

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы - минимум кандидатского экзамена по специальности 2.5.13 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» в действующей редакции и в соответствии с Положением о подготовке научных и научно- педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021г. № 2122.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью является формирование компетенций (знаний, умений, навыков), необходимых для успешной научно-исследовательской деятельности в области проектирования и разработки авиационной и ракетно-космической техники, включая исследование аэродинамики, динамики полёта, надежности конструкции, эффективности производства и эксплуатации летательных аппаратов различного назначения, методологии их создания, методов расчета, проектирования, испытаний, доводки, а также технологии изготовления и технической эксплуатации.

Задачами дисциплины является изучение:

- теории и процессов функционирования летательных аппаратов, их агрегатов и систем;
- методов проектирования, производства и эксплуатации летательных аппаратов, их агрегатов и систем, включая методы и системы автоматизированного проектирования;
- теоретических основ и технологических процессов производства летательных аппаратов, их агрегатов и систем, узлов и деталей, включая технологическую подготовку и управление производством, технологические процессы и специальное оборудование для формообразования и обработки деталей, их защиты от воздействия агрессивных факторов среды функционирования;
- методов расчета теплофизических процессов и теплозащиты элементов конструкции летательных аппаратов;
- методов обеспечения надежности и взаимозаменяемости агрегатов, систем и летательных аппаратов, эффективности их использования;
- методов испытания летательных аппаратов, их систем и агрегатов, систем автоматизированного сбора, обработки и анализа экспериментальных данных, включая средства комплексной автоматизации стендовых испытаний;
- методов проектирования и функционирования стендовых систем и систем сбора и обработки данных для модельных и натуральных испытаний летательных аппаратов и их элементов;
- процессов создания и доводки летательных аппаратов; способов улучшения основных эксплуатационных характеристик изделий, находящихся в серийном производстве и эксплуатации;

- методов и средств диагностики технического состояния летательных аппаратов и систем, повышения уровня эксплуатационной технологичности.

Блок 2 «Образовательный компонент. Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.).

Направления исследований:

1. Разработка методов проектирования и конструирования, математического и программно-алгоритмического обеспечения для выбора оптимальных облика и параметров, компоновки и конструктивно-силовой схемы, агрегатов и систем ЛА, с учетом особенностей технологии изготовления и отработки, механического и теплового нагружения, взаимосвязи ЛА с наземным (космическим планетным) комплексом, неопределенности реализации проектных решений.

2. Создание теоретической, методической, экспериментальной и производственной базы, позволяющих обеспечить требуемые показатели качества по назначению, надежности, точности, взаимозаменяемости, технологичности, унификации, стандартизации, эргономичности, технической эстетики, патентной чистоты.

3. Создание и отработка принципиально новых конструктивных решений выполнения узлов, систем и ЛА в целом. Исследование их характеристик и оценка перспектив применения.

4. Исследование влияния на технические характеристики систем и конструктивное выполнение корпуса ЛА газо- и гидродинамических процессов в проектируемых конструкциях.

5. Разработка методов, моделей и программного обеспечения для принятия оптимальных решений проектно-конструкторских задач при заданных ограничениях с учетом их компромиссного характера, риска и различимости сравниваемых вариантов изделий (процессов), в том числе, для космических планетных баз.

6. Исследование экономической целесообразности создания ЛА, имеющих многоцелевое назначение (например, гражданское и военное), а также эффективности использования для этих же целей существующих изделий и наземных комплексов.

7. Технологическая подготовка производства объектов авиационной и ракетно-космической техники.

8. Технологические процессы, специальное оборудование для изготовления деталей летательных аппаратов.

9. Технологические процессы, специальное и специализированное оборудование для сборки, монтажа и испытаний летательных аппаратов.

10. Технологические процессы контроля, испытаний и метрологического обеспечения при производстве летательных аппаратов, их систем и агрегатов.

11. Автоматизированные системы, функциональные и инвариантные подсистемы и средства обеспечения (математического, лингвистического, информационного, программного, технического, методического, организационного) научных исследований, проектирования, конструирования, обеспечения технологичности, технологической подготовки производства ЛА с учетом обеспечения безопасности труда.

Область науки:

- технические науки.

1. Среды функционирования летательных аппаратов

1.1. Естественная внешняя среда – атмосфера Земли и околоземное пространство.

Основные параметры и свойства воздуха в атмосфере. Международная стандартная атмосфера (МСА). Решение научно-исследовательских и проектно-конструкторских задач с учетом неопределенностей свойств и параметров внешней среды.

1.2. Искусственная внешняя среда – наземные комплексы.

Аэропорты и аэродромы. Взлетно-посадочные полосы и устройства. Наземные системы обслуживания и подготовки летательных аппаратов к полету. Технические и стартовые ракетные комплексы. Решение научно-исследовательских и проектно-конструкторских задач с учетом неопределенностей свойств и параметров искусственной внешней среды.

1.3. Факторы, влияющие на функционирование летательных аппаратов и принципы полета.

Факторы и их взаимосвязь. Классификация принципов полета. Реализация аэростатического принципа полета. Реализация аэродинамического принципа полета. Реализация ракетодинамического принципа полета. Реализация баллистического принципа полета. Летательные аппараты, реализующих несколько принципов полета. Крылатые летательные аппараты в космическом пространстве.

2. Основы проектирования интегрированных систем летательных аппаратов и наземных комплексов

2.1. Определение и задачи проектирования авиационной и ракетно-космической техники.

Этапы проектирования, содержание задач, решаемых на отдельных этапах: разработка технического задания, техническое предложение, эскизный проект, рабочий проект.

Общие и частные критерии оценки проектно-конструкторских решений. Содержание и методы разработки технического задания на проект ЛА.

Проектное моделирование, весовой и баллистический анализ ЛА, модели оценки эффективности и затрат на создание. Выбор основных проектных параметров. Общий подход к оптимизации проектных параметров ЛА (проектных решений): задача, критерии, модели, математическая формулировка постановок задач проектирования, методы оптимизации.

Особенности проектно-конструкторских задач — многокритериальный, многопараметрический, динамический, стохастический характер, основные методы поиска решений. Алгоритм решения проектных задач. Три составляющих процесса проектирования: изобретательство, инженерный анализ, принятие решений.

Жизненный цикл изделий, стадии разработки и создания ЛА. Виды проектной документации. Нормативные документы, регламентирующие процессы создания и эксплуатации ЛА и наземных комплексов. Особенности проектирования современных ЛА. Роль научно-технического задела и современных информационных технологий в совершенствовании проектирования.

2.2. Системный подход – основа современной методологии проектирования интегрированных систем летательных аппаратов и наземных комплексов.

Эволюция задач, методов и средств системного проектирования. Статистические и аналитические методы определения проектных параметров. Развитие методов оптимального проектирования. Математическая постановка задач оптимального проектирования и методы ее решения.

Необходимость использования системного подхода в проектировании. ЛА и наземные комплексы как элементы интегрированных систем. Структурно-функциональные элементы интегрированных систем: планер ЛА, энергетические установки, системы управления, бортовые системы и оборудование, целевая (боевая или коммерческая) нагрузка, наземные комплексы. Интеграция элементов систем летательных аппаратов и наземных комплексов. Основные положения методологии и системотехники. Проблемы декомпозиции объектов и задач проектирования. Проблемы моделирования в проектировании. Структура и типы проектных моделей. Соотношение и роль численного и физического моделирования в проектировании. Принципы оптимальности. Общие и частные критерии оценки эффективности проектно-конструкторских решений.

Особенности автоматизированного проектирования и CALS-технологий.

3. Проектирование и конструкция летательных аппаратов

3.1. Летательные аппараты как объекты проектирования, производства и эксплуатации.

Классификация ЛА, требования, предъявляемые к ЛА. Краткий исторический обзор развития ЛА. Общая характеристика ЛА различного назначения; двигатели, виды траекторий, особенности систем управления и наведения, гражданское и боевое применение. Перспективные направления, пути и способы совершенствования ЛА, вопросы конверсии, системы двойного назначения.

3.2. Общие вопросы конструирования ЛА, их агрегатов и систем.

Принципы конструирования ЛА. Эволюция компоновок конструкций ЛА. Фактор преемственности конструкций. Прогнозирование развития

конструкций. Методы формирования конструктивно-силовой схемы. Критерии качества и факторы, его определяющие. Конструкционные способы обеспечения качества: прочность конструкции, устойчивость, герметичность, долговечность, надежность.

Аэродинамические, динамические и тепловые нагрузки на ЛА. Влияние температуры на несущую способность конструкции. Расчетные случаи. Изменение нагрузок на различных этапах эксплуатации ЛА.

Выбор материалов элементов конструкции с учетом условий производства, эксплуатации, прочности, жесткости и долговечности. Методы выбора основных конструкционных, теплозащитных и теплоизоляционных материалов.

Методы описания поверхностей агрегатов ЛА. Влияние интенсивности и вида действующей нагрузки на конструкцию ЛА. Надежность и ресурс конструкции. Выбор конструктивно-силовой схемы. Применение метода конечных элементов (МКЭ) при проектировании рациональных конструктивно-силовых схем.

Требования к силовой установке, типы и характеристики авиационных и ракетных двигателей. Логическая блок-схема проектирования силовой установки. Установка двигателей на ЛА. Размещение топливных баков на дозвуковых и сверхзвуковых ЛА. Топливные отсеки в конструкции корпуса. Защита корпуса от кинетического нагрева. Мероприятия по защите силовой установки и топливных баков от пожара и взрыва в полете.

Типы и основные параметры шасси. Анализ и рекомендации по выбору схемы шасси. Характеристики проходимости ЛА по грунтовым и бетонным ВПП. Конструктивно-силовые схемы шасси. Кинематические схемы уборки шасси. Принципы обеспечения надежности и долговечности. Влияние параметров шасси на технико-экономические и эксплуатационные характеристики ЛА.

Требования к системам управления ЛА различного назначения. Задачи проектирования систем управления, стабилизации и наведения ЛА. Важнейшие характеристики управляемости и их связи с параметрами ЛА. Возмущающие факторы. Способы управления и наведения. Автономные системы управления, системы телеуправления, системы самонаведения. Обеспечение требований безопасности полета при проектировании систем управления. Резервирование систем. Использование систем управления ЛА для улучшения его летных характеристик.

3.3. Надежность, безопасность и сертификация летательных аппаратов.

Основные понятия и показатели надежности ЛА. Современный уровень надежности авиационной и ракетно-космической техники, находящейся в эксплуатации. Эксплуатационная технологичность ЛА. Взаимосвязь надежности и эксплуатационной технологичности ЛА и его систем. Влияние условий эксплуатации на надежность, ресурс и безопасность полета.

Основные понятия о сертификации авиационной техники (АТ). Правовые основы сертификации АТ. Гармонизация правил сертификации АТ

мировых авиационных сообществ. Сертификация объектов АТ и эксплуатантов. Сертификация разработчика авиационной техники. Сертификация типа и экземпляра АТ. Требования по шуму и эмиссии вредных веществ. Сертификация комплектующих изделий. Сертификация производства воздушного судна. Поддержание летной годности ВС. Внедрение изменений в тип ВС. Классификация изменений. Дополнение к сертификату типа. Директивы летной годности. Действия сертификатов летной годности.

4. Производство летательных аппаратов

4.1. Основы технологии производства летательных аппаратов.

Основные понятия технологии производства. Производственный процесс и его составляющие. Конструкторские и технологические методы обеспечения качества. Технологические методы создания высоконадежных и долговечных конструкций. Состояние поверхностного слоя детали, остаточные напряжения в нем и их влияние на ресурс детали. Общие принципы обеспечения точности изготовления деталей авиационной и ракетно-космической техники. Понятие о точности и производственных погрешностях. Методы контроля точности и устойчивости технологических процессов. Основные сведения о базах. Правила базирования при изготовлении деталей и сборке летательных аппаратов.

Методы обеспечения взаимозаменяемости в производстве ЛА. Понятие о взаимозаменяемости и увязке размеров деталей. Современные методы увязки размеров элементов изделий.

Общие и частные требования технологичности. Показатели технологичности. Последовательность обеспечения технологичности конструкции при проектировании и подготовке производства.

Показатели экономической эффективности. Технологические методы повышения производительности труда. Технологическая себестоимость, структура и пути ее снижения технологическими методами.

4.2. Процессы изготовления деталей летательных аппаратов

Тенденции в развитии современного наукоемкого производства. Классификация деталей, заготовок и полуфабрикатов из металлов и композиционных материалов. Процессы раскроя заготовок и полуфабрикатов.

Технологические процессы термической обработки и создания защитных покрытий.

Основные этапы и последовательность проектирования технологических процессов изготовления деталей. Использование методов типизации и групповой обработки.

4.3. Процессы узловой и агрегатной сборки.

Объем, содержание и условия сборочных работ в производстве ЛА и двигателей. Основные системы базирования, применяемые при сборке корпуса объектов ракетно-космической техники и планера самолета. Методы и способы базирования при сборке. Варианты базирования элементов

планера с помощью установочных фиксирующих отверстий. Варианты базирования элементов, формирующих внешний контур.

Основные положения формирования схем технологического членения. Структура сборочной единицы и ее технологичность при сборке. Проектирование процессов сборки узлов и агрегатов.

4.4. Процессы окончательной сборки, монтажа и испытания систем летательных аппаратов.

Предварительная стыковка агрегатов. Требования к агрегатам, поступающим на окончательную сборку. Влияние конструкции стыков на трудоемкость стыковочных работ.

Монтаж и испытания систем. Подготовка агрегатов планера для монтажа оборудования. Монтаж коммуникаций и трубопроводов. Виды испытаний систем оборудования.

Процессы испытаний узлов, агрегатов и изделия в целом. Виды и основные задачи испытаний: приемосдаточные (ПСИ), конструкторско-доводочные (КДИ), контрольно-выборочные (КВИ), периодические (ПИ). Классификация и общая характеристика испытаний по воздействующим факторам.

4.5. Технологическая подготовка серийного производства летательных аппаратов.

Основные этапы технологической подготовки серийного производства. Группирование (расцеховка). Отработка конструкции на технологичность. Проектирование технологических процессов. Проектирование, и изготовление технологического оснащения. Проектирование, монтаж и увязка сборочных приспособлений. Проектирование и организация рабочих мест, информационных и материальных потоков.

4.6. Управление разработкой, автоматизация проектирования, конструирования и производства.

Многоуровневое программно-целевое управление разработкой. Задачи макропроектирования. Постановка задачи оптимизации управления разработкой. Методики решения проектных задач с учетом риска и компромисса. Методика комплексной оптимизации конструкторско-технологических параметров изделий.

Принципы организации и структура систем автоматизированного проектирования и конструирования (САПР). Комплекс технических средств, математическое обеспечение, информационное и программное обеспечение. Роль современных информационных и цифровых технологий. Задачи проектировщика в САПР. Автоматизированные системы технологической подготовки производства (АСПТП).

5. Оценка эффективности интегрированных систем летательных аппаратов и наземных комплексов по результатам испытаний

5.1. Методы испытаний и анализа результатов.

Основные этапы и программы испытаний летательных аппаратов, двигательных установок и оборудования. Виды и средства испытаний, моделирование, стендовые и натурные испытания, летающие лаборатории,

аналоги, летающие модели, сертификационные испытания на соответствие нормам летной годности. Пассивный и активный эксперимент. Методы пересчета результатов испытаний на другие условия.

5.2. Контроль состояния и техническая диагностика.

Назначение, классификация, структура построения средств контроля и технической диагностики. Основные технические характеристики средств контроля как информационно-измерительных средств. Эффективность средств контроля. Определение и оценка эффективности. Методы определения и оценка технических характеристик средств контроля. Принципы обеспечения заданных показателей достоверности контроля работоспособности.

5.3. Оценка эффективности в условиях отсутствия и наличия априорной информации.

Точность оценки эффективности. Влияние недостоверной информации о результатах испытаний. Определение доверительного интервала для оценки эффективности системы по результатам испытаний ее компонент. Анализ степени взаимного влияния отдельных компонентов комплекса. Учет условий получения априорной информации на достоверность оценки эффективности системы.

5.4. Испытания на надежность.

Основные понятия. Показатели надежности. Методические основы обеспечения и оценки надежности ЛА и его отдельных элементов при экспериментальной отработке.

5.5. Летные испытания самолета.

Целевые полеты по программе заводских испытаний. Устранение дефектов динамики и управляемости скоростных самолетов при летных испытаниях. Специальные виды измерений и калибровок. Методы определения основных летно-технических и пилотажных характеристик самолета. Испытания в предельной области режимов полета. Методы установления эксплуатационных ограничений для самолета. Летные исследования критических режимов современного скоростного самолета.

5.6. Летные испытания объектов ракетно-космического комплекса (РКК).

Нормы и режимы испытаний ракет-носителей. Нормативно-методическое обеспечение безопасности полета пилотируемых РКК. Особенности летной отработки спускаемых аппаратов. Летные испытания РКК единичного применения. Анализ особых, нештатных ситуаций в процессе космического полета.

6. Инновационные технологии аэрокосмической деятельности

6.1. Системотехнические основы и законы инноватики.

Инноватика как наука о формировании и распространении новаций на основе целенаправленной организации инновационной деятельности. Понятия новации, инновации, инновационной деятельности, инновационной системы.

Основные положения теории инноваций. Системотехнические основы инноватики. Стратегия инновационного развития. Правовое обеспечение инновационной деятельности. Инновационная политика. Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности. Инновационная экономика. Теория и модель инновационной экономики. Маркетинг в инновационной сфере. Инновационный менеджмент.

Основные законы инноватики: смены технологических укладов; эволюционного развития новаций; смены поколений техники и технологии; распространения инноваций.

6.2. Инновационные проекты. Управление инновациями.

Методы разработки инновационных решений: метод "проб и ошибок", метод аналогий, морфологический метод, методы эвристики, метод "мозговой атаки", методы математического моделирования (аналитические модели, имитационные модели, комбинированные математические модели). Методы поискового конструирования и анализа конкурентных преимуществ инновационных решений. Управление инновационными проектами. Управление инновационной деятельностью. Коммерциализация технологий. Экономическая эффективность инновационных проектов. Инвестиции в инновационную деятельность; эффективность инвестиций. Управление интеллектуальной собственностью и ее защита. Управление рисками в инновационной деятельности.

6.3. Инновационные технологии наукоемкого производства.

Технология как наука. Классификация технологий. Высокие технологии. Анализ технического уровня технологического развития. Оптимизация технологий по показателям технического уровня и экономической эффективности. Методы функционально-стоимостного анализа жизненного цикла наукоемких высокотехнологичных изделий. Проектирование под заданную стоимость. Обратное проектирование. Критические технологии. Специальные методы выбора критических технологий. Методы развития технологий.

6.4. Виды и использование результатов аэрокосмической деятельности.

Понятие аэрокосмической деятельности. Основные виды аэрокосмической деятельности: проведение работ по фундаментальным и прикладным исследованиям и использованию воздушного и околоземного космического пространства и дальнего космоса пилотируемыми и автоматическими летательными аппаратами; мониторинг атмосферы, космического пространства и Земли; обеспечение связи, телекоммуникаций и единого координатно-навигационного пространства; космические технологии производства новых материалов и веществ.

Основные результаты аэрокосмической деятельности: информация о состоянии окружающей среды, космического пространства и природных ресурсов; информация дистанционного зондирования Земли; совокупность каналов связи; глобальное координатно-временное навигационное поле; топогеодезическая и картографическая информация; новые материалы и высокочистые вещества; другие виды продукции, технологии и услуги,

созданные в результате аэрокосмической деятельности. Возможности использования результатов космической деятельности в различных областях экономики: в геодезии и картографии; в гидрологии и метеорологии; на транспорте; в строительстве; в биологии и медицине; в образовании; в лесном и сельском хозяйстве; для нужд МО и МЧС; для нужд регионов страны; в интересах безопасности для предсказания и предотвращения природных и техногенных катастроф; в других сферах экономической деятельности.

Основная литература

1. Егер С.М., Матвеев А.М., Шаталов И.А. Основы авиационной техники: Учебник / Под ред. И.А. Шаталова. – Изд. третье, исправл. и доп. - М.: Машиностроение, 2003. – 720 с.
2. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов. М.: Машиностроение, 1991.
3. Киселев А.И., Медведев А.А., Меньшиков В.А. Космонавтика на рубеже тысячелетий. Итоги и перспективы. – М.: Машиностроение, 2001. – 672 с.: ил.
4. Коптев Ю.Н., Мишин В.П., Матвеев Ю.А. Задачи проектирования и управления развитием ЛА: Учеб. пособие / Под ред О.М.Алифанова. М.: Изд-во МАИ, 1997.
5. Летные испытания самолетов: Учебник для вузов / К.К. Васильченко, В.А. Леонов, И.М. Паликовский и др. М.: Машиностроение, 1996.
6. Лидоренко Н.С., Мучник Г.Ф. Электрохимические генераторы. М.: Энергоиздат, 1982.
7. Малышев В.В., Куршин В.В., Ревнивых С.Г. Введение в спутниковую навигацию: Учебное пособие. – М.: МАИ-ПРИНТ, 2008. – 190 с.
8. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоёмких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320с.
9. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 448 с.: ил.
10. Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов: Учебник для вузов / Б.В.Грабин, О.И. Давыдов, В.И. Жихарев и др.; Под ред. В.П.Мишина, В.К. Карраска. М.: Машиностроение, 1991.
11. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы): Учебник для вузов / В.П.Мишин, В.К. Безвербый, Б.М. Панкратов и др.; Под ред. В.П.Мишина. М.: Машиностроение, 1985.
12. Процессы механической и физико-химической обработки в производстве авиационных двигателей: Учеб. пособие для вузов / А.Г. Бойцов, А.П. Ковалев, А.С. Новиков, А.Г. Пайкин, Л.А. Хворостухин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 584 с., ил.
13. Раушенбах Г.С. Справочник по проектированию солнечных батарей. М.: Энергаториздат, 1983.
14. Селиванов, С.Г., Гузаиров, М.Б., Кутин, А.А. Инноватика: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2008. – 721 с.

15. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения космических аппаратов: Учеб. пособие для вузов/ под ред. А.А. Медведева. — М.: Машиностроение, 2009. 504 с.
16. Системы оборудования летательных аппаратов / В.И. Бекасов, А.С. Евсеев, А.М. Матвеев и др. М.: Машиностроение, 1986.
17. Технологичность конструкции изделия: Справочник / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волков и др.; Под общ. ред. Ю.Д. Амирова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 768 с.: ил.
18. Технология производства авиационных газотурбинных двигателей: Учеб. пособие для вузов / Ю.С. Елисеев, А.Г. Бойцов, В.В. Крымов, Л.А. Хворостухин. — М.: Машиностроение, 2003. — 512 с., ил.
19. Технология самолетостроения: Учебник для авиационных вузов. 2-е изд. перераб. и доп. / А.Л. Абибов, Н.М.Бирюков, В.В. Бойцов и др.; Под. ред. А.Л. Абибова. М.: Машиностроение, 1982.
20. Тищенко М.Н., Некрасов А.В., Радин А.С. Вертолеты. Выбор параметров при проектировании. М.: Машиностроение, 1976.
21. Эксплуатация стартовых комплексов ракетно-космических систем / А.Г. Галеев, А.А. Золотов, А.Н. Перминов, В.В. Родченко; Под. ред. А.Н. Перминова. — М.: Изд-во МАИ, 2007. — 348 с.

Дополнительная литература

1. Егер С.М., Лисейцев П.К., Самойлович О.С. Основы автоматизированного проектирования самолетов. М.: Машиностроение, 1986.
2. Клочков В.В. Управление инновационным развитием гражданского авиастроения: монография. — М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009 — 280 с.
3. Павлов В.В. Структурное моделирование в CALS-технологиях. - М.: Наука, 2006. - 307 с.
4. Приоритеты авиационных технологий: В 2-х кн. / Науч. ред. А.Г. Братухин. — М.: Изд-во МАИ, 2004.
5. Международная энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение. / Гл. ред. А.Г. Братухин. М.: ОАО "НИЦ АСК". 2015. 608 с.
6. Руководство по сертификации и надзору за производством изделий авиационной техники, АР МАК, 1997.

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Профессор кафедры ИТНО
д.т.н., профессор



В.П. Соколов

Заведующий кафедрой ИТНО
д.т.н., доцент

А.Н. Рогалев

Директор ИЭВТ
к.т.н., доцент



И.А. Щербатов