

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

“УТВЕРЖДАЮ”

Заведующий ОПКВК



В.П. Драгунов

февраль 2023 г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по специальности

**2.5.13 Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация
летательных аппаратов**

Новосибирск, 2023

Программа обсуждена на заседании ученого совета факультета летательных аппаратов, протокол № 1 от 31 января 2023г.

Программу разработал:

Н.В. Курлаев д.т.н., проф. Н.В. Курлаев

Ответственный за основную

образовательную программу:

Н.В. Курлаев д.т.н., проф. Н.В. Курлаев

Декан ФЛА

Д.А. Чинахов д.т.н., доцент Д.А. Чинахов

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: прочность летательных аппаратов, аэродинамика; проектирование летательных аппаратов, теория надежности; технология производства летательных аппаратов; конструкция летательных аппаратов.

1. Процессы изготовления деталей самолетов и вертолетов

1.1 Основы технологии производства самолетов и вертолетов

1.1.1 Общие сведения о технологии производства. Основные понятия и определения. ЛА как объект производства. Последовательность изготовления ЛА. Схема авиационного производства, производственные подразделения и технические службы предприятия. Структурные составляющие технологии - методы и средства производства. Особенности авиастроения. Процессы производства, их квалификация. Содержание понятий «производственный процесс» и «технологический процесс». Структурные составляющие технологического процесса (операция, установ, переход, проход). Факторы, влияющие на структуру технологического процесса. Объем производства и программа выпуска изделий. Типы производства и их технологические признаки. Влияние типа производства на структуру технологического процесса. Основные задачи технологии: обеспечение высокого качества изделий; обеспечение экономической эффективности производства (высокой производительности труда, низкой себестоимости и эффективности капитальных вложений).

1.1.2 Оценка и технологическое обеспечение качества летательных аппаратов. Показатели качества (ГОСТ 15467-79) изделия и его комплексная оценка. Технологические показатели качества: взаимозаменяемость, точность, технологичность. Критерии оценки технологичности (ГОСТ 14.202-204, ГОСТ 18831-73). Основные и дополнительные показатели технологичности. Количественная оценка технологичности и сравнение конкурирующих

вариантов. Обработка технологичности как важнейшая составная часть технологической подготовки производства. Отработка технологичности на этапах эскизного, технического и рабочего проектирования, на этапах изготовления опытных образцов и серийно выпускаемых машин. Содержание и особенности отработки технологичности деталей и сборочных единиц. Общие технологические требования к ЛА.

1.1.3 Плазово-шаблонный метод и его развитие. Способы задания поверхностей агрегатов (каркасный и кинематический способы). Теоретические чертежи агрегатов. Координатные плоскости ЛА и его агрегатов. Аналитическое задание поверхностей (радиусографический метод, кривые второго порядка, сплайны). Построение теоретического плаза. Основные шаблоны и увязка конструкции внутри поперечных сечений агрегата. ШКК и конструктивный плаз; области их применения и сравнительные оценки по трудоемкости изготовления и обеспечиваемой точности увязки. Рабочие, стапельные и эталонные шаблоны. Назначение шаблонов. Примеры детального, узлового и агрегатного комплектов шаблонов. Виды технологических отверстий в шаблонах и их назначение. Типовые элементы деталей формы и их обозначение на шаблонах (борт, малка, рифт, подсечка и т.п.). Развитие плазово-шаблонного метода. Плазово-шаблонный метод. Стыковка эталонов. Макет поверхности, частичный эталон поверхности, монтажный эталон, контрэталон. Сlepки и контрслепки при изготовлении технологической оснастки. Плазово-шаблонно-инструментальный метод. Инструментальный стенд и плаз-кондуктор.

1.1.4 Расчетно-плазовый метод обеспечения взаимозаменяемости. Метод бесплазовой увязки. Перспективы внедрения независимого образования форм и размеров сопрягаемых элементов конструкции на основе аналитического задания обводов и изготовления технологической оснастки на станках с ЧПУ. Способы аналитического задания обводов поверхностей агрегатов самолетов.

1.2 Технологическая подготовка производства

1.2.1 Подготовка серийного производства. Общая характеристика периода подготовки производства. Основные направления подготовки

производства: конструкторская, организационная, технологическая; объем и содержание работ каждого направления. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), ее содержание и структура. Стандартизация как действенное средство снижения стоимости и сроков подготовки производства, роль стандартизации элементов изделия и оснастки, комплексной и опережающей стандартизации и оптимизации подготовки производства. Принципы автоматизации технологической подготовки производства, применение ЭВМ для автоматизации разработки и проектирования технологических процессов и технологической оснастки, автоматизации экономических и организационных расчетов.

1.2.2 Оработка технологичности деталей ЛА Оработка технологичности как важнейшая составная часть технологической подготовки производства. Оработка технологичности на этапах эскизного, технического и рабочего проектирования, на этапах изготовления опытных образцов и серийных самолетов. Содержание и особенности технологичности деталей и сборочных единиц.

1.3 Процессы изготовления тонкостенных деталей ЛА методами пластического формообразования

1.3.1 Общая характеристика заготовительно-штамповочных работ (ЗШР). Место и удельный объем ЗШР в авиастроении. Сравнительная характеристика метода пластического формообразования с другими методами изготовления деталей (КИМ, производительность, возможность механизации и т.д.). Основные технологические операции, применяемая оснастка и оборудование. Средства механизации, применяемые для подачи материала или штучных заготовок в рабочую зону штамповки. Обеспечение безопасности при выполнении ЗШР: ограждение опасных зон, системы блокировки, индивидуальные средства защиты.

1.3.2 Классификация и характеристика тонкостенных деталей самолета и процессов их изготовления. Конструктивно-технологическая характеристика и классификация тонкостенных деталей из листов, профилей, труб и монолитных

панелей. Объем и относительная трудоемкость заготовительно-штамповочного производства, тенденция его развития и основные направления технологического прогресса. Конструкционные материалы, используемые для изготовления тонкостенных деталей. Механические и технологические свойства высокопрочных цветных и титановых металлов и сплавов, жаропрочных сталей; композиционных материалов; область их применения. Классификация процессов формообразования деталей без удаления материала, их характеристика по точности, производительности, экономичности и экологичности. Взаимозаменяемость и направление в развитии технологии производства и конструкции самолетов.

1.3.3 Основные закономерности пластической деформации металлов. Пластическая деформация металла - основа формообразования тонкостенных деталей без удаления материала. Основные технологические операции пластического формообразования, их характеристика и схема напряженно-деформированного состояния.

1.3.4 Способы и средства изготовления плоских деталей и заготовок. Изготовление плоских деталей и заготовок из листового металла. Классификация и характеристика плоских деталей. Классификация процессов раскроя. Рациональные схемы раскроя и максимальное использование материала. Индивидуальный и групповой раскрой, раскройные карты; оптимизация схем раскроя с использованием ЭВМ. Механизм деформирования при раскрое; определение сил и технологических параметров. Раскрой на ножницах. Схема процесса, физическая сущность, оборудование и инструмент. Особенности процесса раскроя на гильотинных, роликовых, вибрационных ножницах. Точность процесса и область применения. Механизация процессов резки.

1.3.5 Способы и средства формообразования деталей одинарной кривизны и методы расчета технологических параметров. Гибка деталей из листового металла. Способы гибки: свободная гибка в универсальных штампах и гибка в инструментальных штампах. Основные явления, сопровождающие

процесс: искажение поперечного сечения, пружинение, образование трещин на кромках и т.д. Основные вопросы, решаемые при проектировании процессов гибки: расчет оснастки с учетом обратного пружинения, расчет длины заготовки, определение количества переходов и промежуточных термообработок, расчет усилий гибки. Типы штампов. Конструктивные и технологические расчеты их. Точность процесса. Область применения. Технологические требования к конструкции деталей. Оборудование. Механизация и автоматизация процессов изготовления деталей методами гибки. Гибка-прокатка из листового металла цилиндрических и конических деталей, постоянной и переменной кривизны в сечениях, на ГКЛ между тремя валками. Типы деталей и способы их изготовления. Гибка-прокатка между двумя валками, с эластичным покрытием одного вала на гибочных машинах ЛГМЭ.

1.3.6 Формообразование деталей из профилей. Классификация деталей из профилей и тонкостенных труб. Способы формообразования деталей из профилей (изгиб с растяжением, гибка-прокатка, гибка намоткой, гибка втапливанием в фильер, гибка-раскатка и др.). Положение нейтрального слоя при чистом изгибе профилей; расчет изгибающего момента. Виды нагружения (Р-И, Р-И-Р, И-Р). Расчет пружинения. Особенности формообразования деталей из несимметричных профилей.

1.3.7 Формообразование полых деталей. Вытяжка деталей без утонения из листового металла в инструментальных штампах. Схема процесса.

1.3.8 Формообразование крупногабаритных листовых деталей на обтяжных прессах.

1.3.9 Формообразование осесимметричных тонкостенных деталей объемным деформированием. Формообразование осесимметричных тонкостенных деталей путем объемной деформации. Характеристика объектов изготовления и способов формообразования.

1.3.10 Упрочнение и формообразование деталей поверхностным пластическим деформированием. Деформирование поверхностных слоев. Назначение и характеристика процессов.

1.3.11 Высокоскоростные методы штамповки тонкостенных деталей. Высокоскоростные методы штамповки, их характеристика и область применения. Скорость деформации и скорость деформирования.

1.3.12 Формообразование деталей в условиях сверхпластичности. Формообразование в условиях сверхпластичности. Характеристика явления сверхпластичности.

1.3.13 Методика проектирования процессов изготовления тонкостенных деталей. Технологические процессы на типовые детали. Общая методика и автоматизация проектирования технологических процессов заготовительно-штамповочного производства. Классификация и кодирование деталей; типизация и стандартизация технологических процессов и операций. Нормализация и универсализация технологической оснастки. Алгоритм технологического проектирования. Типовые технологические процессы изготовления основных видов тонкостенных деталей в условиях серийного производства. Технологическая документация.

2. Сборка, монтаж, испытания самолетов

2.1 Введение в технологию сборки летательных аппаратов

2.1.1 Назначения и объем сборочных работ в самолетостроении. Основные факторы, определяющих специфику сборочных работ.

2.1.2 Основные понятия и определения. Конструктивное, технологическое, эксплуатационное членение планера. Сборочные единицы: узел, панель, секция, отсек, агрегат. Понятие о пространственной взаимосвязи элементов конструкции.

2.2.1 Методы задания допусков на геометрические параметры. Требования по точности, предъявляемые к планеру летательного аппарата. Требования по качеству внешней поверхности. Допустимые отклонения от заданного теоретического контура.

2.2.2 Требования к волнистости, шероховатости и выступающим в поток деталям планера. Общие требования. Допуски на геометрические размеры агрегатов и расположение деталей каркаса. Допуски на размеры агрегатов.

2.2.3 Требования к взаимному расположению агрегатов самолета и вертолета. Специальные требования по точности.

2.3 Базирование при сборке

2.3.1 Сборочные базы, схемы базирования. Конструкторская база. Технологическая база. Установочная база. Схема базирования.

2.3.2. Рекомендации по выбору технологических баз. Правило совмещения конструкторских и технологических баз. Правило единства и постоянства баз. Правило компенсации при базировании. Правило разъемов и стыков. Правило жесткой детали.

2.4 Методы сборки и структура погрешностей

2.4.1 Точность изготовления сборочной единицы. Методы сборки. Сборка без приспособления. Сборка по базовой детали. Сборка по сборочным отверстиям (СО). Сборка по разметке.

2.4.2 Сборка в приспособлениях. Сборка с базой на наружную поверхность обшивки. Сборка с базой на внутреннюю поверхность обшивки.

2.4.3 Сборка по координатно-фиксирующим отверстиям. Сборка с базой на каркас. Предварительный выбор метода сборки.

2.5 Определение составляющих погрешностей при образовании размеров сборочной единицы

2.5.1 Влияние принятой схемы увязки на точность собираемого изделия. Схемы увязки размеров заготовительной и сборочной оснастки. Инструментально-шаблонный способ. Плаз-кондуктор и инструментальный стенд. Эталонно-шаблонный метод. Машиностроительный метод. Увязка на основе математического задания поверхности.

2.5.2 Определение погрешностей сборочных приспособлений. Погрешность изготовления приспособления для методов сборки с базой на внешнюю поверхность обшивки и на каркас. Погрешность изготовления

приспособления для сборки по внутренней поверхности обшивки. Погрешность изготовления приспособления при сборке по координатно- фиксирующим отверстиям.

2.5.3 Определение погрешности изготовления деталей и узлов каркаса, выходящих на внутренний контур обшивки. Погрешность изготовления деталей. Определение погрешности изготовления узлов каркаса. Сборка по сборочным отверстиям. Сборка по разметке. Сборка в приспособлении.

2.5.4 Погрешность изготовления обшивки. Обшивочные детали первой группы. Детали второй группы. Третья группа обшивочных деталей. Определение погрешности увязки координатно-фиксирующих отверстий.

2.5.5 Погрешность базирования деталей каркаса. При базировании деталей каркаса по обводообразующим элементам. При базировании деталей каркаса по КФО. Погрешность базирования обшивки. При установке обшивки по рубильникам. При установке обшивки по макетным элементам. Определение величины погрешности базирования.

2.5.6 Последовательность расчета ожидаемой точности сборки изделия. Постановка задачи. Определение допуска на изготовление узлов каркаса по заданной точности на агрегат. Определение допуска на изготовление приспособления для сборки изделия.

2.6 Технологические процессы сборки узлов

2.6.7 Сборка узлов. Сборка плоских узлов. Сборка по сборочным отверстиям. Сборка в приспособлении. Схема сборки плоского узла в приспособлении.

2.6.2 Сборка панелей. Схема сборки с базой на наружный контур. Схема сборки по макетным шпангоутам (на внутренний контур обшивки). Сборка по координатно- фиксирующим отверстиям. Сборка узлов пространственных стержневых конструкций.

2.7 Сборка агрегатов

2.7.1 Сборка кессона крыла. Сборка центральной части крыла лонжеронной схемы по внешнему контуру (вариант для легкого самолета). Приспособление. Схема сборки.

2.7.2 Сборка кессона крыла по макетным элементам. Технические условия поставки узлов на сборку. Схема сборки. Сборка кессона центроплана.

2.7.3 Сборка кессона крыла широкофюзеляэ/сиого самолета. Технологический процесс сборки. Схема сборки. Схема сборки крыла. Технологический процесс сборки.

2.7.4 Сборка кессона крыла от каркаса. Методы базирования. Схема сборки. Вариант сборки руля направления по каркасу с использованием макетных элементов Ил-62. Схема базирования. Схема сборки. Сборка узлов и отсеков типа носка крыла по КФО. Сборка агрегатов несущих поверхностей из отсеков. Схема сборки.

2.7.5 Сборка отсеков фюзеляжа. Схема сборки. Сборка центрального отсека фюзеляжа тяжелого самолета (с базой на МЭ и внешний контур) Ил-62. Схема сборки.

2.7.6 Сборка фюзеляжа широкофюзеляжного самолета. Принятая схема базирования. Схема сборки. Схема сборки фюзеляжа самолета. Конструктивно-технологическое членение. Стапельная сборка.

2.8 Окончательная сборка

2.8.1 Обработка разъемов и стыков агрегатов в разделочных стендах. Техпроцесс обработки стыка. Техпроцесс обработки стыковых узлов. Процесс стыковки отсеков. Схема увязки оснастки при фланцевом стыке.

2.9 Проектирование технологических процессов сборки

2.9.1 Описание конструкции объекта сборки и взаимосвязи ее с другими сборочными единицами. Оценка технологичности конструкции с использованием соответствующих ГОСТов. Разработка технических условий на изготовление сборочной единицы. Разработка схемы сборки.

2.9.2 Разработка маршрутного и операционного технологического процессов сборки. Классификация сборочных единиц по конструктивно-технологическим свойствам.

3. Прочность конструкций летательных аппаратов

3.1. Классификация стержневых систем. Расчетная схема элементов конструкций ДА.

3.2. Расчет статически определимых стержневых систем: ферм, рам, комбинированных систем.

3.3. Особенности расчета статически неопределимых стержневых систем.

3.4. Устойчивость стержней. Методы исследования.

3.5. Основы теории изгиба и устойчивости пластин.

3.6. Применение численных методов в прочностных расчетах элементов конструкции ЛА.

3.7. Нагрузки, действующие на ЛА. Нормы прочности. Расчетные случаи.

3.8. Развитие силовой схемы конструкции ЛА.

3.9. Особенности работы подкрепленной тонкостенной конструкции на изгиб.

3.10. Сдвиг и кручение тонкостенной конструкции ЛА.

3.11. Особенности расчета элементов управления и механизации ЛА.

3.12. Вопросы упругого взаимодействия элементов конструкции ЛА с потоком воздуха.

4. Конструкция самолетов и проектирование самолетов

4.1. Квалификация самолетов по схеме.

4.2. Крыло.

4.3. Механизация крыла.

4.4. Оперение.

- 4.5. Фюзеляж.
- 4.6. Шасси.
- 4.7. Системы управления самолетом
- 4.8. Самолет как объект проектирования.
- 4.9. Выбор схема самолета. (Характеристика различных схем).
- 4.10. Определение взлетной массы самолета.
- 4.11. Определение оптимальной удельной нагрузки на крыло.
- 4.12. Определение тяги или мощности силовой установки.
- 4.13. Проектирование крыла.
- 4.14. Проектирование оперения.
- 4.15. Проектирование фюзеляжа.
- 4.16. Выбор схемы и параметров шасси.

5. Аэрогидрогазодинамика

- 5.1. Уравнение расхода для несжимаемой жидкости.
- 5.2. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей.
- 5.3. Теорема Жуковского о подъемной силе.
- 5.4. Распространение малых возмущений. Конус Маха.
- 5.5. Скачки уплотнения.
- 5.6. Понятие о пограничном слое.
- 5.7. Аэродинамические характеристики профиля.
- 5.8. Аэродинамические характеристики крыла конечного размаха.
- 5.9. Волновое сопротивление.

Правила аттестации

Сдача экзамена в устной форме на три вопроса в билете. Билеты составлены на основе содержания разделов 1-5. Оценка выставляется по 5 балльной системе:

«отлично»-теоретическая часть представлена полностью без пробелов, необходимые практические навыки сформированы,

«хорошо»-уровень ответов соответствует большинству требований, курс освоен полностью без пробелов, необходимые практические навыки в основном сформированы, возможны некоторые ошибки,

«удовлетворительно»-курс освоен частично, пробелы не носят существенный характер, практические навыки в основном сформированы, имеются ошибки, часть заданий не выполнено,

«неудовлетворительно»-теоретическое содержание освоено частично, практические навыки не сформированы, при ответе допускаются грубые ошибки.

Основная литература

1. Сироткин О. С. Проектирование, расчет и технология соединений авиационной техники / О. С. Сироткин, В. И. Гришин, В. Б. Литвинов. - М., 2006. - 330 с.
2. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / А. Г. Суслов [и др.] ; под общ. ред. А. Г. Суслова. - М., 2006. - 447 с.
3. Рожков В. Н. Контроль качества при производстве летательных аппаратов : [учебное пособие для вузов по направлению 551000 "Авиа- и ракетостроение"] / В. Н. Рожков. - М., 2007. - 415 с.
4. Бойцов В. Б. Технологические методы повышения прочности и долговечности : [учебное пособие] / В. Б. Бойцов, А. О. Чернявский. - М., 2005. - 128 с.

5. Житомирский Г. И. Конструкция самолетов : [учебник для вузов по специальности "Самолето- и вертолетостроение" направления подготовки "Авиастроение"] / Г. И. Житомирский. - М., 2005. - 404, с.
6. Особенности проектирования легких боевых и учебно-тренировочных самолетов / А. Н. Акимов [и др.] ; под ред. Н. Н. Долженкова, В. А. Подобедова. - М., 2005. - 366 с.
7. Геращенко А. Н. Пневматические, гидравлические и электрические приводы летательных аппаратов на основе волновых исполнительных механизмов : учебное пособие для вузов по специальности "Системы приводов летательных аппаратов" направления подготовки "Интегрированные системы летательных аппаратов" / А. Н. Геращенко, С. Л. Самсонович ; под ред. А. М. Матвеевко. - М., 2006. - 390 с.
8. Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха : [учебное пособие для вузов] / [Н. В. Антонова и др.] ; под ред. Ю. М. Шустрова. - М., 2006. - 382, с.
9. Системы оборудования летательных аппаратов : учебник для вузов по направлению "Авиа- и ракетостроение" и специальности "Самолето- и вертолетостроение" / [М. Г. Акопов и др.] ; под ред. А. М. Матвеевко, В. И. Бекасова. - М., 2005. - 557 с.
10. Захаров А. С. Авиационное гидравлическое оборудование : учебное пособие / А. С. Захаров, В. И. Сабельников. - Новосибирск, 2006. - 390 с.
11. Электрооборудование летательных аппаратов. В 2 т.. Т. 1 : учебник для вузов / под ред. С. А. Грузкова. - М., 2005. - 568 с.
12. Системы энергооборудования летательных аппаратов : учебное пособие / [под ред. А. С. Захарова]. - Новосибирск, 2005. - 347 с.
13. Саленко С. Д. Газовая динамика элементов силовых установок летательных аппаратов : учебное пособие / С. Д. Саленко, Ю. А. Гостеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 38 с.

Дополнительная литература

1. Степнов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний : справочник / М. Н. Степнов, А. В. Шаврин. - М., 2005. - 399 с.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник / [В. Б. Арзамасов и др.] ; под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепашина. - М., 2009. - 446 с.
3. Фельдштейн Е. Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ : [учебное пособие для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизированные технологии и производства"] / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – М., 2008. - 298 с.
4. Гузеев В. И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - М., 2005. - 364 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т.. Т. 1 / [А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]]. - М., 2003. - 910 с.
6. Босинзон М. А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация : учебник / М. А. Босинзон ; под ред. Б. И. Черпакова. - М., 2008. - 189 с.
7. Сосонкин В. Л. Системы числового программного управления : учебное пособие для вузов по направлению 550200 "Автоматизация и управление", специальности 210200 "Автоматизация технологических процессов и производств" и магистерской программе 550207 "Распределенные компьютерные информационно-управляющие системы" / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов. - М., 2005. - 293 с.
8. Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - М., 2004. - 784 с.
9. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия : справ.-учеб. пособие / В. В. Бакаев, Е. В. Судов, В. А. Гомозов [и др.]. - М.: Машиностроение-1 : Аграф : ПФ Сашко, 2005. - 623 с.

10. ГОСТ 2.051 -2006. Электронные документы. Общие положения / Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). - М., 2006. - III, 11 с.
11. ГОСТ 2.052-2006. Электронная модель изделия. Общие положения / Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). - М., 2006. - III, 11 с.
12. ГОСТ 2.053-2006. Электронная структура изделия. Общие положения / Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). - М., 2006. - 9 с.
13. Судов Е. В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели / Е. В. Судов. - М., 2003. - 263 с.
14. Горохов В. А. Проектирование и расчёт приспособлений : [учебник для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол, 2009. - 301 с.
15. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств. Т. 1 : [учебное пособие для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Старый Оскол, 2008. - 547 с.
16. Технологическое обеспечение авиационного производства / [Г. Б. Строганов и др.] ; под общ. ред. Г. Б. Строганова. - М., 1991. - 367 с.
17. Болдин А. Н. Основы автоматизированного проектирования : учебное пособие [для вузов] / А. Н. Болдин, А. Н. Задиранов ; Федер. агентство по образованию, Моск. гос. ин- дустр. ун-т. - М., 2006. - 103 с.
18. Питеркин С. В. Быстрое производство. Современные методы управления производством. От ERP до Lean и SCM. Теория и практика применения / С. В. Питеркин. - СПб. : Любавин, 2010. - 82 с.

19. Точно Вовремя для России : практика применения ERP систем / С. В. Питеркин, Н.А. Оладов, Д. В. Исаев ; под ред. И. Букреев. - М.: Альпина Паблишер, 2010. - 368 с.
20. Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II / Д. А. Гаврилов. - 2-изд. - СПб. : Питер, 2008. - 416 с.
21. Эйхман Т. П. Моделирование бизнес-процессов [Электронный ресурс] : учебнометодическое пособие / Т. П. Эйхман, Татьяна Петровна ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2012/lib_46341_1326288055.doc. - Загл. с экрана.
22. Курлаев Н. В. Авиастроение в России [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Н. В. Курлаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2012/lib_1131_1326287972.ppt. - Загл. с экрана.
23. Курлаев Н. В. Авиастроение за рубежом [Электронный ресурс]. Ч. 1 : учебнометодическое пособие / Н. В. Курлаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2012/lib_1131_1326288141.ppt. - Загл. с экрана.