запрос на изменение может быть разделен и реализован несколькими извещениями об изменении.

#### Роли участников процесса изменения

На различных этапах процесса проведения изменений, как правило, участвуют разные группы пользователей. Например, на первом этапе объекты процесса изменений создаются инициатором изменения. На протяжении жизненного цикла объекта изменения аналитики рассматривают, дополняют и внедряют изменение, а специалисты по изменениям (администраторы изменений) сопровождают его продвижение по процессу изменения. После рассмотрения изменения членами комитетов по проверке или по внедрению изменения, оно может быть утверждено или отклонено. Термины инициатор изменения, аналитик, специалист (администратор изменений), комитет по проверке изменения и комитет по внедрению изменения относятся к ролям, которые исполняют закрепленные за ними пользователи на различных этапах процесса изменений. В зависимости от сложности изменения, одно и то же лицо может исполнять несколько ролей и, в то же время, несколько пользователей могут исполнять одну роль.

Ниже представлено описание типовых ролей процесса проведения изменений:

- **Инициатор (Requestor)** – создает объект изменения. Инициатор обязан конкретизировать описание проблемы и предоставить исчерпывающую информацию по проблеме или запросу на изменение.
- **Аналитик (Analyst)** – оценивает техническую реализацию изменения. В обязанности аналитика также входит детальное описание изменения, включающее в себя технические рекомендации, проведение анализа влияния и создание плана внедрения. Аналитик может, как сам провести внедрение, так и делегировать эту работу другим. На этапе внедрения изменения аналитик следит за исполнением задач плана внедрения. Роль аналитика, как правило, исполняют опытные инженеры с глубоким пониманием технических проблем и путей их решения в соответствии с бизнес-требованиями предприятия.
- **Специалист по изменениям (Change specialist)** – сопровождает и управляет продвижением изменения или расхождения по соответствующему маршруту процесса изменения. Существует три уровня специалиста по изменениям:
  - **Специалист по изменениям I (СИ I)** – получает отчеты о проблемах, проверяет запросы на изменение, собирает информацию о влиянии изменений, совместно с назначенным аналитиком принимает решение отклонить изменение или внедрить его, согласовывает извещение по быстрому или стандартному маршруту. В случае использования стандартного маршрута, подготавливает информацию для рассмотрения комитетом по проверке изменения. Также СИ I создает запросы на изменение из нерешенных отчетов о проблеме.
  - **Специалист по изменениям II (СИ II)** – ответствен за создание плана внедрения изменения в ИИ. Указывает, какие Запросы на изменение могут быть

сгруппированы и реализованы одним ИИ. Специалист по изменениям II также ответственен за выполнение решения комитета по внедрению изменений по исполнению плана внедрения. Специалист по изменениям II должен минимизировать стоимость внедрения утвержденных Запросов на изменение, одновременно обеспечив прослеживаемость конечного изделия.

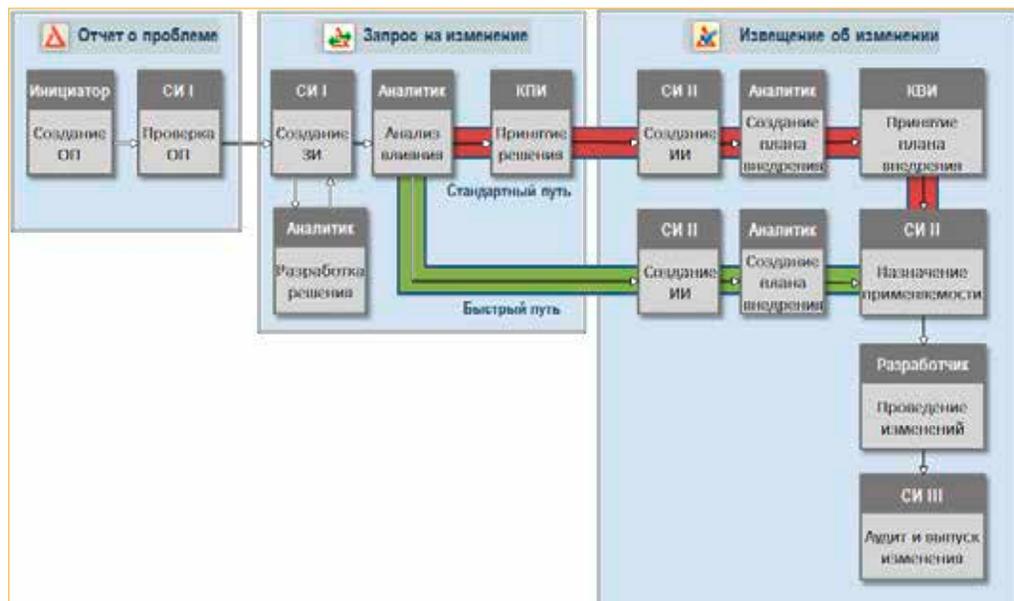
- **Специалист по изменениям III (СИ III)** – выступая в роли аудитора всей относящейся к изменению информации, удостоверяется, что вся измененная документация понятна, непротиворечива и действительна. После проверки документации, относящейся к изменению, разрешает ее выпуск.
- **Комитет по проверке изменений (КПИ) – (Change Review Board)** – проверяет, утверждает/отклоняет или запрашивает дополнительную проверку запроса на изменение. Комитет по проверке изменений принимает бизнес-решение о необходимости внедрения изменения или расхождения. Обычно состоит из опытных представителей разных подразделений: конструкторов, технологов, отдела качества и др.
- **Комитет по внедрению изменений (КВИ) – (Change Implementation Board)** – проверяет, утверждает/отклоняет извещение об изменении, производит проверку детального плана внедрения и принимает техническое решение о внедрении запланированного изменения. Комитет по внедрению изменений включает в себя представителей конструкторских и технологических подразделений, а также менеджеров, контролирующих ресурсы и планы предприятия. Состав группы может варьироваться в зависимости от сложности, стоимости и других характеристик изменения.

### Этапы процесса изменения

Типовой процесс изменения реализуется в следующей последовательности:

- Процесс начинается с проблемы или предложения об изменении, формализованного в отчете о проблеме. Примером отчета о проблеме может служить акт о браке, запрос на замену исходного материала и т. д.
- Эти отчеты могут быть собраны в запрос на изменение, который официально предлагает изменение. Запрос, в свою очередь, может быть проверен и запущен по быстрому или стандартному пути процесса изменений. Стандартный путь включает в себя этап рассмотрения запроса комитетом по проверке изменений.
- Далее создается извещение об изменении и план его внедрения. В зависимости от того по какому пути идет процесс изменения (быстрый или стандартный), план внедрения может попасть на утверждение комитету по внедрению изменений.
- После утверждения плана внедрения, производится назначение применимости изменения и собственно изменение документации. В заключении, проводится аудит изменений, с целью проверки на соответствие плану внедрения.
- Как только изменения утверждаются, извещение об изменении становится выполненным (внедренным). После этого закрывается запрос на изменение вместе со всеми связанными отчетами о проблемах. Измененный объект становится утвержденным, а процесс внедрения изменения завершается.

Рис. 5.2.2 Типовой процесс проведения изменений



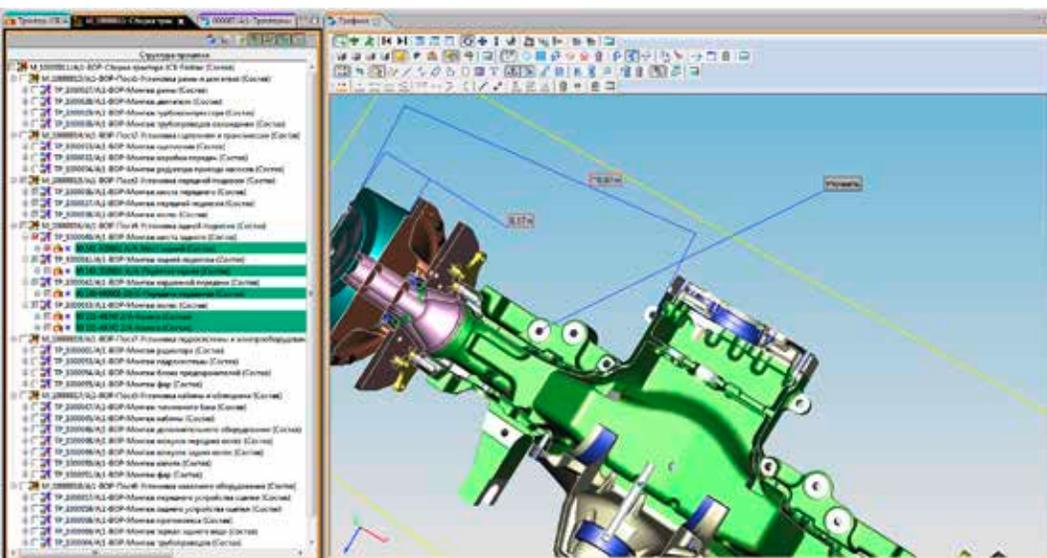


Рис. 5.3.1 Создание тестовых аннотаций и проведение измерений

## 5.3 Встроенная визуализация / Teamcenter Visualization

Подсистема встроенной визуализации в Teamcenter основана на использовании графического формата представления данных JT, принятого Международной организацией по стандартизации (ISO) в качестве международного стандарта в декабре 2012. Кроме специализированного приложения «Визуализация жизненного цикла» (Lifecycle Viewer) элементы встроенной визуализации входят в состав практически всех приложений Teamcenter – «Навигатор» (My Teamcenter), «Менеджер структуры изделия» (Structure Manager), «Планировщик технологических процессов» (Manufacturing Process Planer), «Классификатор» (Classification) и других приложений.

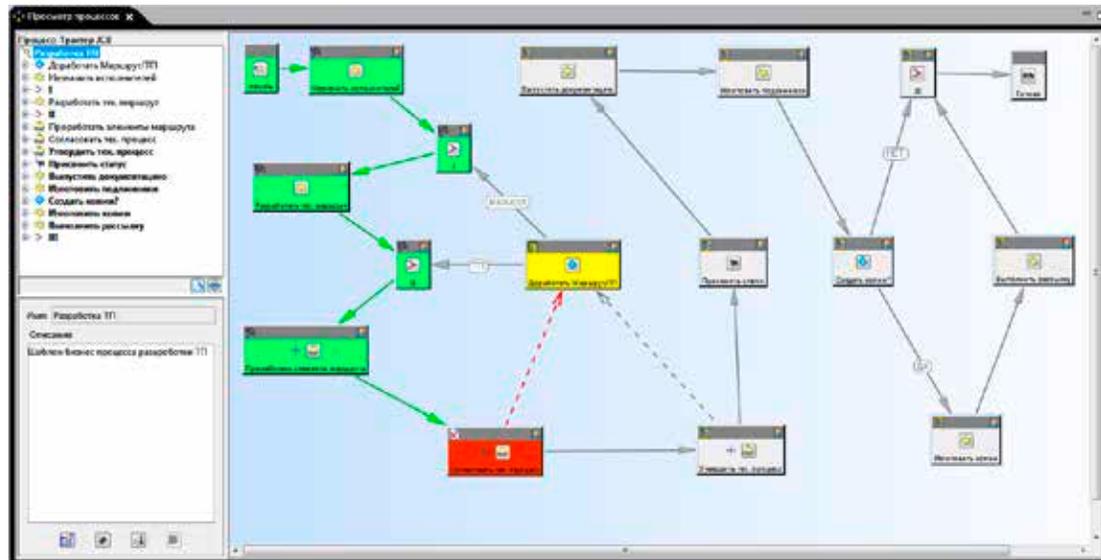
Основные возможности встроенной визуализации:

- предоставление графической информации всем заинтересованным лицам на всех этапах жизненного цикла изделия без необходимости использования специализированных инструментов (например, CAD/CAM/CAE систем);
- визуализация результатов инженерных расчетов на прочность, кинематику, динамику и других;
- графическое сравнение различных структур изделий и визуализация различий;
- проведение манипуляций над объектами структуры изделия – изменение положения в пространстве через матрицу относительного преобразования;
- использование для визуального описания предметной области – например, для выстраивания схемы выполнения той или иной операции с использованием геоме-

три технологической оснастки и моделей цифрового макета изделия;

- создание привязанных к 3D и 2D представлениям аннотаций в виде текстовой или графической информации – функция «красного карандаша»;
- создание разнесенных видов и динамических сечений 3D моделей;
- проведение измерений, в том числе и на построенных сечениях;
- проведение анализа на пересечения и зазоры 3D моделей;
- создание высококачественных фотореалистичных изображений, на которые можно добавлять необходимые эффекты (например, создавать затенение или скрывать невидимые линии);
- фиксация состояния 3D модели в виде снимков, с сохранением информации о том, какие объекты загружены, наложена ли прозрачность на элементы, используется ли пространственное разнесение элементов и других параметров;
- хранение созданных изображений в электронном макете изделия и использование их в дальнейшем при оформлении технической документации;
- оформление технической документации (интеграция с MS Visio), основанной на структуре изделия и графических данных. А также публикация полученных документов в форматах HTML, PDF или VSD;
- создание визуальных 3D отчетов на основе атрибутов Teamcenter и свойств JT модели.

Рис. 5.4.1 Просмотр и управление запущенными бизнес-процессами



## 5.4 Управление бизнес процессами / Workflow Designer

Подсистема управления бизнес процессами Teamcenter (Workflow) позволяет автоматизировать не только выполнение классических процедур проведения согласования, утверждения и внесения изменений в техническую документацию, но и организовать управление такими общими задачами, как разработка сквозного технологического процесса, проектирование оснастки и многими другими. Все реализуемые в Teamcenter бизнес процессы предприятия оформляются в виде шаблонов, на базе которых запускаются соответствующие процессы, реализующие последовательность заданных в шаблоне действий.

Подсистема управления бизнес процессами Teamcenter позволяет:

- графически описывать процедуры выполнения бизнес процессов и маршрутов прохождения объектов конструкторско-технологической подготовки производства;
- использовать логику системных и пользовательских переменных, условных переходов, параллельной и последовательной маршрутизации, обработчиков событий и другие возможности;
- автоматизировать действия, выполняемые над объектами на различных этапах реализации определенных процессов;
- описывать сложные процессы, состоящие из подпроцессов с неограниченным уровнем вложенности;
- настраивать экранные формы для организации диалога с участниками процесса;
- определять таймеры для ограничения времени прохождения этапов процесса или автоматического запуска других этапов по истечении указанного срока или обеспечения кворума согласующих участников процесса;

- делегировать задачи другим пользователям, а в случае временного отсутствия на рабочем месте (отпуск, больничный), назначать другого исполнителя для перенаправления задач на определенный период времени;
- хранить всю историю действий, выполняемых участниками процесса в ходе его реализации с возможностью получения необходимых отчетов;
- обеспечить интеграцию подсистемы Workflow с внешней электронной почтой, используемой на предприятии (например, MS Outlook).

Для создания шаблонов бизнес процессов предприятия в состав Teamcenter входит приложение «Конструктор процессов» (Workflow Designer), которое в графическом режиме позволяет описывать состав этапов (задач) и порядок их выполнения.

Кроме этого, в состав Teamcenter входит приложение «Просмотр процессов» (Workflow Viewer), которое предназначено для управления запущенными процессами и позволяет (в рамках предоставленных полномочий):

- завершить выполнение текущей задачи;
- записать при необходимости комментарии о ходе реализации задачи;
- заменить исполнителя, назначенного на определенную задачу запущенного процесса;
- откатить, продвинуть или завершить запущенный процесс;
- просматривать хронологию выполнения текущего или завершенного процесса, включая всю историю действий, выполненных назначенным на определенную задачу пользователем – даты начала и завершения задачи, комментарии, вердикты, присвоенные статусы и другие сведения.

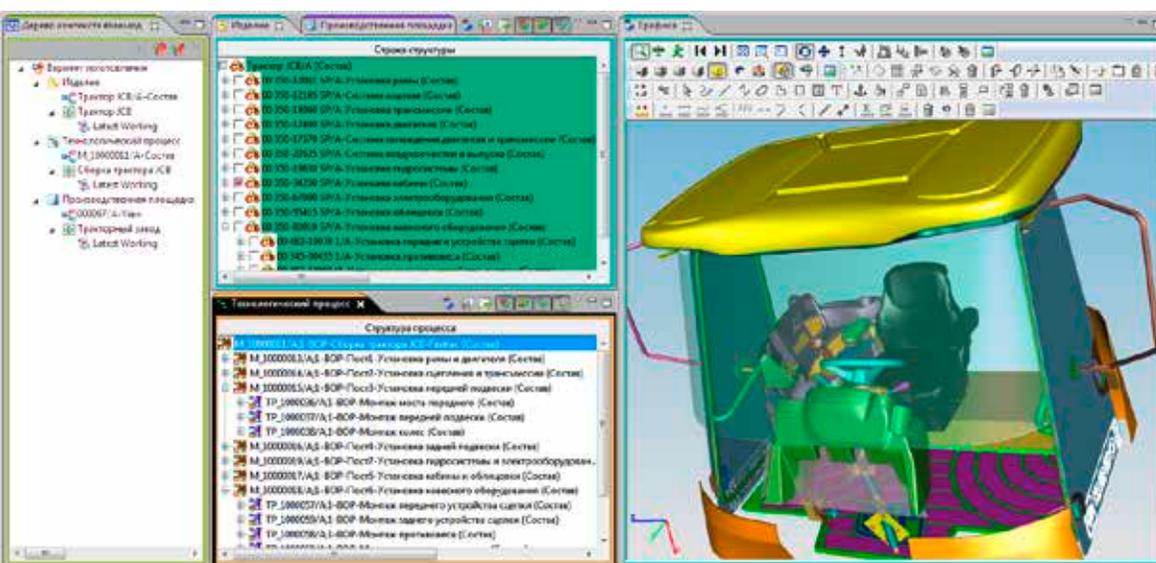


Рис. 5.5.1 Управление контекстом взаимодействия в Планировщике технологических процессов

## 5.5 Контекст взаимодействия / Collaboration Context

Механизм «Контекст взаимодействия» (Collaboration Context) предназначен для выполнения следующих основных задач:

- разработки и совместного управления связанными данными (конструкторская структура, технологическая структура, структура технологического процесса и других) в рамках одного информационного пакета (контекста);
- однозначного и согласованного конфигурирования входящих в контекст структур данных за счет наличия в контексте вариантов правил и правил модификации спецификаций;
- фиксации состояния любой структуры или ее части для последующего использования. Например, фиксация структуры данных под определенный заказ и выгрузки зафиксированной конфигурации (в составе контекста) в Tecnomatix или во внешние системы – ERP и другие.

Механизм «Контекст взаимодействия» позволяет:

- собирать и хранить несвязанные данные в виде единого информационного объекта;
- создавать альтернативные структуры в рамках существующего контекста, ассоциативно связанные с исходными структурами;
- назначать отдельные компоненты (например, детали или сборочные единицы) из базовых структур во вновь созданные альтернативные структуры (например, технологические структуры) в виде расходуемых ресурсов или заготовок;
- отслеживать изменения в конфигурациях (модификации спецификаций или варианты правила) базовых структур и отражать их на альтернативных структурах;

- выполнять поиск компонентов в рамках контекста взаимодействия, как по атрибутивной информации, так и при помощи графического поиска, позволяющего отбирать объекты по параметрам, определенным в пространственном фильтре (например, поиск объектов попадающих в окружение какого либо компонента на определенном расстоянии);
- выполнять различного рода эксперименты над альтернативными структурами (переупорядочивать иерархию продукта, использовать «фантомные» структуры, расщеплять количественные позиции в рамках одной спецификации, перемещать детали внутри альтернативной структуры, верифицировать альтернативные структуры на корректность назначения комплектующих изделий из базовых структур и другие);
- совместно конфигурировать взаимосвязанные данные, такие как технологическая или конструкторская структура изделия, структура технологического процесса и структура подразделений предприятия, для различных производственных ситуаций (на определенный заказ, дату или экземпляр изделия), а при применении средств интеграции, выгружать сконфигурированные данные в Tecnomatix или во внешние системы – ERP и другие информационные системы предприятия.

Управление контекстом взаимодействия (включая его создание) доступно в следующих приложениях:

- «Менеджер многовидовых структур» (Multi-Structure Manager);
- «Планировщик технологических процессов» (Manufacturing Process Planer);
- «Планировщик технологических процессов изготовления» (Part Planer).

# 6. Прототип стандартного решения для ТПП

## 6.1 Модель данных работы / Teamcenter Manufacturing

Информационная структура Teamcenter Manufacturing состоит из объектов, типизированных по функциональному признаку. Ниже перечислены основные типы объектов и их назначение.

### Структура изделия

Структура изделия (состав изделия) – совокупность информационных объектов системы Teamcenter, соответствующая сборочным единицам, деталям, стандартным изделиям и т. п., определяющих состав узлов и агрегатов проектируемого изделия, представленная в виде иерархической структуры. Каждый информационный объект структуры изделия обладает определенными характеристиками (элементы построения, технические требования, описания, спецификации и т. п.), которые позволяют обеспечить обработку данных на следующих этапах жизненного цикла изделия. Структура изделия определяется на этапе конструкторской подготовки производства при разработке цифрового макета. Данные о структуре изделия управляются в системе Teamcenter, обеспечивая параллельную работу конструкторских подразделений над одним проектом. Модули Teamcenter Manufacturing позволяют использовать конструкторские структуры изделий, для разработки альтернативных технологических представлений и дополнения информационных объектов структуры изделия технологической информацией (технологические маршруты, технологические процессы, управляющие программы для оборудования с ЧПУ и т. п.), обеспечивая параллельную работу технологических подразделений над одним проектом.

### Технологическое изделие

Информационный объект системы Teamcenter, представляющий собой описание части конструкции, которая появляется в процессе технологической подготовки производства (например, технологические детали, образцы-свидетели, сварочные точки и т. п.) или необходима для контроля (например, геометрические размеры детали в виде отдельных объектов для операций обработки или токопроводящие сигналы между электронными блоками для контрольных операций).

### Технологический маршрут

Информационный объект системы Teamcenter, описывающий производственный процесс изготовления или ремонта изделия. Структура технологического маршрута содержит набор технологических процессов, описывающих последовательность прохождения заготовки детали или сборочной единицы по цехам и производственным участкам предприятия при изготовлении или ремонте. Такая деталь или сборочная единица является целевым изделием для маршрута. Также структура технологического маршрута для детали содержит ссылку на материал или изделие, из которого данная деталь изготавливается.

### Технологический процесс

Информационный объект системы Teamcenter, описывающий порядок процесса изготовления (сборки) единицы структуры изделия. Структура технологического процесса включает набор подпроцессов, операций, рабочих действий, цехов, участков, ресурсов и комплектов, описывающих что, как и где производится. Система Teamcenter устанавливает информационную связь между Изделием, Технологическим процессом изготовления этого изделия и Структурой предприятия, подразделения которого будут выполнять те или иные этапы технологического процесса. Использование базового функционала по управлению вариантами опциями, правилами модификаций спецификаций и альтернативными заменами, позволяет создавать несколько вариантов технологического процесса, для различных производственных ситуаций.

### Технологическая операция

Информационный объект системы Teamcenter, описывающий часть технологического процесса, выполняемого на одном рабочем месте. Операция может содержать технологические переходы, называемыми в системе Teamcenter рабочими действиями.

### Технологический переход (рабочее действие)

Информационный объект системы Teamcenter, представ-

ляющий собой описание части технологической операции, выполняемой при неизменных режимах обработки.

### Карта нормирования

Информационный объект системы Teamcenter, хранящий результат выбора значения элемента нормы времени (или режимов обработки) из информационной карты подсистемы трудового нормирования. Карта нормирования для системы Teamcenter, также как и технологический переход, является рабочим действием.

### Потребляемое изделие

Информационный объект системы Teamcenter, представляющий собой объект структуры изделия, поступающий на операцию технологического процесса агрегатной или окончательной сборки в качестве комплектующего элемента.

### Потребляемый материал

Информационный объект системы Teamcenter, который необходим для выполнения операций технологического процесса, но не является частью изготавливаемого изделия, например, клей, краска, ветошь, бумага и т. п. Концептуально определение Потребляемый материал в системе Teamcenter можно приравнять к определению Вспомогательный материал в системе ЕСТД.

### Ресурс

Информационный объект системы Teamcenter, представляющий собой описание различного рода обеспечения, используемого для выполнения процессов производства:

- кадровые ресурсы – сотрудники и специалисты, участвующие в производственном процессе;
- производственные ресурсы – используемое технологическое оборудование, различные виды оснастки и инструмента;
- материальные ресурсы – используемые материалы, стандартные и покупные изделия;
- информационные ресурсы – справочно-информационные материалы, используемые при выполнении бизнес-процессов ТПП, такие как ГОСТы на материалы и стандартные изделия, нормативно-технологические документы, инструкции по охране труда и т. п.

### Рабочие инструкции

Информационный объект системы Teamcenter, представляющий собой документ, предназначенный для вывода на бумажный носитель или публикации в Web, описывающий порядок выполнения работ технологического процесса, в соответствии с которым рабочий должен выполнять свои действия.

### Предприятие

Информационный объект системы Teamcenter, описывающий предприятие (завод) выпускающее определенную номенклатуру продукции или выполняющее определенные производственные процессы в рамках корпорации или производственного кластера.

### Цех

Информационный объект системы Teamcenter, представляющий собой описание производственного подразделения предприятия как совокупность производственных участков.

### Производственный участок

Информационный объект системы Teamcenter, представляющий собой описание производственного подразделения предприятия, как группу рабочих мест, организованных по принципам: предметно технологическому или предметно-технологическому.

### Рабочее место

Информационный объект системы Teamcenter, описывающий элементарную единицу структуры предприятия, где размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование, часть конвейера, на ограниченное время оснастка и предметы труда.

Для упрощения модели данных все вышеперечисленные типы объектов можно представить в виде четырех основных сущностей:

- **Продукты** – данные об изделии, необходимые для технологической подготовки производства (структура изделия, детали, сборочные единицы, 3D-модели, чертежи и т. п.);
- **Процессы** – данные о процессах изготовления (сборки) продукта, представленные в виде последовательности технологических процессов, операций, переходов;
- **Рабочие области** – данные о структурных подразделениях и их производственно-технической базе, необходимые для описания процесса изготовления (сборки) продукта.
- **Ресурсы** – данные о средствах выполнения технологических процессов.

Для каждого элемента структуры изделия (деталь, сборочная единица и т. п.) создается технологический маршрут, который является хранилищем всей производственной информации о процессах его изготовления или ремонта. Технологический маршрут в системе Teamcenter состоит из технологических процессов, определяющих последовательность видов работ (Механообработка, Гальваника, Термообработка, Механообработка и т. п.), выполняемых при изготовлении продукта, а уже технологические про-

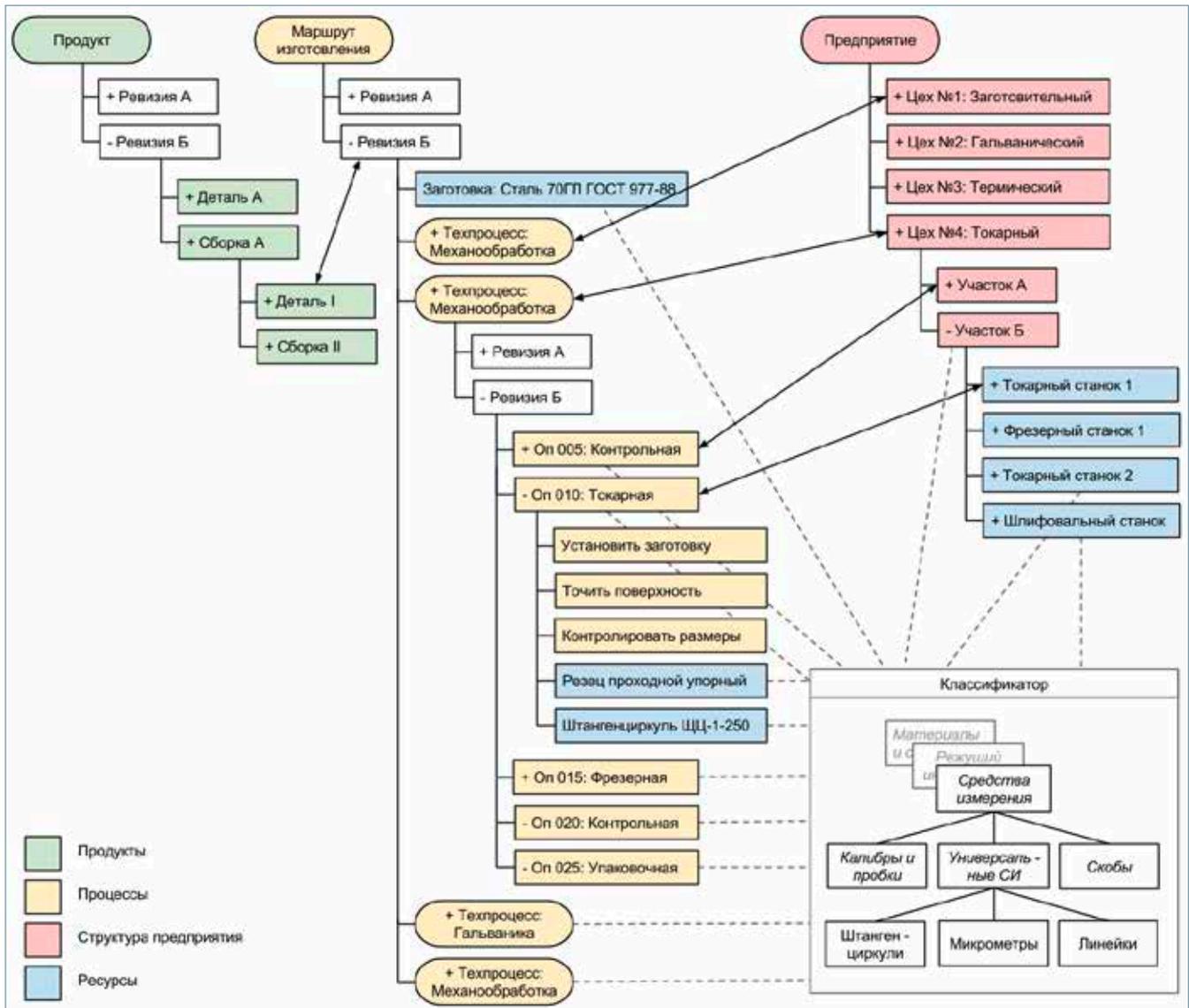


Рис. 6.1.1 Упрощенная схема модели данных Teamcenter Manufacturing

цессы определяют содержание маршрута в виде операций, переходов, ресурсов и т. п.

Для каждого технологического процесса определяется структурное подразделение, где выполняется данный процесс, например, «Механообработка – Цех № 1: Заготовительный». Таким образом, на верхнем уровне описания маршрута изготовления продукта, создается одновременно и расцеховочный маршрут, содержащий информацию о последовательности структурных подразделений и выполняемых в них видах работ, и сквозной технологический процесс, впоследствии наполняемый соответствующими структурными подразделениями операциями, переходами, ресурсами.

Благодаря единой платформе управления данными, уже

на верхнем уровне описания маршрута, обеспечивается поддержка следующих процедур:

- распределение заданий на технологическую подготовку производства структурным подразделениям, закрепленным за соответствующим цехом и видом работ;
- автоматизированное распределение прав доступа на подпроцессы для соответствующих технологических подразделений;
- управление соответствием ревизий продукта и процесса, появляющихся в процессе изменений;
- управление отношениями вариантных опций продукта и процесса;
- управление альтернативами и возможными заменами;

- контроль хода выполнения подготовки производства при использовании компонентов Teamcenter Project Management.

Технологический процесс может быть описан последовательностью операций, каждая операция может быть описана рабочими действиями (переходами), на операцию или переход могут быть назначены ресурсы.

Если стоит задача назначения трудовых норм на операции технологического процесса, то операции и переходы могут быть дополнительно описаны объектами, хранящими выбранные значения норм времени.

Разработка маршрутов и технологических процессов (назначение операций, переходов, структурных подразделений, ресурсов, видов работ и т. п.) производится в диалоговом режиме, путем выбора необходимых данных

из справочных структур классификатора или структуры предприятия, или на основе аналога.

Любой объект системы Teamcenter имеет атрибуты, набор которых можно изменять средствами администрирования. Значения атрибутов позволяют описать как дополнительные характеристики объекта в целом (время, стоимость и т. п.), так и его характеристики в зависимости от того, куда он входит.

### Организация технологической структуры изделия (mBOM)

Приложения Teamcenter Manufacturing позволяют управлять различными производственно-технологическими представлениями изделия, которые могут быть структурированы иначе, чем конструкторские представления. Это позволяет связывать процессы с продуктом и накладывать ограничения на порядок их выполнения.

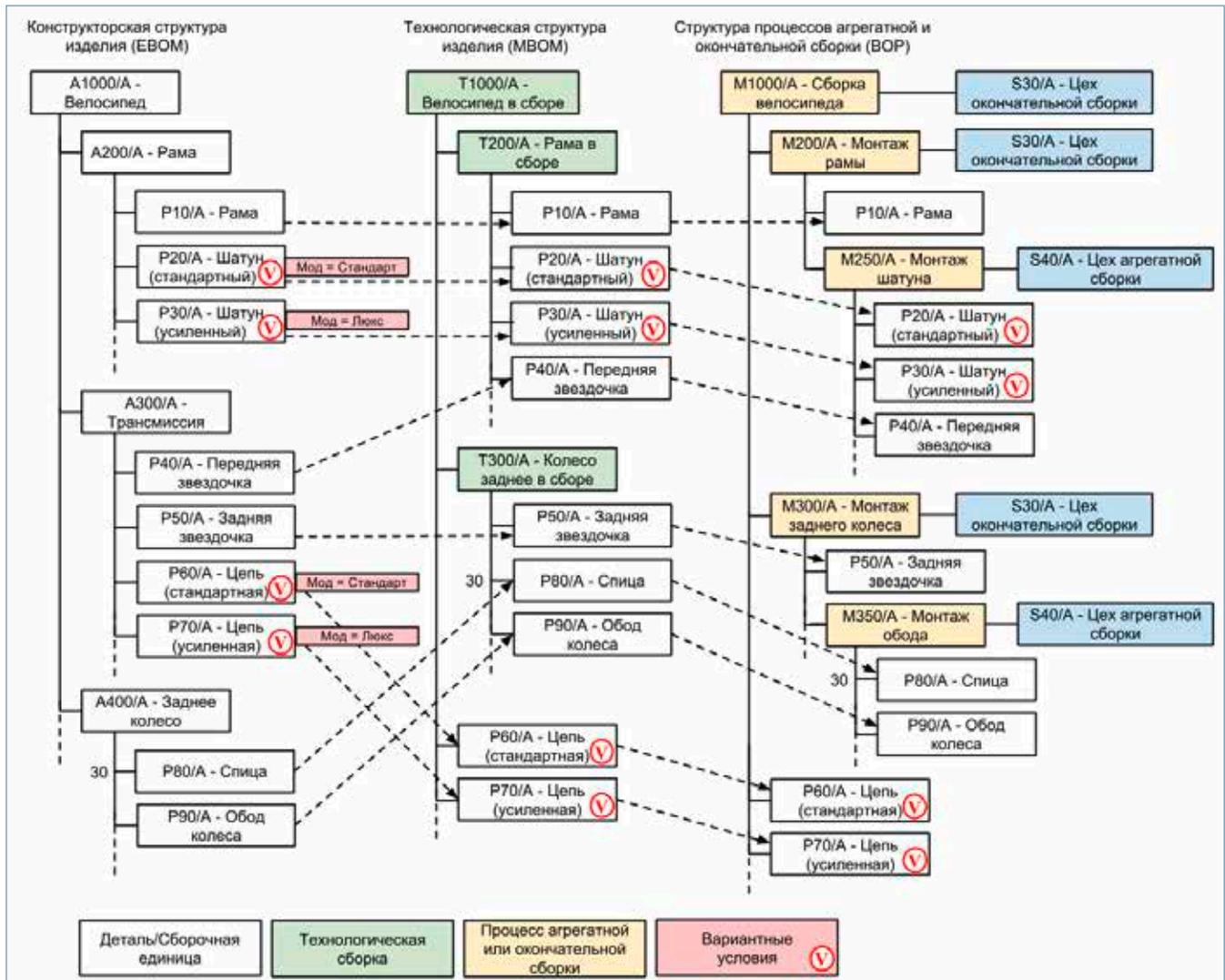


Рис. 6.1.2 Схема организации технологической структуры изделия

Как правило, в процессе проектирования, конструкторские представления структурируются по функциональным признакам (например, для транспортного средства это: гидравлика, электрика, трансмиссия, система смазки, система охлаждения и т. п.), в то время как технологические представления обычно отображают состояния узлов и агрегатов изделия в процессе выполнения сборочно-монтажных работ над изделием.

Другими словами, конструкторская структура описывает изделие по принципу «как это работает», а технологическая структура – по принципу «как это собирается».

Ниже приведены наиболее распространенные причины изменения структуры.

Для снижения производственных запасов и себестоимости изделия в целом, сборку изделия необходимо выполнить в максимально сжатые сроки. Этого можно достичь распараллеливанием процесса сборки. Технолог, создавая технологическую структуру перегруппирует конструкторскую структуру таким образом, чтобы она состояла из максимального количества технологических сборок, которые могут собираться независимо и параллельно, а далее поступать на окончательную сборку.

Ряд технологических процессов, таких как термообработка, может включать контрольные операции с разрушением контролируемого образца, когда проводятся испытания физико-механических свойств детали на образце-свидетеле. Если в конструкторской структуре образцы-свидетели отсутствуют, то технолог может их включить в технологическую структуру.

Также возможны ситуации, когда технолог перестраивает структуру для обеспечения точности изготовления изделия, например, для обеспечения соосности отверстий в разных деталях требуется механическая обработка этих деталей в сборе, причем, в конструкторской структуре обрабатываемые детали могут находиться в разных сборках. В таком случае, технолог создает отдельную технологическую сборку, куда войдут обрабатываемые детали вместе с деталями, обеспечивающими физическую возможность их сборки в единую конструкцию, а в технологическом процессе на данную сборку вводит расточную операцию.

Другим фактором перегруппирования конструкторской структуры является технологическая невозможность или нецелесообразность сборки некоторых конструкторских сборок. Например, в конструкторской структуре может присутствовать сборка «тормозная система». Отдельно собирать тормозную систему и потом устанавливать ее на автомобиль нецелесообразно, поэтому технолог узлы тормозной системы распределяет в технологической структуре по другим технологическим сборкам, которые собираются параллельно и независимо друг от друга.

В рамках организации технологической структуры изделия, модель данных Teamcenter Manufacturing оперирует двумя основными сущностями:

- MBOM (Manufacturing Bill Of Material) – Технологическая структура изделия. Включает в себя тот же перечень изделий, что и конструкторский, отличие состоит в появлении технологических элементов в виде технологических деталей и группировке комплектующих в технологические сборочные узлы, системы, установки соответствующие учетным производственным сборкам;
- BOP (Bill of Process) – Структура процессов агрегатной и окончательной сборки (циклограмма процессов сборки). Включает в себя иерархическую структуру технологических процессов сборки и монтажа, соответствующую последовательности выполнения работ над изделием, с поступающими на каждый процесс комплектующими из конструкторско-технологической структуры изделия.

Функционал, относящийся к задачам управления структурами изделия в части управления вариантными опциями и правилами модификации спецификаций позволяет добиться синхронности конфигурирования различных структур данных таким образом, что при конфигурировании одной структуры изделия (например, применении вариантной опции к конструкторской структуре «Мод = Стандарт»), будут сконфигурированы все связанные с ней структуры. Это позволяет добиться однозначного представления различных структур изделия с целью их выгрузки в системы планирования под сформированный заказ клиента.

## 6.2 Автоматизация технологических расчетов

В процессе разработки технологического процесса необходимо произвести ряд технологических расчетов, таких как:

- расчет норм расхода материалов;
- расчет режимов обработки;
- расчет норм времени на выполнение технологических операций.

Для выполнения технологических расчетов в модели данных создан новый тип объектов – «Алгоритм расчета». Как понятно из названия, объекты данного типа содержат алгоритмы технологических расчетов. Для выполнения расчета, пользователь указывает в структуре маршрута необходимый объект, например, технологическую операцию, выбирает вид доступного технологического расчета для данной операции и запускает его на выполнение.

В качестве исходной информации для выполнения технологического расчета могут использоваться значения атрибутов любых доступных информационных объектов Teamcenter. Дополнительно, для расчета норм времени или режимов обработки, требуются значения параметров, выбранных в таблицах подсистемы трудового нормирования Teamcenter (Рис. 6.2.2 и Рис. 6.2.3). Специалисты предприятия могут создавать новые технологические расчеты на основе собственных алгоритмов.

В качестве примера технологического расчета стоит рассмотреть расчет нормы времени на операцию, выполняемую на оборудовании с ЧПУ. Данный расчет производится по следующему алгоритму:

1. суммируется время цикла работы станка (Т<sub>ца</sub>) со всех объектов MENCProgram, созданных в NX CAM и сохраненных в Teamcenter;

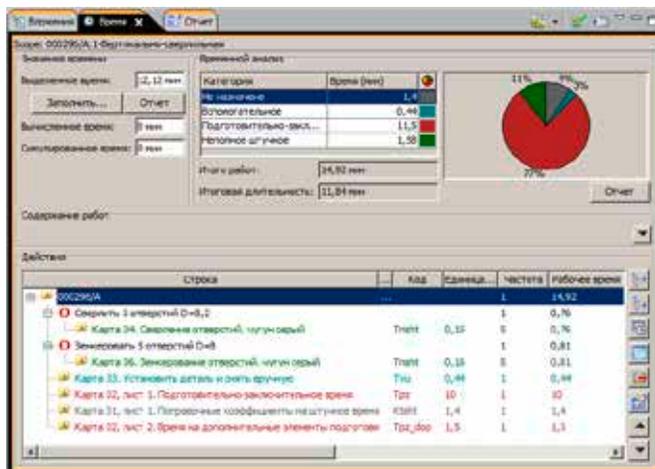


Рис. 6.2.1 Переходы и карты трудового нормирования в операции

2. считываются все добавленные к операции карты трудового нормирования с разбивкой на категории:

- время на установку и снятие (Т<sub>в.у</sub>);
- вспомогательное время, связанное с операцией (Т<sub>в.оп</sub>);
- вспомогательное время на измерения (Т<sub>в.изм</sub>);
- время на оргтехобслуживание (аоргтех);
- коэффициент вспомогательного времени (К<sub>тв</sub>);
- подготовительно-заключительное время (Т<sub>п.з</sub>);

3. рассчитывается штучное время по формуле:

$$T_{ш} = (T_{ца} + (T_{в.у} + T_{в.оп} + T_{в.изм}) * K_{тв}) * (1 + \text{аоргтех} / 100)$$

4. с технологической операции считывается атрибут «Объем партии» (n);

5. рассчитывается штучно-калькуляционное время по формуле:  $T_{шт.к} = T_{ш} + T_{п.з} / n$

6. результаты расчетов (Т<sub>шт.к</sub>, Т<sub>ш</sub>, Т<sub>п.з</sub>) записываются в технологический процесс.

Для выполнения технологических расчетов подсистема трудового нормирования Teamcenter была дополнена сборниками российских нормативов времени и расчетов режимов обработки.

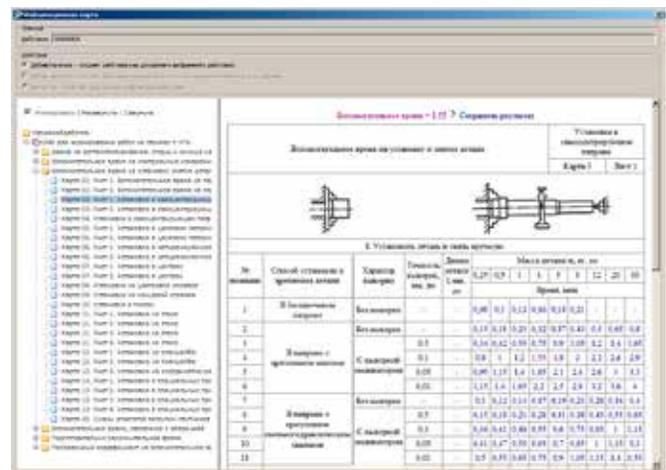


Рис. 6.2.2 Карты сборника нормативов «ОНВ для нормирования работ, выполняемых на станках с ЧПУ»

Администратор может создавать новые карты нормирования и режимов обработки в приложении Microsoft Excel с использованием специализированной надстройки.

## 6.3 Технологическая отчетность

Генератор отчетов Teamcenter имеет следующие преимущества:

- основывается на стабильном и распространенном механизме формирования отчетов;
- формирует отчеты в нейтральном формате Adobe PDF;
- сформированный отчет может автоматически сохраняться в Teamcenter как набор данных технологического процесса.
- не требует дополнительной лицензии для системы отчетности;
- при разработке новых шаблонов отчетов позволяет использовать механизм наследования графики, что упрощает создание новых отчетов на основе имеющихся, например, настроив один раз механизм формирования «шапки» отчета, данную «шапку» можно использовать в любых других отчетах.

Генератор отчетов позволяет создавать любые технологические отчеты в соответствии с ЕСТД, такие как:

- Титульный лист по ГОСТ 3.1105-84;
- Маршрутная карта по ГОСТ 3.1118-82;
- Карта эскизов по ГОСТ 3.1105-84;
- Операционная карта для операций обработки резанием по ГОСТ 3.1404-86;
- Операционная карта для сборочных операций по ГОСТ 3.1407-86;

- Операционная карта контроля по ГОСТ 3.1502-85;
- Карта комплектования по ГОСТ 3.1123-84;
- Карта технологического процесса по ГОСТ 3.1404-86;
- Карта наладки инструмента по ГОСТ 3.1404-86;
- и др.

При формировании карты эскизов (КЭ) в документ отчета выводятся эскизы технологических операций. Для технологических процессов сборки изделий актуально создание эскизов на основе 3D-моделей. Такие эскизы удобно создавать при помощи встроенного в Teamcenter визуализатора графики (подраздел 5.3).

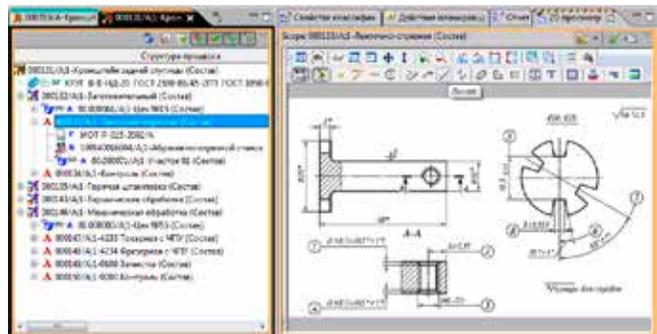


Рис. 6.3.2 Просмотр технологических эскизов в Teamcenter

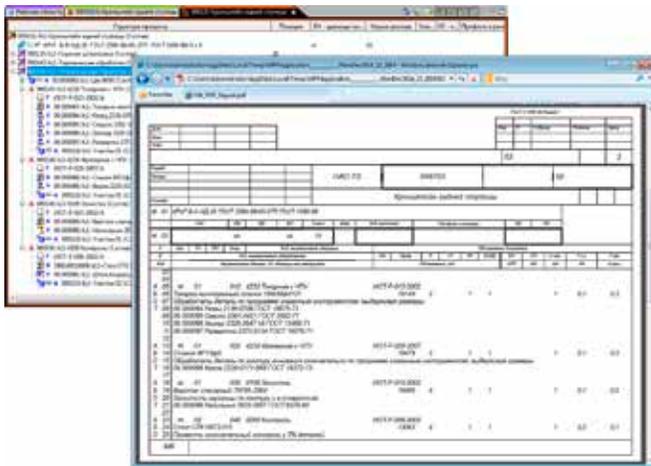


Рис. 6.3.1 Маршрутная карта

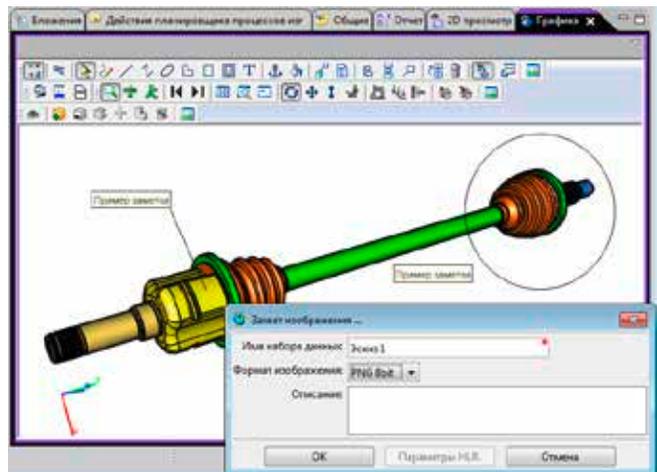


Рис. 6.3.3 Создание технологического эскиза из 3D-модели в визуализаторе графики

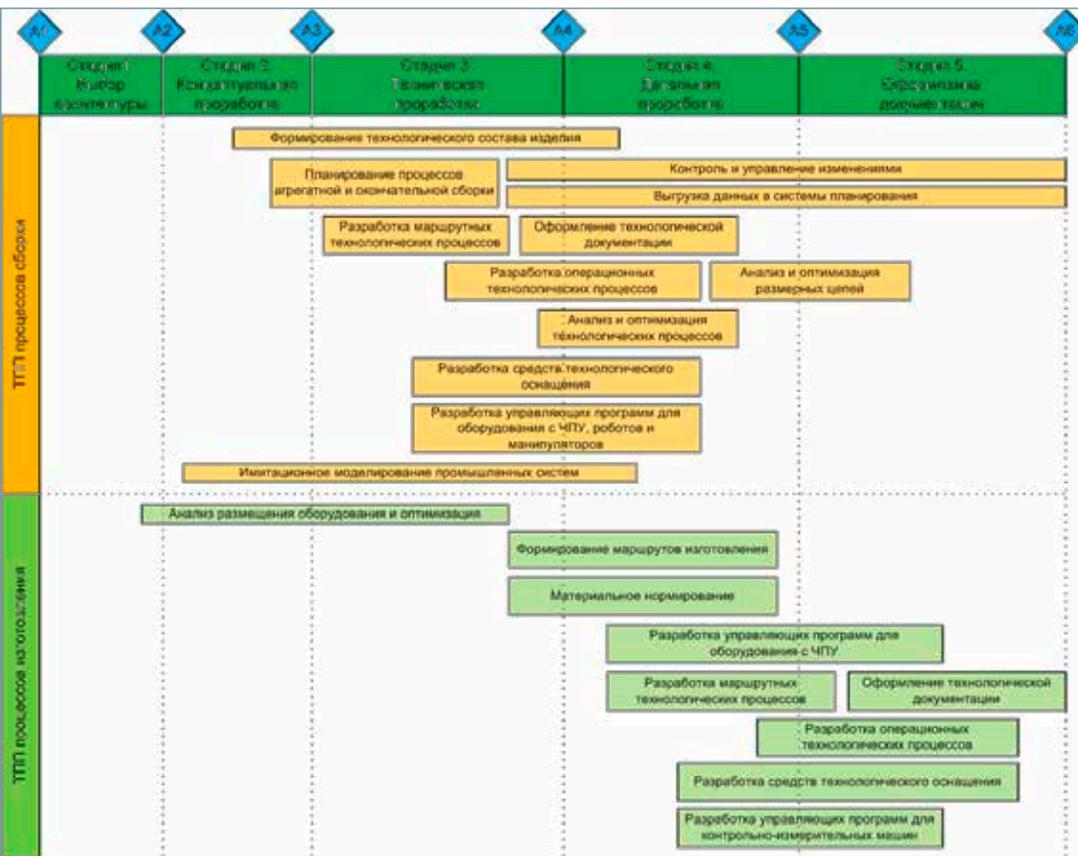


Рис. 7.1 Основные процессы ТПП, поддерживаемые Teamcenter Manufacturing

## 7. Процессы технологической подготовки производства, поддерживаемые Teamcenter Manufacturing

Фундаментом, обеспечивающим поддержку инженерных процессов технологической подготовки производства в среде Teamcenter Manufacturing, являются:

- цифровой макет изделия – полное описание модели изделия в электронном виде (3D-модели, чертежи, структура изделия, характеристики элементов структуры изделия и т. п.);
- доступность информации – предоставление доступа к информации сразу же после ее появления;
- параллельный инжиниринг – выполнение процессов разработки и проектирования одновременно с моделированием процессов изготовления и эксплуатации.

Запуск тех или иных процессов технологической подготовки производства производится в зависимости от состояния цифрового макета на соответствующих стадиях его развития. Для обеспечения запуска процессов технологической подготовки производства определяются требования, описывающие минимальный объем информации, предъявляемый к геометрии, характеристикам и структуре цифрового макета изделия. Это могут быть требования к группе механически обрабатываемых деталей, группе свариваемых элементов конструкции, группе элементов, подвергающихся химическому травлению, требования к композиционным конструкциям и т. п.

Каждая стадия развития цифрового макета изделия содержит как минимум две контрольные точки (начала

и окончания), относительно которых определяется состояние процесса проектирования, контролируется степень его готовности, устанавливается возможность перехода на следующие стадии:

- <A1> – продукт производства и предъявляемые к нему требования определены, состав структурных подразделений подтвержден, назначены ответственные по процессам, директивные планы-графики определены, выпущены необходимые приказы;
- <A2> – облик изделия определен, внешние обводы изделия определены, конструктивно-силовые схемы созданы;
- <A3> – компоновка изделия определена, габаритные модели элементов и агрегатов созданы, основные сборки (до 3–4 уровня) определены;
- <A4> – модели деталей без детализации технологических элементов (радиусы сгиба, радиусы фрез, технологические отверстия и т. п.) определены, материалы заготовок для механически обрабатываемых деталей определены, основные базы и размеры с допусками указаны, состав сборок по изделиям собственного изготовления наполнен на 90–100% (допускается отсутствие некоторых стандартных изделий в составе сборок);

- <A5> – геометрия элементов цифрового макета определена полностью, внесены ТТ, уточнены и дополнены размеры и шероховатость, состав сборок определен полностью, оформление чертежей на детали с длинным циклом подготовки производства начато;
- <A6> – конструкторская документация полностью оформлена и согласована, цифровой макет полностью готов к передаче в производство.

Ниже приводится подробное описание процессов технологической подготовки производства, выполняемых на соответствующих стадиях цифрового макета изделия и условно разбитых на два крупных раздела:

- технологическая подготовка производства процессов сборки – описывает все процессы, относящиеся к агрегатной и окончательной сборке, поддерживаемые Teamcenter Manufacturing;
- технологическая подготовка процессов изготовления – описывает все процессы, относящиеся к процессам изготовления элементов структуры изделия (механообработка, штамповка, гальваника, термообработка и т. п.), поддерживаемые Teamcenter Manufacturing.

#### Описание процессов подготовки производства агрегатной и окончательной сборки:

Формирование технологического состава изделия	
<b>Цель</b>	Получить на основании конструкторской структуры изделия иерархическую структуру изделия, соответствующую технологической последовательности изготовления сборочных узлов, систем и установок конечного изделия.
<b>Содержание работ</b>	Ввод данных о технологических узлах. Перегруппировка комплектующих в соответствии с технологической последовательностью изготовления сборочных узлов, систем и установок конечного изделия. При необходимости, назначение технологического обозначения каждому элементу технологической структуры изделия. Назначение дополнительных данных (материалы, технологические детали и т.п.). Распределение прав доступа для дальнейшего наполнения данными.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов)
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 1. Структура цифрового макета изделия определена на 40-60%. Модели могут не иметь точных размеров. Отсутствуют значительные пересечения.
<b>Исполнители</b>	Конструкторские подразделения, ответственные за разработку конструкции узлов и агрегатов. Технологические подразделения верхнего уровня, отвечающие за окончательную сборку и сборку основных узлов и агрегатов.
<b>Результаты работ</b>	Сформирована структура изделия, соответствующая технологической последовательности изготовления сборочных узлов, систем и установок конечного изделия.
<b>Потребители информации</b>	Технологические подразделения следующего уровня, отвечающие за разработку технологических процессов сборки узлов и агрегатов изделия. Системы планирования MRP/ERP класса.

Планирование процессов агрегатной и окончательной сборки	
<b>Цель</b>	Получить иерархическую структуру технологических процессов сборки и монтажа, соответствующую последовательности выполнения работ над изделием.
<b>Содержание работ</b>	Ввод данных о технологических процессах сборки и монтажа агрегатной и окончательной сборки. Разработка циклограммы сборки, путем определения иерархической структуры порядка следования процессов. Определение потребляемых изделий (комплектующих) и основных ресурсов для каждого процесса циклограммы сборки. Распределение прав доступа для дальнейшего наполнения данными.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов)
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 1. Как правило, определение иерархической структуры процессов основано на поиске и применении существующих циклограмм агрегатной и окончательной сборки и их корректировке под текущий проект. Информация о конструкторско-технологической структуре изделия требуется для распределения комплектующих изделий по процессам. Для старта текущего процесса, структура цифрового макета изделия может быть определена на 40-60%. Модели могут не иметь точных размеров. Отсутствуют значительные пересечения.
<b>Исполнители</b>	Технологические подразделения верхнего уровня, отвечающие за разработку технологических процессов сборки узлов и агрегатов изделия.
<b>Результаты работ</b>	Сформирована структура процессов, соответствующая последовательности работ, выполняемых при сборке или монтаже узлов, систем и установок конечного изделия.
<b>Потребители информации</b>	Технологические подразделения следующего уровня, отвечающие за разработку технологических процессов сборки узлов и агрегатов изделия. Системы класса MRP/ERP для планирования поставок комплектующих для агрегатной и окончательной сборки.

Разработка маршрутных технологических процессов	
<b>Цель</b>	Получить технологию сборки/монтажа по каждому узлу и агрегату на уровне маршрутного описания технологического процесса.
<b>Содержание работ</b>	Определение операций технологического процесса и порядок их следования. Привязка средств технологического оснащения к операциям. Определение недостающих средств технологического оснащения, выработка требований и выдача заявок на разработку. Определение потребляемых изделий из списка комплектующих, определенных на стадии планирования процессов агрегатной и окончательной сборки для каждой операции. Определение трудоемкости выполнения операций технологического процесса.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов)
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 2. Основные процессы агрегатной и окончательной сборки определены полностью. Технологическая структура изделия определена на 60%. Модели цифрового макета могут не иметь точных размеров. Отсутствуют значительные пересечения.
<b>Исполнители</b>	Технологические подразделения, отвечающие за разработку технологических процессов сборки узлов и агрегатов изделия.
<b>Результаты работ</b>	Структура процессов детализирована до последовательности операций, выполняемых при сборке или монтаже узлов, систем и установок конечного изделия. Определены требования к недостающим средствам технологического оснащения и выданы задания на его разработку.
<b>Потребители информации</b>	Технологические подразделения, отвечающие за разработку технологических процессов сборки узлов и агрегатов изделия. Конструкторские подразделения вспомогательного производства. Системы моделирования и анализа технологических процессов сборки. Системы планирования MRP/ERP класса.

Разработка операционных технологических процессов	
<b>Цель</b>	Получить технологию сборки/монтажа по каждому узлу и агрегату на уровне операционного описания технологического процесса.
<b>Содержание работ</b>	Дополнение маршрутных технологических процессов агрегатной и окончательной сборки информацией по технологическим переходам, средствам технологического оснащения, эскизами, инструкциями и прочей дополнительной информацией, требуемой в рамках стандартов предприятия. Определение трудоемкости выполнения переходов технологического процесса. Уточнение требований к средствам технологического оснащения. Выпуск рабочих инструкций и технологической документации.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов)
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 2. Маршрутный технологический процесс агрегатной и окончательной сборки определен. Технологическая структура изделия определена на 90%. Модели цифрового макета могут не иметь точных размеров, но окончательно определены и заморожены размеры поверхностей, на которые базируются разрабатываемые средства технологического оснащения. Отсутствуют значительные пересечения.
<b>Исполнители</b>	Технологические подразделения, отвечающие за разработку технологических процессов сборки узлов и агрегатов изделия.
<b>Результаты работ</b>	Маршрутные технологические процессы детализированы до последовательности переходов, выполняемых при сборке или монтаже узлов, систем и установок конечного изделия. Уточнены требования к сборочной оснастке. Выпущены рабочие инструкции и технологическая документация.
<b>Потребители информации</b>	Производственные подразделения, отвечающие за выполнение процессов сборки узлов и агрегатов изделия. Конструкторские подразделения вспомогательного производства. Системы моделирования и анализа технологических процессов сборки. Системы планирования MRP/ERP класса.

Анализ и оптимизация технологических процессов	
<b>Цель</b>	Обеспечить выполнение процессов агрегатной и окончательной сборки с первого раза.
<b>Содержание работ</b>	Симуляция процессов сборки/монтажа с анализом столкновений на основе данных о последовательности операций технологического процесса и цифрового макета изделия. Определение оптимальной последовательности операций технологического процесса. Анализ времени выполнения и имитация действий человека.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов), Tecnomatix Process Simulate
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 3. Маршрутный технологический процесс агрегатной и окончательной сборки определен. Модели цифрового макета должны иметь проработанную геометрию до требований контрольной точки <A4>. Полное отсутствие пересечений в цифровом макете.
<b>Исполнители</b>	Технологические подразделения, отвечающие за обеспечение качества процессов сборки узлов и агрегатов изделия.
<b>Результаты работ</b>	Технологические процессы сборки/монтажа узлов, систем и установок конечного изделия оптимизированы. Уточнены требования к сборочной оснастке. Определены требования к трудовым ресурсам. Откорректированы рабочие инструкции и технологическая документация.
<b>Потребители информации</b>	Производственные подразделения, отвечающие за выполнение процессов сборки узлов и агрегатов изделия. Конструкторские подразделения вспомогательного производства.

<b>Анализ и оптимизация размерных цепей</b>	
<b>Цель</b>	Спрогнозировать влияние геометрической точности и способа установки деталей на сборочный процесс. Сбалансировать влияние точности обработки деталей на себестоимость их производства.
<b>Содержание работ</b>	Анализ конструкции с точки зрения собираемости изделий из деталей отклонениями. Определение статистического распределения значений требуемых конечных параметров сборки и требуемых компенсаторов. Идентификация ключевых отклонений номинальной модели, критичных для собираемости изделия.
<b>Среда разработки</b>	Teamcenter Visualization Mockup (Визуализатор)
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 3. Модели цифрового макета должны иметь проработанную геометрию до требований контрольной точки <A4>. Полное отсутствие пересечений в цифровом макете.
<b>Исполнители</b>	Технологические подразделения, отвечающие за обеспечение качества процессов сборки узлов и агрегатов изделия.
<b>Результаты работ</b>	Определены требования к точности и качеству изготовления номенклатуры структуры изделия. Выданы соответствующие рекомендации ответственным за выпуск номенклатуры структурным подразделениям.
<b>Потребители информации</b>	Производственные подразделения, отвечающие за выполнение процессов сборки узлов и агрегатов изделия. Производственные подразделения, ответственные за выпуск соответствующей номенклатуры изделий.

<b>Разработка средств технологического оснащения для процессов агрегатной и окончательной сборки</b>	
<b>Цель</b>	Обеспечить процессы агрегатной и окончательной сборки средствами технологического оснащения.
<b>Содержание работ</b>	Выбор конструктивной схемы СТО, в соответствии с техническим заданием, выбор конструктивных элементов (из базы данных), компоновка СТО в среде CAD-системы, моделирование функционирования приспособления в ходе реализации технологического процесса, проведение конструкторских расчетов (прочность, жесткость, производительность и т. д.), формирование электронного макета приспособления и комплекта электронных чертежей, выбор технологии изготовления приспособления.
<b>Среда разработки</b>	Resource Manager (Менеджер ресурсов), NX + средства автоматизации разработки конструкции
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 2. Структура цифрового макета изделия определена на 60-80%. Модели могут не иметь точных размеров, но окончательно определены и заморожены размеры поверхностей, на которые базируются разрабатываемые средства технологического оснащения. Отсутствуют значительные пересечения. Сформирована потребность в специализированных средствах технологического оснащения для процессов агрегатной и окончательной сборки.
<b>Исполнители</b>	Конструкторско-технологические подразделения, отвечающие за разработку и изготовление средств технологического оснащения.
<b>Результаты работ</b>	Цифровой макет СТО полностью готов к передаче в производство. Данные о сроках изготовления переданы для планирования подразделениям основного производства.
<b>Потребители информации</b>	Производственные подразделения, отвечающие за выполнение процессов сборки узлов и агрегатов изделия. Конструкторско-технологические подразделения вспомогательного производства. Системы планирования MRP/ERP класса.

Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ, роботов и манипуляторов для процессов агрегатной и окончательной сборки	
Цель	Повысить точность и качество выполняемых процессов агрегатной и окончательной сборки.
Содержание работ	OFF-LINE программирование роботов и манипуляторов для сварки, лазерной резки, окраски, сверления, клепки, снятия облоя, галтовки и т.п. Разработка и проверка кинематики движения инструмента, программного кода для оборудования. Динамический анализ рабочих операций и проверка пересечения рабочих областей оборудования.
Среда разработки	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов), Tecnomatix Process Simulate
Наиболее ранние возможные сроки запуска	Стадия 2. Структура цифрового макета изделия определена на 60-80%. Модели могут не иметь точных размеров, но окончательно определены и заморожены стыковочные зоны и поверхности, габаритные размеры узлов и агрегатов, оси для крепежа, требуемые для разработки управляющих программ на соответствующем этапе. Сформирована потребность в специализированных средствах обработки для процессов агрегатной и окончательной сборки.
Исполнители	Конструкторско-технологические подразделения, отвечающие за разработку управляющих программ для оборудования с ЧПУ, роботов и манипуляторов.
Результаты работ	Цифровой макет обработки на оборудовании с ЧПУ полностью готов к передаче в производство. Данные о необходимых средствах технологического оснащения подготовлены и переданы в соответствующие подразделения.
Потребители информации	Производственные подразделения, отвечающие за выполнение процессов сборки узлов и агрегатов изделия. Конструкторско-технологические подразделения вспомогательного производства. Системы АСУТП или MES класса.

#### Описание процессов подготовки производства изготовления:

Формирование маршрутов изготовления	
Цель	Определить состав и количество номенклатуры изделий для каждого производственного подразделения в разрезе конечного изделия. Распределить работы на технологическую подготовку производства изготовления номенклатуры.
Содержание работ	Описать элементы технологической структуры изделия межзаводскими маршрутами изготовления и движения. Организовать работу с технологическими пакетами хранения представлений структур изделий, структур процессов и структур производственных подразделений. Распределить задания и права доступа структурным подразделениям для дальнейшего наполнения данными.
Среда разработки	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов)
Наиболее ранние возможные сроки запуска	Стадия 2. Структура цифрового макета изделия определена на 90%. Модели цифрового макета должны иметь проработанную геометрию до требований контрольной точки <A4>. Отсутствуют значительные пересечения.
Исполнители	Технологические подразделения, ответственные за разработку маршрутов изготовления и движения товарно-материальных ценностей.
Результаты работ	Сформированы межцеховые (межзаводские) маршруты изготовления для каждого элемента структуры изделия, соответствующие технологической последовательности выполняемых видов работ производственными подразделениями предприятия. Задания технологическим подразделениям на технологическую подготовку производства, по маршруту, в соответствии с закреплением за цехом и видом работ разосланы.
Потребители информации	Технологические подразделения следующего уровня, отвечающие за разработку технологических процессов изготовления по соответствующим видам работ (механообработка, штамповка, гальваника, термообработка и т.п.). Системы планирования MRP/ERP класса.

<b>Материальное нормирование</b>	
<b>Цель</b>	Определить потребность основных материалов для изготовления определенной номенклатуры изделий.
<b>Содержание работ</b>	Определить для каждого элемента технологической структуры изделия собственного изготовления материалы, из которых он будет изготавливаться, способы получения заготовки и ее параметры. Определить нормы расхода материалов для получения заготовки. В некоторых случаях определить вспомогательные материалы и нормы их расхода.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов)
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 2. Структура цифрового макета изделия определена на 90%. Модели цифрового макета должны иметь проработанную геометрию до требований контрольной точки <A4>. Отсутствуют значительные пересечения.
<b>Исполнители</b>	Технологические подразделения, ответственные за определение и нормирование основных (вспомогательных) материалов.
<b>Результаты работ</b>	Основные (возможно вспомогательные) материалы и нормы их расхода для каждого элемента технологической структуры изделия собственного изготовления определены.
<b>Потребители информации</b>	Технологические подразделения следующего уровня, отвечающие за разработку технологических процессов изготовления по соответствующим видам работ (механообработка, штамповка, гальваника, термообработка и т.п.). Системы планирования MRP/ERP класса.

<b>Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ</b>	
<b>Цель</b>	Повысить точность и качество выполняемых процессов механической обработки.
<b>Содержание работ</b>	Определить маршрутный технологический процесс механообработки для оборудования с ЧПУ. Определить оптимальные траектории движения инструмента. Сгенерировать управляющие программы обработки для соответствующих операций. Проверить кинематику движения инструмента, программного кода для оборудования. Произвести динамический анализ рабочих операций и проверку пересечения рабочих областей оборудования.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Part Planner (Планировщик технологических процессов изготовления), NX CAM
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 3. Структура цифрового макета изделия определена на 90-100%. Модели могут не иметь точных размеров, но окончательно определены и заморожены поверхности обработки, базирования и измерения, требуемые для разработки управляющих программ на соответствующем этапе. Сформирована потребность в специализированных средствах обработки для процессов механообработки.
<b>Исполнители</b>	Конструкторско-технологические подразделения, отвечающие за разработку управляющих программ для оборудования с ЧПУ.
<b>Результаты работ</b>	Цифровой макет обработки на оборудовании с ЧПУ полностью готов к передаче в производство. Данные о необходимых средствах технологического оснащения подготовлены и переданы в соответствующие подразделения.
<b>Потребители информации</b>	Производственные подразделения, отвечающие за выполнение процессов изготовления соответствующей номенклатуры изделия. Конструкторско-технологические подразделения вспомогательного производства. Системы АСУТП или MES класса.

Разработка маршрутных технологических процессов	
<b>Цель</b>	Получить для каждого элемента технологической структуры изделия собственного изготовления набор технологических процессов, описывающий порядок его изготовления в соответствии с межцеховым маршрутом. В данный набор могут входить процессы механообработки, штамповки,ковки, гальваники, термообработки и т.п., на уровне маршрутного описания технологического процесса.
<b>Содержание работ</b>	Определение операций технологического процесса и порядок их следования по каждому виду работ межцехового маршрута. Привязка средств технологического оснащения к операциям. Определение недостающих средств технологического оснащения, выработка требований и выдача заявок на разработку. Определение трудоемкости выполнения операций технологического процесса.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов)
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 3. Основные материалы и межцеховые маршруты определены, задания на технологическую проработку разосланы. Модели цифрового макета должны иметь проработанную геометрию до требований контрольной точки <A5> . Полное отсутствие пересечений.
<b>Исполнители</b>	Технологические подразделения, отвечающие за разработку технологических процессов изготовления соответствующей номенклатуры.
<b>Результаты работ</b>	Структура процессов детализирована до последовательности операций, выполняемых в процессе изготовления номенклатуры в соответствии с видами работ по межцеховому маршруту. Определены требования к недостающим средствам технологического оснащения и выданы задания на его разработку.
<b>Потребители информации</b>	Технологические подразделения, отвечающие за разработку технологических процессов изготовления номенклатуры по соответствующим видам работ. Конструкторские подразделения вспомогательного производства. Системы планирования MRP/ERP класса.

Разработка операционных технологических процессов	
<b>Цель</b>	Получить для каждого элемента технологической структуры изделия собственного изготовления набор технологических процессов, описывающий порядок его изготовления в соответствии с межцеховым маршрутом. В данный набор могут входить процессы механообработки, штамповки,ковки, гальваники, термообработки и т.п., на уровне операционного описания технологического процесса.
<b>Содержание работ</b>	Дополнение маршрутных технологических процессов изготовления информацией по технологическим переходам, средствам технологического оснащения, эскизами, инструкциями и прочей дополнительной информацией, требуемой в рамках стандартов предприятия. Определение трудоемкости выполнения переходов технологического процесса. Уточнение требований к средствам технологического оснащения оснастке. Выпуск рабочих инструкций и технологической документации.
<b>Среда разработки</b>	Manufacturing Process Planner (Планировщик технологических процессов)
<b>Наиболее ранние возможные сроки запуска</b>	Стадия 3. Маршрутные технологические процессы изготовления в соответствии с межцеховым маршрутом определены. Технологическая структура изделия определена на 100%. Модели цифрового макета должны иметь проработанную геометрию до требований контрольной точки <A5>. Полное отсутствие пересечений.
<b>Исполнители</b>	Технологические подразделения, отвечающие за разработку технологических процессов изготовления соответствующей номенклатуры.
<b>Результаты работ</b>	Маршрутные технологические процессы детализированы до последовательности переходов, выполняемых при изготовлении номенклатуры изделия. Уточнены требования к средствам технологического оснащения. Выпущены рабочие инструкции и технологическая документация.
<b>Потребители информации</b>	Технологические подразделения, отвечающие за разработку технологических процессов изготовления номенклатуры по соответствующим видам работ. Конструкторские подразделения вспомогательного производства. Системы планирования MRP/ERP класса.

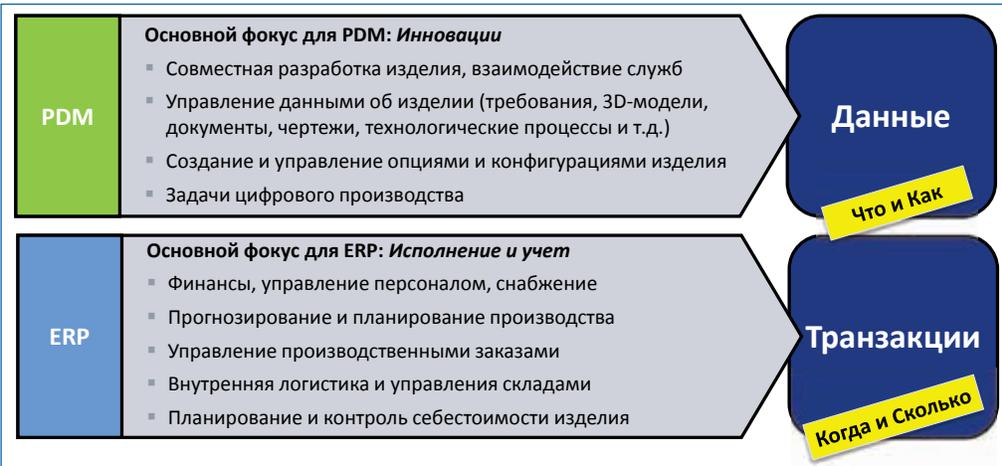
Разработка средств технологического оснащения для процессов изготовления	
Цель	Обеспечить процессы изготовления элементов технологической структуры изделия средствами технологического оснащения.
Содержание работ	Выбор конструктивной схемы СТО, в соответствии с техническим заданием, выбор конструктивных элементов (из базы данных), компоновка СТО в среде CAD-системы, моделирование функционирования приспособления в ходе реализации технологического процесса, проведение конструкторских расчетов (прочность, жесткость, производительность и т. д.), формирование электронного макета приспособления и комплекта электронных чертежей, выбор технологии изготовления приспособления.
Среда разработки	Resource Manager (Менеджер ресурсов), NX + средства автоматизации разработки конструкции
Наиболее ранние возможные сроки запуска	Стадия 3. Структура цифрового макета изделия определена на 90-100%. Основные материалы и межцеховые маршруты определены, задания на технологическую проработку разосланы. Сформирована потребность в специализированных средствах технологического оснащения для процессов изготовления. Модели цифрового макета должны иметь проработанную геометрию до требований контрольной точки <A5> . Полное отсутствие пересечений.
Исполнители	Конструкторско-технологические подразделения, отвечающие за разработку и изготовление средств технологического оснащения.
Результаты работ	Цифровой макет СТО полностью готов к передачи в производство. Данные о сроках изготовления переданы для планирования подразделениям основного производства.
Потребители информации	Производственные подразделения, отвечающие за выполнение процессов изготовления изделия. Конструкторско-технологические подразделения вспомогательного производства. Системы планирования MRP/ERP класса.

Разработка управляющих программ для контрольно-измерительных машин	
Цель	Повысить точность и качество выпускаемой продукции.
Содержание работ	Определить контрольные операции для технологического процесса изготовления. Определить оптимальные траектории движения измерительного инструмента. Сгенерировать управляющие программы измерения для соответствующих операций. Проверить кинематику движения инструмента, программного кода для оборудования. Произвести динамический анализ рабочих операций и проверку пересечения рабочих областей оборудования.
Среда разработки	Manufacturing Part Planner (Планировщик технологических процессов изготовления), NX CMM Inspection
Наиболее ранние возможные сроки запуска	Стадия 3. Модели цифрового макета должны иметь проработанную геометрию до требований контрольной точки <A5> . Полное отсутствие пересечений.
Исполнители	Конструкторско-технологические подразделения, отвечающие за разработку управляющих программ для контрольно-измерительных машин.
Результаты работ	Цифровой макет измерения на контрольно-измерительных машинах полностью готов к передаче в производство. Данные о необходимых средствах технологического оснащения подготовлены и переданы в соответствующие подразделения.
Потребители информации	Производственные подразделения, отвечающие за выполнение процессов изготовления соответствующей номенклатуры изделия. Конструкторско-технологические подразделения вспомогательного производства. Системы АСУТП или MES класса.

Рис.8.1. Основные задачи PDM и ERP систем

*“PDM и ERP играют различные роли в процессе создания изделий, но, тем не менее, всегда работают в тесной связке друг с другом для повышения эффективности деятельности предприятия...”*

*Jim Brown, AberdeenGroup*



## 8. Планирование и диспетчеризация производства

Реализация инженерных процессов технологической подготовки производства средствами приложений Teamcenter Manufacturing невозможна без реализации процессов конструкторской подготовки производства в системе Teamcenter, а при реализации задач ведения цифрового 3D макета изделия, приложения Teamcenter Manufacturing наиболее полно раскрывают все свои возможности.

Средства информационной поддержки, которые предоставляет система Teamcenter, основаны на принципах единства информации, обеспечения доступа к этой информации службам всех инженерных направлений и управления данными, созданными различными участниками процесса жизненного цикла изделия как единым целым.

Одной из задач использования системы Teamcenter является комплексная подготовка конструкторско-технологических данных для их последующей передачи в системы класса MES/ERP. При организации соответствующего взаимодействия с системами производственного уровня достигается максимальный экономический эффект от внедрения системы Teamcenter.

С точки зрения идеальной информационной модели управление информационными массивами предприятия должно обеспечиваться как можно меньшим количеством информационных систем с как можно большим спектром закрываемых ими задач. Данный подход позволяет минимизировать расходы на их внедрение, интеграцию, адаптацию и обслуживание. Однако высокий уровень абстракции и сложность этих си-

стем предъявляет к квалификации конечного пользователя достаточно высокие требования, из-за которых внедрение информационной системы на начальных этапах является проблематичным, но после прохождения адаптационного периода и осознания получаемых выгод принимается и осваивается.

Как правило, на предприятиях уже существуют разнородные информационные системы: закрывающие определенные локальные задачи подразделений, а также системы корпоративного уровня, которые предполагается либо менять, либо интегрировать.

Следует понимать, что это целый комплекс болезненных и трудоемких процедур, включающий в себя:

- полный или частичный реинжиниринг существующих бизнес-процессов с целым набором вытекающих отсюда последствий;
- обучение пользователей новым методам работы в новой информационной системе, с естественной конфронтацией и отвержением этих методов и программного обеспечения;
- комплекс работ по адаптации нового программного обеспечения к условиям предприятия с загрузкой необходимых данных из существующей информационной системы или вводом новых, ранее не использовавшихся данных;
- комплекс работ по интеграции нового программного обеспечения с рядом новых или существующих информационных систем, с процедурами обмена и синхронизации данных;

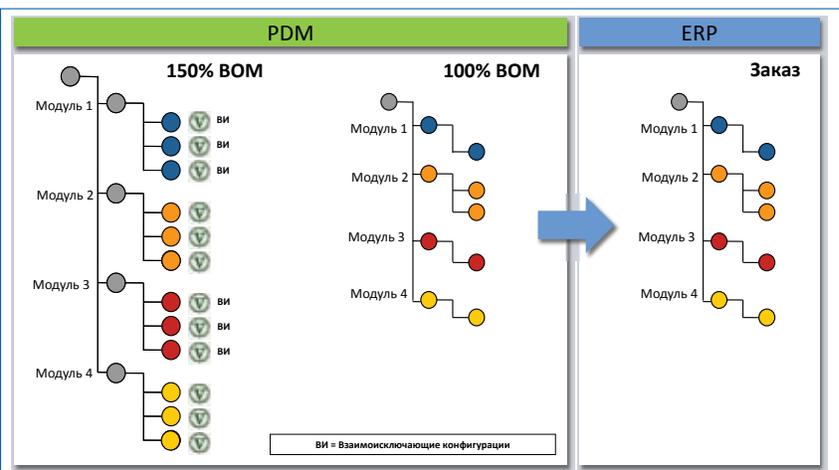


Рис.8.2. Конфигурирование изделия при модели производства ETO (Engineering to Order)

- увеличение нагрузки на конечного пользователя с целью обеспечения актуальности информации в обеих информационных системах, до момента окончательно перехода на новую;
- выделение специализированных ресурсов в ИТ подразделениях предприятия для поддержки новой информационной системы.

Очевидно также, что при реализации больших информационных проектов, дающих очевидные преимущества и выгоды для компании в целом, их стратегические цели, зачастую, расходятся с целями отдельно взятого подразделения, участвующего в проекте. Поэтому, проекты, которые обладают высокой степенью сложности, большим количеством рисков и капиталовложений, должны курироваться высшим руководством компании с целью обеспечения стратегической цели, заложенной в проект.

Корректное функционирование ERP-системы для задач планирования и диспетчеризации производства возможно только при использовании актуальных конструкторско-технологических данных. В свою очередь эти данные создаются, хранятся и управляются в PDM-системе. Таким образом, задача интеграции PDM и ERP является основной и наиболее важной задачей при реализации процессов планирования и диспетчеризации производства.

Можно сказать, что основными объектами PDM-системы являются «Данные», а ERP-системы – «Транзакции». Соответственно хранящиеся в PDM-системе конструкторско-технологические данные позволяют ответить на вопросы «Что и Как», а транзакции в ERP-системе – «Когда и сколько». В этом и состоит принцип распределения задач и процессов в этих системах.

Существует множество бизнес-моделей производства. Рассмотрим несколько основных:

- ETO (Engineering to Order) – Проектирование на Заказ

Данная модель производства применяется для изделий, имеющих большое число компонентов и длительный цикл сборки (постройки), а также характеризуются отсутствием серии.

**Пример:** судостроительная отрасль (корабли, суда, подводные лодки).

- CTO (Configure to Order) – Конфигурирование на Заказ

Данная модель производства применяется для изделий, имеющих относительно большое число компонентов, высокую степень конфигурируемости и короткий цикл сборки. В данном случае изделия выпускаются серийно, возможна мелкая серия.

**Пример:** автомобильная отрасль (легковые и грузовые автомобили).

- ATO (Assembly to Order) – Сборка на Заказ

Данная модель производства применяется для изделий, имеющих относительно большое число компонентов, низкую степень конфигурируемости и короткий цикл сборки. В данном случае изделия выпускаются серийно, в основном крупная серия.

**Пример:** электроника (оргтехника, компьютеры).

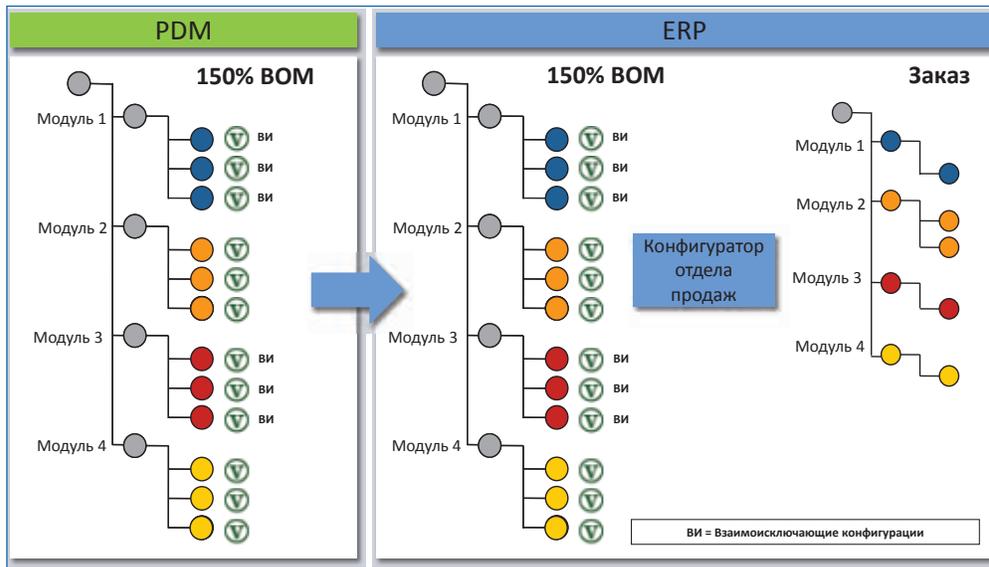
- MTS (Manufacturing to Stock) – Производство на Склад

Данная модель производства применяется для изделий, имеющих относительно большое число компонентов, заранее определенные конфигурации и короткий цикл сборки. Только крупная серия.

**Пример:** бытовая техника, бытовая электроника (телевизоры, мобильные телефоны).

Остановимся на двух моделях – ETO и CTO, поскольку применение связки PDM-ERP может дать максимальный эффект именно на предприятиях, работающих на данных производственных моделях. Рассмотрим задачу передачи конструкторско-технологической струк-

Рис.8.3. Конфигурирование изделия при производстве СТО (Configure to Order)



туры изделия из PDM-системы в ERP-систему для задач планирования.

Выделим две основных схемы взаимодействия:

- В PDM-системе создается структура изделия со всеми возможными конфигурациями (150% BOM), далее при наложении определённых правил конфигурирования под определенный заказ формируется структура заказа (100% BOM). Данная структура заказа передается в ERP-систему.

Эта схема взаимодействия актуальна для предприятий, работающих по ЕТО.

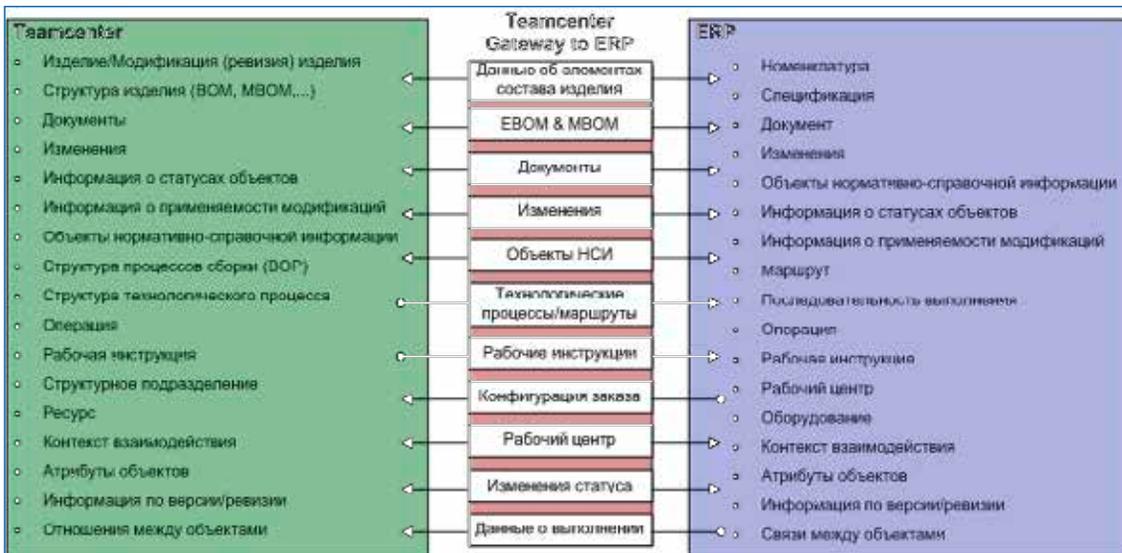
- В PDM-системе создается структура изделия со всеми возможными конфигурациями (150% BOM), далее эта

избыточная структура передается в ERP-систему, где реализован конфигуратор (например, конфигуратор отдела продаж), который формирует структуру конкретного заказа (100% BOM).

Данная схема взаимодействия актуальна для предприятий, работающих по СТО.

В настоящий момент времени система Teamcenter имеет “коробочные” возможности интеграции с системами SAP R/3 и Oracle Manufacturing. Возможности интеграции позволяют назначать номера объектам из ERP-системы, координировать заявки на изменение, обеспечивать двусторонний обмен между различными BOM-структурами с поддержкой вариантных опций и правил модификаций спецификаций.

Рис.8.4. Взаимодействие типов данных при интеграции PDM и ERP



# SIEMENS

© 2014 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved. Siemens and the Siemens logo are registered trademarks of Siemens AG. All other logos, trademarks or service marks used herein are the property of their respective owners.

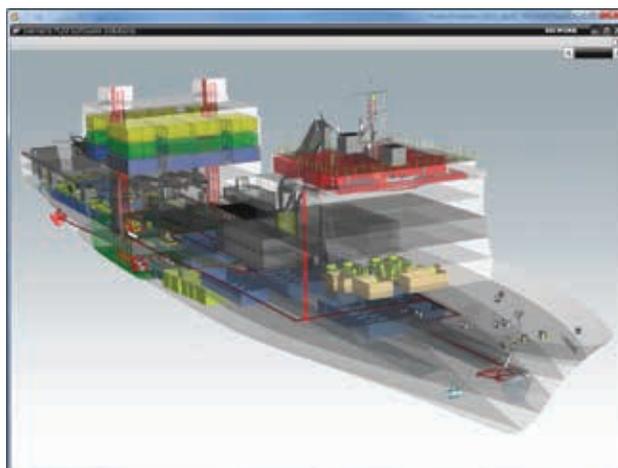
## Простая идея вдохновила на создание этого корабля. Тысячи проектных решений уже превратили замысел в реальность

Siemens PLM Software: Умные решения – лучший результат

Одного лишь вдохновения недостаточно для создания великолепного изделия. Для воплощения хорошей идеи требуется принять тысячи решений, как по важным вопросам, так и по большому количеству повседневных задач. Вклад любого сотрудника компании может оказаться судьбоносным.

Ведущие компании мира выбирают решения от Siemens PLM Software в качестве важнейшей платформы для совместного принятия решений при разработке изделий. Технология HD-PLM, реализованная на базе решений от Siemens PLM Software, представляет доступ к необходимой информации в нужное время в нужном виде для каждого участника проекта, что обеспечивает информированность и принятие обоснованных решений.

В какой бы отрасли – автомобилестроение, авиационно-космическая промышленность, электроника, энергетика, судостроение, медицинская техника, машиностроение или какой-то другой – Вы не работали, компания Siemens PLM Software поможет Вам принимать умные решения и достигать лучших результатов. **Дополнительная информация представлена на сайте [siemens.ru/plm](http://siemens.ru/plm).**



Компания Siemens PLM Software предоставляет единую платформу для принятия решений, которая учитывает функциональные зависимости между процессами жизненного цикла Ваших изделий. Благодаря этому каждый сотрудник получает нужную информацию в нужном контексте для принятия умного решения.

**Ответы для промышленности**

## Siemens PLM Software

### Москва

115184, г. Москва,  
ул. Большая Татарская, д.9,  
2-ой этаж.  
Тел. : +7 (495) 223 3646,  
факс +7 (495) 223 3647

### Санкт-Петербург

191186, г. Санкт Петербург,  
наб. реки Мойки, д. 36,  
Тел./факс: +7 (812) 336-70-15

### Екатеринбург

620078, г. Екатеринбург,  
ул. Коминтерна, 16, офис 809,  
Тел.: +7 (343) 356-55-27  
факс: +7 (343) 356-55-28

## О Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, подразделение Siemens Industry Automation Division, ведущий мировой поставщик программных средств и услуг по управлению жизненным циклом изделия (PLM). Компания имеет 7 млн. установленных лицензий более чем в 71,000 компаниях по всему миру. Штаб-квартира компании находится в г. Платано, шт. Техас. Siemens PLM Software сотрудничает с компаниями по продвижению открытых решений, помогая компаниям принимать интеллектуальные решения для создания лучших изделий. Для получения дополнительной информации по продуктам и услугам Siemens PLM Software посетите сайт [www.siemens.ru/plm](http://www.siemens.ru/plm).

© Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2014 г.

Все права защищены. Siemens и логотип Siemens являются торговыми марками Siemens AG. Teamcenter, NX™, Solid Edge, Tecnomatix, Parasolid, Femap, I-deas, Velocity Series являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками корпорации Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. или ее дочерних компаний в США и других странах. Все остальные логотипы, торговые марки, зарегистрированные торговые марки и знаки обслуживания, используемые в настоящем документе, являются собственностью соответствующих владельцев.