

КОНЦЕПЦИЯ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ И ПРОИЗВОДСТВА НАУКОЕМКИХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ИХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ФГУП "НПЦ ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ "САЛЮТ"

ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют":
Валерий Александрович Поклад, главный инженер, к.т.н.
Дмитрий Николаевич Елисеев, директор по информационным технологиям, к.т.н.
Дмитрий Михайлович Забельян, главный технолог
Михаил Владимирович Туркин, начальник бюро, к.т.н.
МГТУ "Станкин":
Юрий Алексеевич Максин, директор НПЦ "СИТЕП", к.т.н.

Излагаются результаты выполнения НИОКР по реструктуризации конструкторско-технологической подготовки и производства наукоемких предприятий по аналогии с мировыми лидерами авиадвигателестроения. Предлагается переход на двухуровневую систему конструкторско-технологической подготовки и модульное построение производства с освоением комплекса необходимых систем для повышения эффективности и конкурентоспособности российских машиностроительных предприятий.

This paper describes the results of several research projects in the field of structural optimization of the preproduction procedures and production system architecture of aerospace factories based on operational practices of world leading manufacturers of aircraft engines. The developed methodology makes it possible to improve the competitiveness of Russian machine building factories by means of technology focused production modules with layout based on material flow and a two stage preproduction process.

Ключевые слова: реструктуризация, конструкторско-технологическая подготовка производства, база знаний, производственные модули, программно-методическое обеспечение, CALS-технологии.

Keywords: restructuring, preproduction processes, technological knowledge base, production module, production system methodology, CALS – technologies.

Современный авиационный газотурбинный двигатель (ГТД) является наукоемким высокотехнологичным продуктом, которому нет аналогов по уровню напряжений и тепловому состоянию деталей среди других изделий машиностроения.

В жизненном цикле ГТД особое место занимает конструкторско-технологическая подготовка производства (КТПП) - совокупность мероприятий, обеспечивающих наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации, а также средств технологического оснащения (СТО), необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями. Трудоемкость КТПП такого сложного и наукоемкого изделия, как газотурбинный двигатель составляет более половины трудоемкости всей технической подготовки, в которую входит так же календарное планирование производственного процесса [1].

Основными функциями технологической подготовки производства (ТПП) являются: обеспечение технологичности конструкции изделия (ТКИ); разработка технологических процессов (ТП); выбор и заказ или проектирование и изготовление СТО; организация и управление процессом ТПП.

Достижение основной цели ТПП - обеспечение высокой эффективности производства, требует применения следующих принципов: стандартизации форм документов; унификации технико-экономической информации; автоматизации решения задач ТПП; моделирования системы ТПП.

На основе этих принципов разрабатываются государственные стандарты единой системы ТПП (ЕСТПП), ЕСКД, ЕСТД, отраслевые стандарты и стандарты предприятий (СТП) [1].

Наличие эффективной системы ТПП является необходимым условием сокращения сроков создания конкурентоспособной научно-технической продукции газотурбостроения.

В настоящее время на большинстве предприятий машиностроения РФ, выпускающих сложную наукоемкую продукцию, используется многоуровневая структура подготовки производств на

основе технологических бюро цехов (ТБЦ), сложившаяся в 50-е годы прошлого столетия (рис. 1). Эта структура по своим технико-экономическим показателям и эффективности не соответствует рыночной экономике и возможности современных информационных технологий поддержки жизненного цикла изделия использует не в полной мере. Это положение подтверждается и тем, что оснащение ТБЦ системами автоматизированного проектирования технологических процессов, не привело к существенному сокращению численности технологов и продолжительности цикла КТПП, к сокращению ресурсоемкости производства.

В советский период предприятия ОПК конкурировали с западными аналогами исключительно по уровню тактико-технических характеристик военной техники. Затраты ресурсов на производство вооружения (металла, энергии и труда) не имели существенного значения. Кроме того, стоимость этих ресурсов была в 3, 5 и 10 раз, соответственно, меньше, чем в западных странах.

С переходом к рыночной экономике и вхождением в ВТО ситуация в корне изменилась: стоимость металла и энергии практически сравнялись с западными странами, а разрыв в стоимости трудовых ресурсов сократился до 3-5 раз.

Различие в структуре КТПП и производства является одной из главных причин недостаточной конкурентоспособности сложных наукоемких предприятий РФ по стоимости изделий и эффективности производства.

Анализ показывает, что с точки зрения функциональности многие технологические бюро не обоснованно выделены в отдельные подразделения. Это, прежде всего, касается бюро маршрутных технологий (БМТ), которое при столь многообещающем названии фактически выполняет только одну функцию - распределение нагрузки между ТБЦ в виде ведомости технологических маршрутов (расцеховок) в зависимости от специализации цехов. В то же время на ТБЦ, рассредоточенные по всей территории Предприятия, ложится основная нагрузка по разработке операционных технологий, оформлению ТЗ и заказов на оснастку, по информацион-

но-технологической поддержке освоения новых техпроцессов и оперативной их коррекции в случае необходимости.

Такая организационная структура КТПП в виде нескольких десятков бюро со средней численностью 10-12 специалистов в каждом неизбежно приводит к многократно завышенной общей численности технологов, снижению управляемости, потере времени на стыках, к необходимости проведения планерок для согласования работ.

При существующей организационной структуре КТПП стоимость изготовления деталей изделия формируется только в конце цикла КТПП, что не позволяет в процессе проектирования технологического процесса выполнять оптимизацию по показателям ресурсоёмкости.

При такой восьмиуровневой распределённой по цехам организационной структуре КТПП цикл подготовки производства в среднем составляет 12-18 месяцев, что, как минимум, в 3 раза больше, чем у мировых лидеров авиадвигателестроения.

Начиная с 2005 г. совместно с МГТУ "Станкин" на ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" выполнялись НИОКР по созданию методического и программного обеспечения с целью приведения структуры КТПП в соответствие с мировым уровнем.

В рамках проекта "АСУ ТПП" (заказчик Минпромторг РФ) создана опытно-промышленная версия программно-методического комплекса обеспечения технологической подготовки производства и сформулирована Концепция реструктуризации КТ ПП и производства Предприятия, в основе которой:

- ориентация на уровень мировых лидеров авиадвигателестроения Pratt&Whitney и Rolls Royce в части организации конструкторско-технологической подготовки и модульного построения производства;
- получившая мировое признание методология "Бережливое производство" [4];
- CALS-технология в части декомпозиции производства на технологические этапы жизненного цикла изделия;

- создание первой версии конструкторско-технологической базы знаний предприятия в сочетании с высокоэффективным российским программно-методическим комплексом обеспечения автоматизации технологической подготовки производства и трехмерного моделирования T-FLEX CAD.

На указанных зарубежных предприятиях в 90-е годы выполнен огромный объем НИОКР по реализации методики ресурсосбережения и повышения эффективности производства и эта работа интенсивно продолжается [4].

Эффективность интеграции конструирования и технологического проектирования подтверждается так же достижениями отечественного машиностроения в этой области.

В 1980-е годы выдающийся главный конструктор - директор Ивановского станкозавода В.П. Кабаидзе поставил задачу кардинально сократить цикл проектирования и изготовления станков на заводе. Первое, что он сделал - это объединил конструкторов и технологов в единое конструкторско-технологическое бюро. Благодаря новой структуре КТПП проектирование технологий и литейных моделей для изготовления базовых деталей станков начиналось на стадии их эскизного проектирования и оперативно решались вопросы технологичности. Кроме того, изготовление оснастки и деталей станков было полностью переведено на станки с ЧПУ.

В результате этих мер цикл проектирования и изготовления принципиально нового известного станка ИР-320 с наклонным револьверным магазином составил 6 месяцев вместо принятых тогда в отрасли 3-4 лет, что было рекордным даже для японского станкостроения.

В проекте "Компьютерно-интегрированное производство бытовой техники и электродвигателей на ЗВИ" (проект КИП ЗВИ) ГНТП "Технологии, машины и производства будущего" (организации-исполнители: МГТУ "Станкин" и АО "ЗВИ") была создана компьютерно-интегрированная система КТПП специальных асинхронных электродвигателей для судостроения.

Благодаря автоматизации конструкторско-технологической

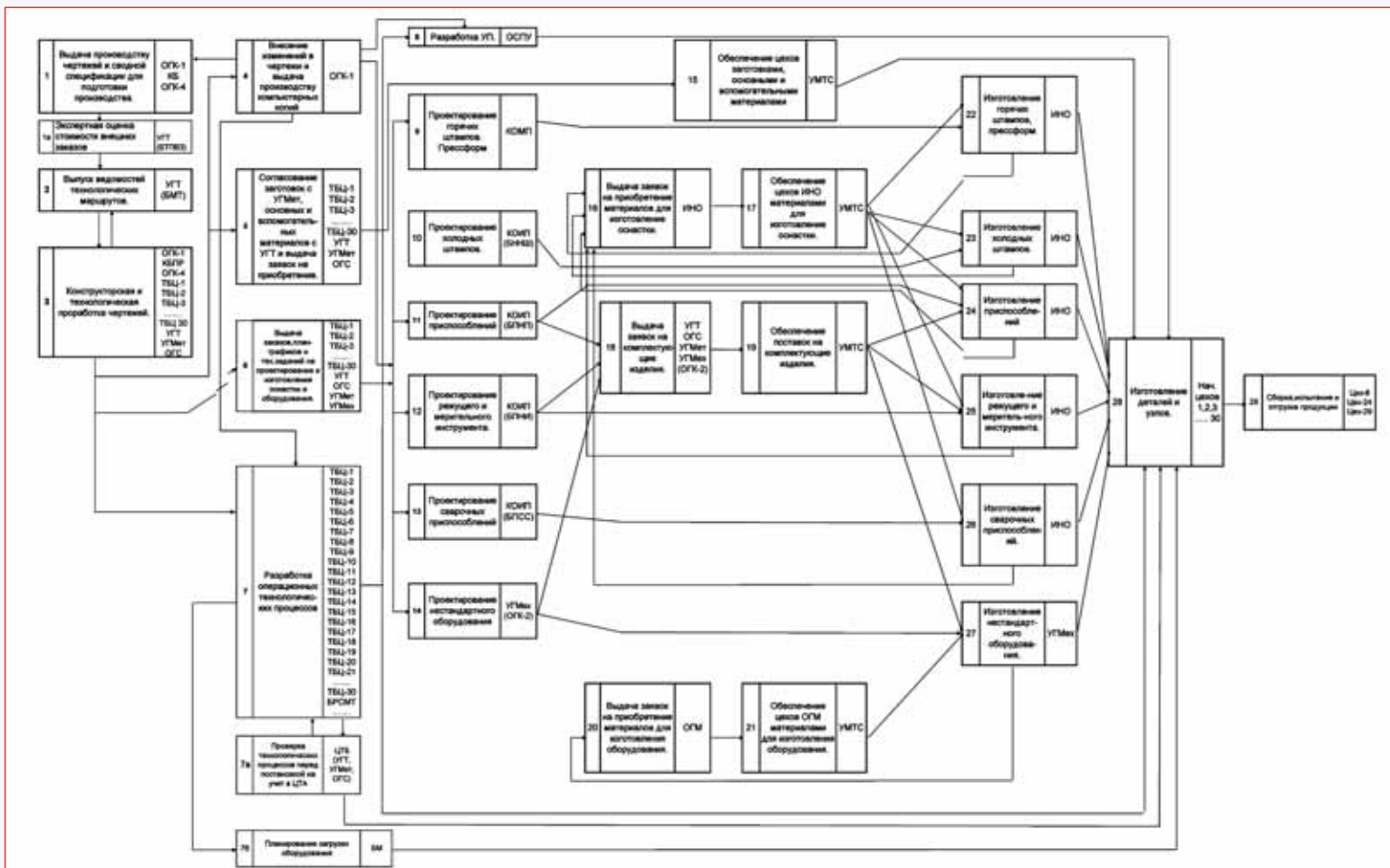


Рис. 1. Общепринятая структура конструкторско-технологической подготовки производства наукоёмких машиностроительных предприятий

подготовки производства, объединению конструкторов и технологов в единое конструкторско-технологическое бюро, применению новых техпроцессов лазерной вырезки пластин ротора и статора, послойному синтезу статора, совмещенного конструктивно с корпусом, применению штампо-сварных деталей вместо литых и т.д. численность конструкторов и технологов была сокращена с 45 до 9 штатных единиц, а срок изготовления заказов на специальные электродвигатели для судостроения мощностью 160...400 кВт партиями по 5-10 шт. был сокращен с 2-3 лет до 2 месяцев.

В соответствии с изложенным в Концепции сформулированы цель и задачи, которые можно решить реструктуризацией КТПП и производства.

Цель реструктуризации КТПП и производства - повышение конкурентоспособности предприятия путем сокращения времени цикла КТПП и благодаря ресурсосбережению, а также кооперация в рамках Объединенной двигателестроительной компании (УК "ОДК").

Задачи:

- создание возможности изначально проектировать сквозные заводские маршрутно-операционные технологические процессы (ТП) вместо ведомости маршрутов (расцеховок) по аналогии с Pratt&Whitney и Rolls Royce;

- создание возможности объединения конструкторов и системных технологов в конструкторско-технологическое бюро для параллельного проектирования ГТД и маршрутно-операционных ТП (включая создание управляющих программ для станков с ЧПУ), как на P&W и RR (рис. 2);

- обеспечение технологичности изделия и оптимизация структуры маршрутно-операционных ТП по технико-экономическим данным (ТЭД);

- сокращение сроков конструкторско-технологической подготовки производства и повышение эффективности проектирования в 2-3 раза;

- автоматизация выбора комплектов СТО, конструирования и подготовки инструментального производства на основе сквозной конструкторско-технологической параметризации и типовых конструктивных элементов (КЭ);

- создание возможности экспертно-проектной оценки стоимости изделия на ранних стадиях проектирования для участия в тендерах и оценки стоимости внешних заказов;

- снижение ресурсоемкости производства путем освоения методики "Бережливого производства", разработанного программно-методического обеспечения технологической подготовки производства и прорывных ресурсосберегающих технологий.

Организацией инструментального производства в качестве единого производственного модуля на ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" создана уникальная возможность апробировать Концепцию, довести до полного освоения программно-методическое обеспечение и созданные подсистемы проекта на относительно обособленном крупном мелкосерийном производстве в общей информационно-технологической среде Предприятия (рис. 2).

Благодаря этому, есть возможность тщательно протестировать и доработать программно-методическое обеспечение проекта без риска для основного производства и приступить к решению двух главных проблем модернизации КТПП:

1. Московские технологические вузы в настоящее время не готовят системных технологов, необходимых для проектирования сквозных общезаводских маршрутно-операционных ТП. Эта задача может быть решена совместно МГТУ "Станкин", МАТИ и ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" в течение двух лет на основе опыта подго-

товки студентов-стажеров в совместном Научно-образовательном центре [5] и учебного плана подготовки системных технологов Кембриджским университетом (Великобритания) для корпорации Rolls Royce [6].

2. Системные технологи достаточно быстро и эффективно смогут разрабатывать заводские маршрутно-операционные ТП только в том случае, если они будут оснащены всеобъемлющей конструкторско-технологической базой знаний, включающей БД типовых технологий-аналогов, технологического оборудования, БД прототипов технологической оснастки, справочников материалов, режимов резания, нормирования и т. д. Определенное представление о трудоемкости разработки необходимой конструкторско-технологической базы знаний могут дать численные значения её основных составляющих:

- 12-15 тысяч типовых алгоритмизированных общезаводских маршрутно-операционных ТП с полным набором технико-экономических данных (ТЭД);

- 6 тысяч единиц технологического оборудования, установленного на Предприятии, с подробной структурированной технической характеристикой;

- около 500 тысяч прототипов средств технологического оснащения (СТО).

За последние шесть лет коллективом специалистов МГТУ "Станкин" и ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" выполнен большой объем НИОКР по структуризации конструкторско-технологических знаний на основе классификаторов и созданного программно-методического комплекса для обеспечения оперативного поиска информации и проектирования ТП и СТО. Однако степень уже выполненного наполнения конструкторско-технологической базы знаний еще незначительна для полного перехода на проектирование сквозных маршрутно-операционных ТП. В то же время, имеющийся опыт привлечения к этой НИОКР студентов-стажеров в рамках совместного Научно-образовательного центра (НОЦ) позволяет утверждать, что эту задачу можно решить при финансировании в 5-6 раз меньше и по срокам в 2 раза быстрее, чем это потребовалось Pratt&Whitney в 90-е годы прошлого столетия. Следует также отметить, что созданная конструкторско-технологическая база знаний может быть использована другими предприятиями УК "ОДК" для повышения их конкурентоспособности.

Актуальность вопроса определяется еще и тем, что по мнению ведущих специалистов предприятия на решение этих двух проблем отведено не более 5 лет. Если в течение этого срока не будет подготовлена смена высококвалифицированных системных технологов и не будет создана достаточная по объему конструкторско-технологическая база знаний, то при смене поколений

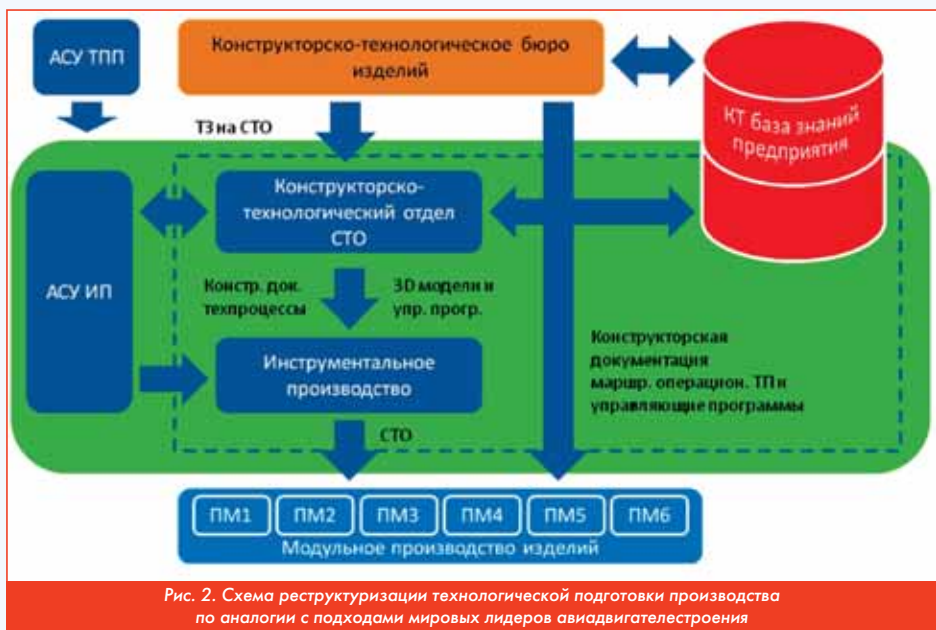


Рис. 2. Схема реструктуризации технологической подготовки производства по аналогии с подходами мировых лидеров авиадвигателестроения

специалистов-технологов, которая сейчас происходит, эти знания и опыт будут безвозвратно потеряны.

Положительный эффект от модернизации КТ ПП может быть достигнут в полной мере в сочетании с реструктуризацией основного производства на основе его модульного построения вместо цехового по аналогии с Pratt&Whitney и Rolls Royce (рис. 2). Основой для такого построения производства служит конструкторско-технологическое подобие элементов двигателя и CALS-технологии.

Специализация каждого из производственных модулей (ПМ) определяется номенклатурой производимых в нем детально сборочных единиц (ДСЕ), которые в свою очередь подбираются по принципу технологического подобия и схожести служебного назначения.

Организация производства в каждом из ПМ построена по принципу производственных ячеек (ПЯ). Каждая из ПЯ представляет собой участок замкнутого производственного цикла, в котором технологическое оборудование расположено по ходу технологического процесса. Расположение оборудования по видам обработки согласно маршрутно-операционным технологическим процессам резко сокращает грузопотоки и обеспечивает кратчайшие пути прохождения ДСЕ через все этапы производственного цикла, что в свою очередь уменьшает объемы незавершенного производства (НЗП) и увеличивает коэффициент загрузки оборудования.

Повышенная гибкость в номенклатуре ДСЕ, выпускаемых каждой отдельно взятой ПЯ, достигается применением производственно-технологической цепочки, выстроенной с использованием принципов групповой технологии, а также благодаря системе быстрой перенастройки оборудования между производимыми партиями.

Данная архитектура производственного процесса резко сокращает продолжительность цикла изготовления изделий уменьшением потерь при транспортировке, удалением дублирующих операций (основных и вспомогательных) и упрощением планирования и управления производством.

Таким образом, становится возможным административное разделение типов производств на самостоятельные модули, каждый из которых поставляет законченные ДСЕ на основной ПМ общей сборки, что позволяет выстроить эффективную систему управления, в которой каждый из модулей имеет руководителя, полностью отвечающего за поставку ДСЕ точно в срок с обеспечением требуемого качества.

CALS-технология в свою очередь ограничивает количество ПМ, число основных из которых не должно быть более семи, плюс ограниченное число вспомогательных производств.

В рамках двигателестроения примерами основных ПМ может служить производство компрессорных лопаток, производство дисков и валов, а примером вспомогательного ПМ может служить инструментальное производство.

В связи с объединением отечественных двигателестроительных предприятий и планируемым вхождением ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют" в УК "ОДК" подобная модульная реструктуризация производства может быть полезной в связи с тем, что ПМ выполняют роль центров компетенции и являются относитель-

но самостоятельными в хозяйственном отношении производственными единицами, располагаясь территориально в разных регионах, как это имеет место на Rolls Royce Plc.

В заключении можно перечислить основные преимущества, которые могут быть получены в результате предлагаемой реструктуризации КТ ПП и производства на ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют":

- сокращение сроков технологической подготовки производства в 2-3 раза и численности технологов в 3-5 раз, повышение конкурентоспособности предприятия;
- снижение ресурсоемкости производства на 10...12% благодаря оптимизации общезаводских маршрутно-операционных техпроцессов и повышения технологичности изделий;
- освоение экспертно-проектной экспресс-оценки стоимости изделий на ранних стадиях проектирования для участия в тендерах и оценки стоимости внешних заказов;
- повышение объема выпуска на одного работающего в 1,5...2 раза за счет освоения методики "Бережливое производство" и созданного программно-методического обеспечения в сочетании с графической системой T-FLEX CAD;
- обеспечение преемственности поколений конструкторов и технологов путем создания единой конструкторско-технологической базы знаний и оперативного доступа к информации;
- создание российского программно-методического обеспечения и конструкторско-технологической базы знаний производства ГТД для предприятий УК "ОДК" с затратами в 5-6 раз меньше в сравнении с западными аналогами;
- возможность отработать методику перехода с цехового на модульный принцип организации производства и создания производственных ячеек.

Литература

1. Поклад В.А., Кузнецов И.И. Автоматизированная система технологической подготовки производства газотурбинных двигателей. //Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение. М.: ОАО "НИЦ АСК", 2008, С 331-345.
2. СТП 778.14.628-2005 Организация работ по подготовке и освоению производства новых (модифицированных) изделий. ФГУП "ММПП "Салют", 2005-25с.
3. СТП 778.14.748-2007. Календарно-сетевое планирование подготовки производства и изготовления первых образцов новых (модифицированных) изделий. ФГУП "ММПП "Салют", 2007.-20с.
4. Д. Вумек, Д. Джонс. "Бережливое производство". - М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. - 470с.
5. Положение о Научно-образовательном центре "Компьютерные системы технологической подготовки производства и высокоэффективные технологии обработки" МГТУ "Станкин" и ФГУП "ММПП "Салют". 2008 - 5с.
6. Учебный план Кембриджского Университета (Великобритания). Специальность "Технология машиностроения". - 3с.

Связь с автором: yu.maksin@stankin.ru

