

УДК 658.5.012.1

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ PDM-СИСТЕМЫ TEAMCENTER

© 2013 В.Г. Смелов, В.В. Кокарева, А.Н. Малыхин, О.Н. Малыхина

Самарский государственный аэрокосмический университет  
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 02.12.2013

В данной статье приводится решение проблемы оперативного ведения конструкторско-технологической подготовки производства за счет применения PDM-системы. Рассматривается пример создания информационной среды механообрабатывающего цеха в системе Teamcenter.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая подготовка производства, workflow, автоматизация, механообрабатывающий цех, PDM-система.

Сегодня современные информационные технологии широко применяются на машиностроительных предприятиях, особое место уделяется вопросам автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). Качественная проработка технических решений на этапе разработки конструкторско-технологической документации существенно влияет на снижение затрат из-за конструкторских и технологических ошибок в процессе производства. Построение и оптимизация бизнес-процессов подразделений КТПП является актуальным направлением организации конкурентоспособного производства, быстро реагирующего на изменяющийся спрос. Необходимо оперативно реагировать на изменения в конструкции или технологии изделия, а также срочные заказы в довольно короткие сроки. Существует также проблема своевременной разработки графика производства на основе данных по оборудованию и наличию необходимых деталей, комплектующих и т.п.

Анализ деятельности механообрабатывающего цеха показал, что информационные потоки проектно-производственной деятельности делятся в основном на четыре этапа. На первом этапе стоит задача стратегического планирования, решая посредством автоматизированной системы управления ресурсами цеха (АСУП/ERP). На

втором этапе – задача проектирования и разработки конструкторской документации, поддерживаемая САПР (CAD/CAE/PDM). На третьем этапе решается задача технологического планирования и разработки технологических процессов, программ для оборудования с ЧПУ, средств технологического оснащения и инструментов. Данный этап контролирует САПР ТП, на основе специализированной технологической базы данных. На завершающем этапе производится диспетчеризация производства, которые обеспечивается оперативным планированием (MES).

Следует разделять информационные потоки конструкторской и технологической подготовки не только из-за физического отличия в решаемых задачах, но и из-за специфики технологической подготовки российских машиностроительных предприятий. Как выяснилось, это выражается в отсутствии интеграции САПР ТП с PDM/PLM-системами. Поэтому задача организации КТПП и отражение результатов производственного процесса в единой информационной системе является актуальным для современных российских компаний. Кроме этого, традиционные методы КТПП не способны быстро и эффективно решать задачи ее оптимизации.

На предприятии существует 2 раздела информационного пространства – конструкторское и технологическое подпространство, функционирующие в значительной мере автономно и связанны между собой при помощи обменных файлов и отдельных общих баз данных.

На этапе технологической подготовки в подразделениях технологического бюро цеха (ТБЦ) и отдела главного технолога (ОГТ) создаются и циркулируют самые мощные информационные потоки (более 65% от общего объема информации). Бизнес-процессы выполнения ТПП на участке производства по модели «Как надо» включают: планирование ТПП, проектирование технологических

*Смелов Виталий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры производства двигателей летательных аппаратов, заведующий лабораторией аддитивных технологий. E-mail: pdla\_smelov@mail.ru*

*Кокарева Виктория Валерьевна, аспирант, инженер кафедры производства двигателей летательных аппаратов. E-mail: charming\_carror@mail.ru*

*Малыхин Андрей Николаевич, магистрант кафедры производства двигателей летательных аппаратов.*

*E-mail: 19891104@bk.ru*

*Малыхина Ольга Николаевна, магистрант кафедры производства двигателей летательных аппаратов.*

*E-mail: olja.malykhina@rambler.ru*

процессов, проектирование и изготовление средств технологического оснащения - СТО, программирование и настройку программных средств, отработка на технологичность и нормирование. В план работ входят: месячные планы, цикловые графики запуска изделий, номенклатурные цеховые списки и другая планово-экономическая документация для управления производством.

В состав технологического процесса входят: маршрутные карты, операционные карты, карты эскизов, карты наладки инструментов для оборудования с ЧПУ, ведомости оснащения, нормировочные карты, карты контроля и другие документы. Состав и комплектность технологической документации регламентируется стандартами предприятия.

Проектирование маршрутных технологических процессов является одним из завершающих этапов технологического планирования. Результатом их выполнения являются сформированные маршрутные карты механической обработки. Проектирование маршрутной технологии осуществляется в следующем порядке: 1. определить вид работ; 2. определить перечень цехов; 3. выбрать состав и последовательность операций и оборудования; 4. укрупненное нормирование работ; 5. проверочные расчеты производительности оборудования; 6. формирование карт технологического маршрута. Входными документами при проведении этих работ являются: чертежи изделия; перечень деталей; спецификация; ведомость оборудования с ЧПУ; технические характеристики оборудования с ЧПУ; перечень цехов и их оснащение. Выходными документами являются: маршрутная карта; ТЗ на проектирование/изготовление специальной оснастки и изготовление специального инструмента; заявка на программирование; расчетно-технологическая карта (РТК). Маршрутная карта разрабатывается на всех стадиях составления ТД.

В итоге проектирования ТП появляется схема обработки, которая обеспечивает минимальное число операций. Параллельно с этим выполняется эскизное проектирование станочной оснастки. Формируются типовые схемы обработки деталей на токарных, сверлильных, расточных и других станках с ЧПУ. Сформированный маршрутный технологический процесс включает весь перечень требуемого оборудования.

В функциональной модели технологического проектирования основными выходными данными является технологическая документация. Основная, рассматриваемая нами, технологическая документация: маршрутная карта, технологическая инструкция, ведомость оснастки, ведомость расцеховки, ведомость материалов, операционные карты.

После построения функциональных моделей

КТПП модели «Как надо» необходимо разработать механизм организации информационной системы интеграции CAD/CAM/CAE- и PDM-систем, создать и исследовать модель КТПП выбранного изделия для эффективного обмена информацией между CAD- и PDM-системами. Создаваемая система, базирующаяся на интеграции CAD/CAM/CAE/PDM-систем, значительно ускорит работу служб предприятия по разработке документации КТПП, и сам процесс НИОКР и производства изделий, особенно при изменяющейся номенклатуре.

Ниже приведен пример жизненного цикла изделия, выпускаемого виртуальным механообрабатывающим предприятием. Задача – в кратчайшие сроки осуществить разработку производства заданного изделия. При использовании информационной PDM/PLM-системы возможно сократить время выхода разрабатываемого изделия на рынок за счет возможности распараллеливания разработки изделия и технологических процессов его изготовления, повышения эффективности работы конструкторов, инженеров-технологов за счет возможности цифровой работы по созданию, планированию и управлению производством до 70 % по сравнению с традиционными методами.

Простой подсчет деятельности ТП цеха по модели «Как есть» показал, что номер наряда в цехе записывается 18-19 раз. Например, время, затрачиваемое инженером-технологом на оформление сопроводительных карт и служебных записок равняется трем часам, подбор материально-комплектовочных ведомостей и чертежей также трём часам, решение различных технологических вопросов с конструкторами и рабочими – двум часам. Общие трудозатраты на весь объем работ ТП составляют 176 часа. При введении информационной системы ТП достаточно данные занести один раз. Таким образом, время на ввод информации сократилось в 7 раз (учитывая многократное количество повторов), время на поиск документов в 4 раза, мониторинг работ (отслеживание состояния деталей в реальном времени) будет занимать 20 мин в день. Трудоемкость мониторинга будет 1,5 часа в день на весь административно-управленческий персонал, время на поиск информации сокращается в 7,5 раз. Итого на весь персонал цеха: 1. Занесение информации равняется 7,3 часа. 2. Поиск документов - 9,5 часов. 3. Мониторинг работ 1,5 часа. 4. Прочие 72 часа. Общие трудозатраты = 90,3 часов. Экономия трудозатрат составила 85,7 часа.

Изначально следует добавить в справочник номенклатуры новые детали, материалы, комплектующие. Конструктор, создав рабочий вариант изделия, оповещает систему, осуществляя импорт предварительного состава изделия. Планово-экономический отдел и начальник цеха совместно со

службой снабжения определяет вид исполнения изделия и его деталей (покупка/производство) на ближайший период времени. PDM-система уведомляет технолога об окончании проектирования изделия. Технолог может использовать уже разработанные, имеющиеся в базе системы ТП. Написав ТП механической обработки, технолог приступает к формированию маршрутов изготовления, детализируя их до выполняемых операций, создавая тем самым сквозные маршруты по различным методам обработки. Затем принимается решение об изготовлении специализированной оснастки. Осуществив КТПП, сотрудники планово-экономического отдела формируют годовую программу выпуска изделий, проверяется нормативная система (вид производства, длительность цикла) и вводится график производства, а также величины заделов и запасов. Затем утверждается объемно-календарное планирование и формируется план потребности в ТМЦ. Далее ведется оценка загрузки и дефицита оборудования. Также оформляются заказы на поставку материалов и инструментов. После выполнения процедур планирования выдается задание цеху, и формируются лимитно-зaborные карты для центрального склада. При наличии требуемых материалов и комплектующих на складе происходит передача ТМЦ в производство по документу «Требование-Накладная».

В данной статье рассмотрен пример реализации структуры данных подготовки производства механообрабатывающего цеха в PDM-системе Teamcenter Manufacturing.

Для построения информационной системы функционирования деятельности предприятия/

цеха использовали Конструктор процессов, предназначенный для моделирования рабочих процессов, маршрутизации документов, реализации схем проведения изменений и утверждения документов.

Структура технологического процесса в Teamcenter включает набор операций, участков, ресурсов, необходимых для выполнения этого процесса. Устанавливается информационная связь между изделием, технологическим процессом и структурой предприятия. Технологическая операция описывается технологическими переходами, называемыми в системе Teamcenter рабочими действиями.

Далее приводится описание процессов технологической подготовки производства, реализуемых в информационной системе:

1. Определить для выбранной детали материал, из которого она будет изготавливаться, параметры и способ получения заготовки. Определить нормы расхода материалов, вспомогательные материалы и нормы их расхода.

2. Разработать управляющую программу для оборудования с ЧПУ.

3. Составить маршрутную карту, привязать средства технологического оснащения к операциям. Определить трудоемкость операций ТП.

4. Разработать операционные карты. Выпуск рабочих инструкций и технологической документации.

5. Спроектировать и изготовить средства технологического оснащения.

Далее в системе Teamcenter создали структурное подразделение виртуального предприятия – механообрабатывающий цех в соответствии с разработанной организационной структурой (рис. 1).

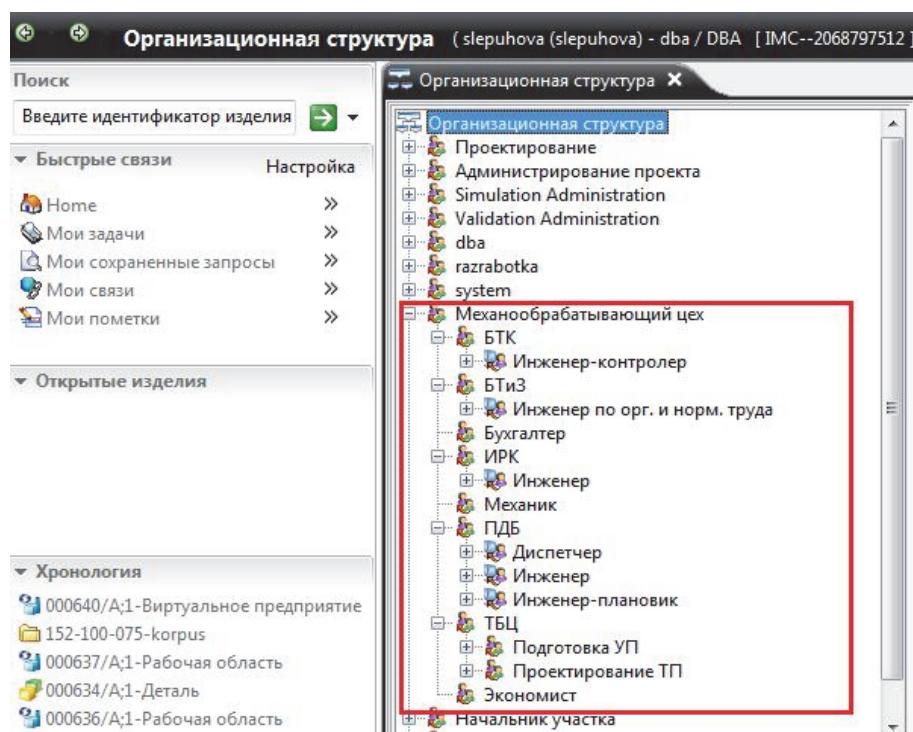


Рис. 1. Организационная структура механообрабатывающего цеха

После создания организационной структуры разработали Workflow моделируемого предприятия с помощью корневых шаблонов.

Был создан процесс, содержащий действия по созданию ТП требуемого изделия «Нипель D065-611». Он содержит четыре основных действия: 1) разработка ТП; 2) корректировка ТП; 3) утверждение ТП; 4) выпуск документации. После выбора шаблонов необходимо переименовать их и создать последовательную связь между этими действиями (рис. 2).

Для шаблона *Разработка техпроцесса* в дереве конструктора процессов, создали подпроцессы (рис. 3): 1. Назначение техпроцесса. Выбор типового ТП из базы Teamcenter или подбор шаблона процесса. 2. Анализ техпроцесса на потребность в нестандартном оборудовании и выбор оборудования также из базы PDM-системы. 3. Проектирование оснастки и инструмента. Инструмент и оснастка выбираются из открытой для технологов и конструкторов базы. 4. Метрологическая подготовка. 5. Расчет норм расхода материалов. 6. Подготовка документации к утверждению. 7. Нормирование времени выполнения операций, расчет расценок. 8. Ввод данных в ИС.

Аналогично были добавлены в систему подпроцессы *Корректировка техпроцесса*: 1. Проперка документов на утверждение. 2. Корректировка техпроцесса. 3. Получение скорректированного техпроцесса. 4. Ввод изменений технологического процесса в ИС; *Выпуск документации*: 1. Анализ замечаний и предложений. 2. Выбор конфигурации оборудования. 3. Расчет потребности в материалах и мощностях (в ИС). 4. Анализ возможности изготовления новой оснастки и инструмента. 5. Формирование заданий на смену в ИС. 6. Изготовление оснастки. 7. Карта наладки. 8. Контроль на соответствие требованиям КТД и НТД.

Также создана Workflow-диаграмма *Формирования сменных заданий*. Началом выполнения данной процедуры является поступление оперативной информации о выполнении сменных заданий. Основным результатом процедуры является сформированные сменные задания (рис. 4). На рис. 4. представлен подпроцесс «Анализ и корректировка графика производства на планируемый период».

Далее в систему Teamcenter приложили структуру разрабатываемого изделия D056-611 (Ниппель) и соответствующие ему наборы данных: рабочий процесс – разработка ТП, 3D-мо-

дель, документы ТПП - карта согласования, технологическое распоряжение, операционные карты, ТП обработки (план обработки), а также тексты программ для ЧПУ (рис. 5).

Благодаря единой платформе управления данными, уже на верхнем уровне описания маршрута, обеспечивается поддержка распределения заданий на технологическую подготовку производства структурным подразделениям, закрепленным за соответствующим цехом и видом работ, автоматизированное распределение прав доступа на подпроцессы для соответствующих технологических подразделений.

Сегодня любое предприятие, в частности применяющее быстро изменяемую номенклатуру, стремится к сокращению цикла разработки и производства изделий. Данную задачу можно решить, применив на этапе КТПП современную PDM систему, которая позволит оперативно управлять данными КТПП.

Система Teamcenter создает упорядоченную структуру технологического процесса, задает необходимые для оформления технологического процесса атрибуты и наборы данных, осуществляет формирование отчетов по стандартам предприятия и обеспечивает удобный поиск объектов.

Следует также отметить, что в процессе создания ТП изделия была необходимость добавления состава изделия из базы, не принадлежащей Teamcenter. После импорта состава изделия в Teamcenter получили автоматически генерированные спецификации.

Интеграция CAD/CAM и PDM-системы позволила сократить время на ТПП изделия D065-611 за счет организации автоматизированной подготовки данных для проектирования технологического процесса на 47 % и понизить стоимость запуска изделия в производство в 1,5 раза. Автоматизация, в свою очередь, определялась распараллеливанием работ служб (сотрудников) технологической подготовки цеха, возможностью использования шаблонов и типовых ТП, workflow, формированием базы данных инструментов, оборудования, оснастки с соответствующей технологической документацией и использованием этих баз при проектировании ТП других изделий цеха, сокращением расходов на хранение комплектующих и материалов, а так же исключение простоев производства из-за отсутствия необходимых материалов и комплектующих.

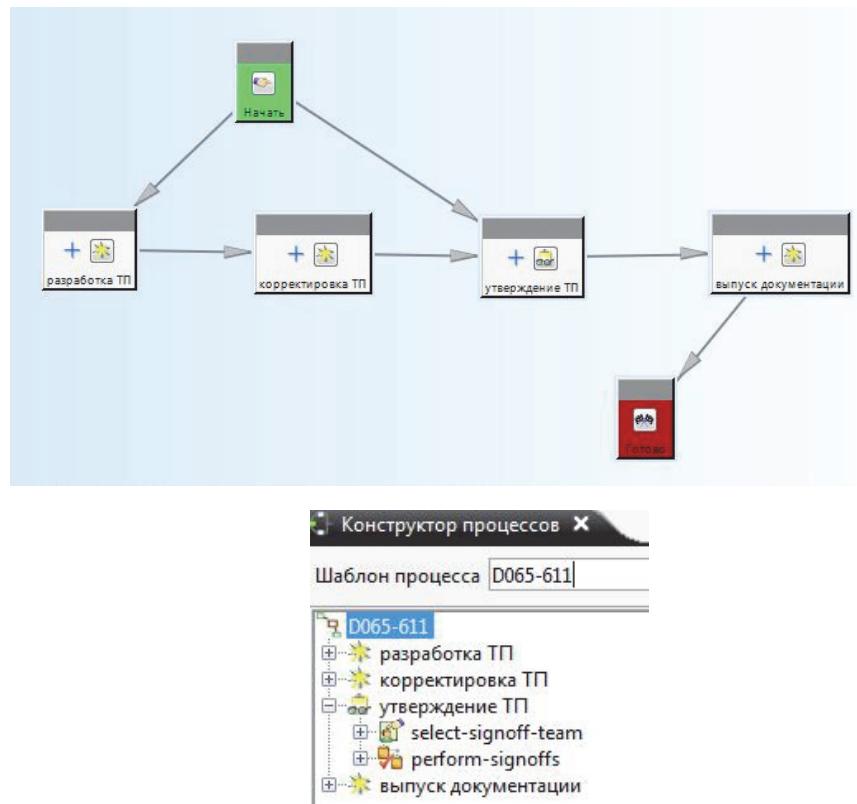


Рис. 2. Создание шаблонов Workflow

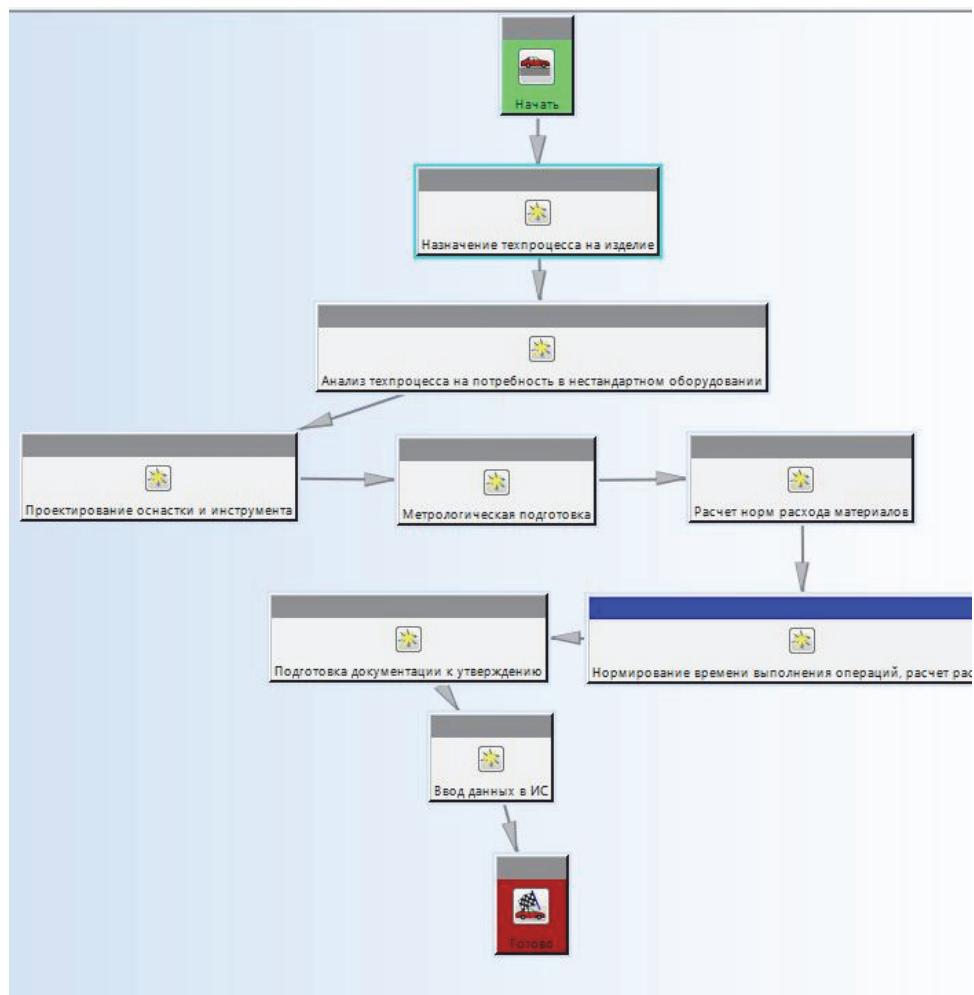
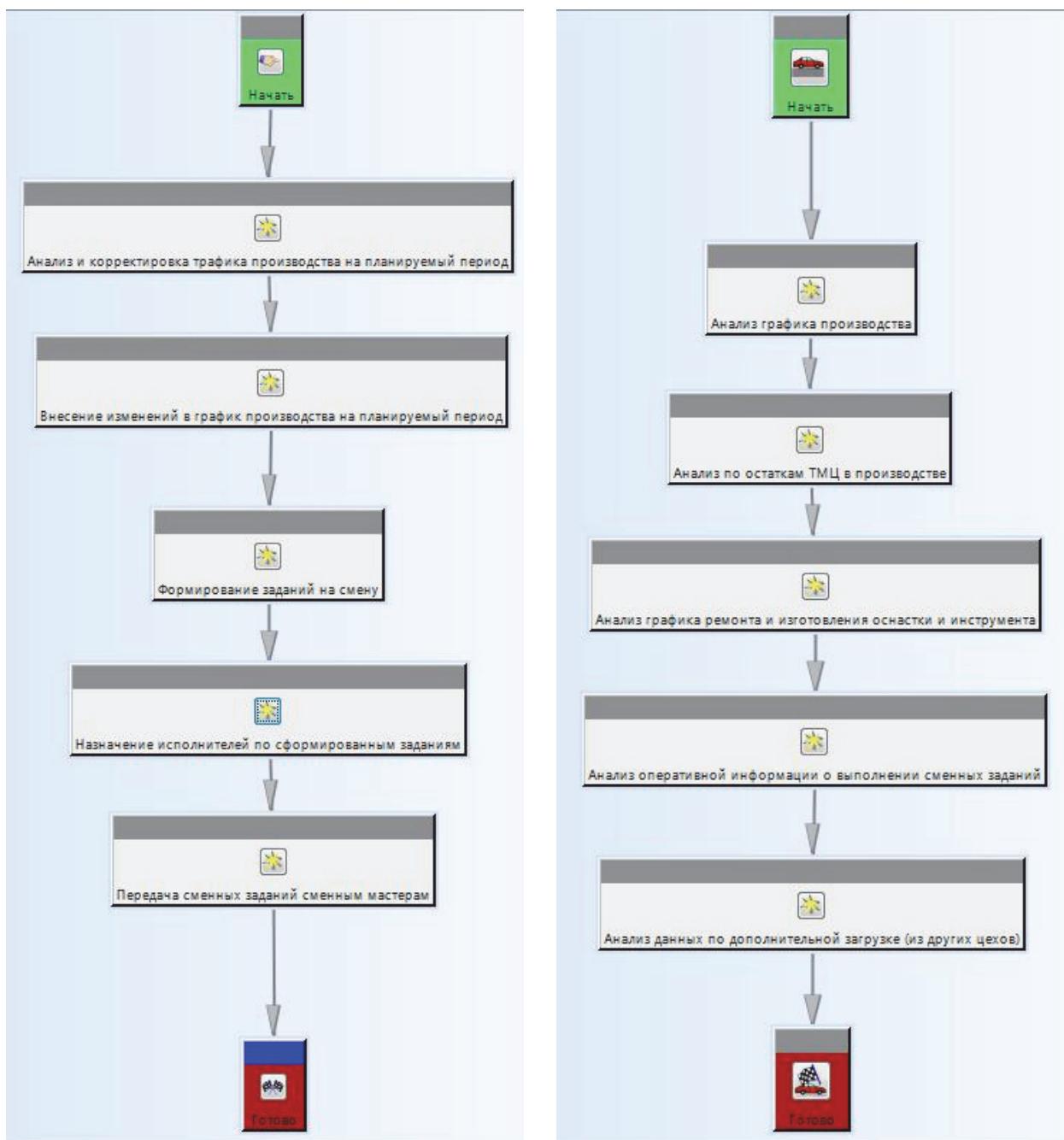
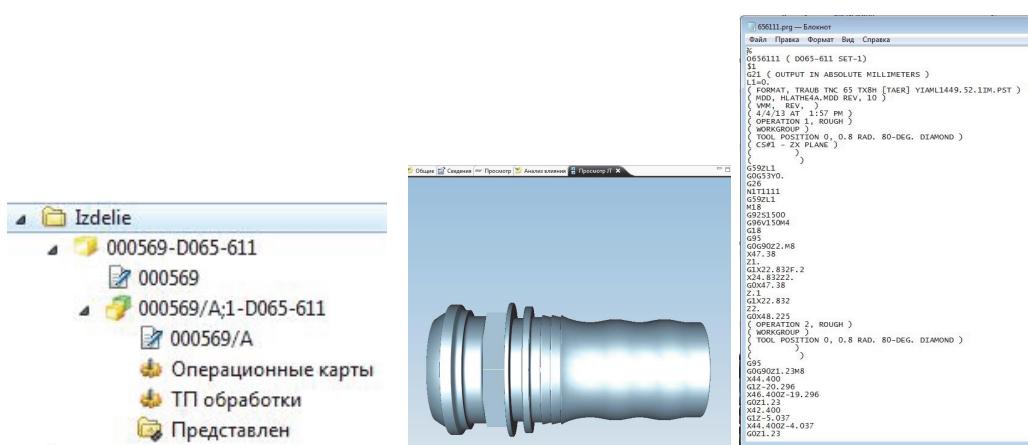


Рис. 3. Процесс «Разработка ТП»



**Рис. 4.** Процесс «Разработка ТП»  
и подпроцесс «Анализ и корректировка производства на планируемый период»



**Рис. 5.** Изделие D065-611

## **PREPRODUCTION ORGANIZATION WITH PDM-SYSTEM TEAMCENTER**

© 2013 V.G. Smelov, V.V. Kokareva, A.N. Malyhin, O.N. Malyhina

Samara State Aerospace University named after Academician S. P. Korolyov  
(National Research University)

In this article we described a solution to the quick and efficient organization of design-engineering preproduction by PDM-system. We given an example of creating an machining workshop information environment in the system Teamcenter.

Key words: design-engineering preproduction, atomization, workflow, machining workshop, PDM-system

---

*Vitaly Smelov, Candidate of Technics, Associate Professor at the Aircraft Engines Production Department, Head at the Laboratory of Additive Technology. E-mail: pdla\_smelov@mail.ru*  
*Victoria Kokareva, Graduate Student, Engineer at the Aircraft Engines Production Department. E-mail: charming\_carrot@mail.ru*  
*Andrey Malihin, Magister at the Aircraft Engines Production Department E-mail: 19891104@bk.ru*  
*Olga Malyhina, at the Aircraft Engines Production Department. E-mail: olja.malykhina@rambler.ru*