

Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор

академик РАН

Е.А. Микрин

2018 г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по направлению подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре
24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника

направленность 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство
летательных аппаратов»

Рабочая программа дисциплины сформирована в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника (приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 № 890), Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (приказ Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259), учебным планом.

Составители:

д.т.н., профессор

Филин В.М.

Согласовано:

Заведующая аспирантурой

Потрываева Е.В.

Рабочая программа рассмотрена на заседании секции НТС «Подготовка научных кадров»

Протокол № 4/2018 от 17.07.2018

/ Председатель секции НТС
«Подготовка научных кадров»

Лукьяшко А.В.

Таблица переутверждения рабочей программы

Год утверждения (переутверждения)				
Председатель (заместитель председателя секции НТС) ФИО, ученая степень				
Подпись				
Номер и дата протокола заседания секции НТС	Протокол № от	Протокол № от	Протокол № от	Протокол № от

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа предназначена для проведения кандидатского экзамена по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника», по направленности «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» в аспирантуре «РКК «Энергия».

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов; разработка методов поиска оптимальных решений компоновки оборудования; формирование требований к пилотируемым транспортным кораблям и орбитальным комплексам; методы оценки надежности, механических конструкций при различных случаях эксплуатации изделий ракетно-космической техники (РКТ); основы автоматизированного проектирования.

На экзамене по направленности «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» аспирант должен продемонстрировать владение методами использования современных технологий при построении расчетных моделей для изучения поведения конструкции на всем жизненном цикле существования изделия; умение строить приближенные модели объектов узлов, агрегатов и изделия в целом.

Указанные знания и умения аспирант приобретает в процессе освоения дисциплин учебного плана подготовки аспирантов по направленности.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Раздел 1. Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Определение и задачи проектирования. 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 РКТ.

Выбор основных проектных параметров. Общий подход к оптимизации проектных параметров РКТ (проектных решений): задача, критерии, модели, математическая формулировка постановок задач проектирования, методы оптимизации. Особенности проектно-конструкторских задач: многокритериальный, многопараметрический, динамический характер. Основные методы поиска решений. Алгоритм решения проектных задач. Три составляющих процесса проектирования: изобретательство, инженерный анализ, принятие решений.

Нормативные документы, регламентирующие процесс разработки РКТ (ГОСТы, ОСТы).

Раздел 2. Разработка методов поиска оптимальных решений компоновки оборудования.

Разработка методов принятия обоснованных проектно-конструкторских и технологических решений для выбора состава, оптимальных параметров и организации процессов жизненного цикла РКТ, а также связи этих процессов со свойствами изделий, технико-экономическими и организационными характеристиками их производства.

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

Технологическая подготовка производства объектов авиационной и ракетно-космической техники, включая: конструктивно-технологические решения, позволяющие проводить опережающую подготовку производства; директивные технологические

материалы на производство новых конструкций летательных аппаратов, их систем и агрегатов; системы и средства автоматизированной подготовки производства; другие методы и средства разработки и осуществления технологических процессов производства.

Раздел 3. Формирование требований к пилотируемым космическим кораблям

Нормативно-техническая документация, регламентирующая основные этапы жизненного цикла пилотируемых космических комплексов, совокупность требований, предъявляемых к пилотируемым космическим комплексам и их составным частям, порядок разработки и согласования технических заданий на космические комплексы и их составные части.

Разработка методов принятия обоснованных проектно-конструкторских и технологических решений для выбора состава, оптимальных параметров и организации процессов жизненного цикла изделий РКТ, а также связи этих процессов со свойствами изделий, технико-экономическими и организационными характеристиками их производства. Формирование для этих целей математического и программного обеспечения; изучение вопросов проектирования, конструирования и производства объектов техники с учетом экономики и автоматизации, анализ опыта создания образцов ракетно-космической и авиационной техники и конверсионное использование упомянутых методов и работ.

Раздел 4. Методы оценки надежности механических конструкций при различных способах эксплуатации

Подходы к оценке надежности механических конструкций. Случайная природа нагрузок, действующих на конструкцию при различных режимах эксплуатации. Различные варианты по выбору детерминированных моделей прочности конструкции. Определение возмущений, обуславливающих случайную природу несущей способности конструкции. Методы расчета надежности конструкции в случаях одного или нескольких возможных предельных состояний, вопросы нормирования надежности.

Специфика методов расчета надежности механических конструкций при разработке изделий РКТ.

Основные понятия и показатели надежности. Современный уровень надежности ракетно-космической техники, находящейся в эксплуатации. Эксплуатационная технологичность изделий РКТ. Взаимосвязь надежности и эксплуатационной технологичности изделий РКТ и их систем.

Требования к изделиям РКТ по безопасности полета. Обоснование требований по надежности и безопасности полетов для вновь проектируемых изделий РКТ и их систем.

Порядок работ по количественному анализу, схемной надежности систем. Модели и методы количественного анализа, схемой надежности изделий РКТ и их систем.

Надежность, живучесть, ресурс и срок службы конструкции изделий РКТ.

Нагрузки, действующие на РКТ в полете и при движении на **ВПП**, их цикличность. Изменение состояния конструкции РКТ в условиях эксплуатации. Определение ресурса конструкции изделий РКТ. Факторы, влияющие на ресурс. Испытания конструкции на ресурс. Пути повышения усталостной и коррозионной прочности конструкции. Влияние условий эксплуатации на надежность, ресурс и безопасность полета.

Раздел 5. Математическое моделирование и основные характеристики пилотируемых космических комплексов

Системотехническое изучение вопросов проектирования, конструирования и производства объектов техники с учетом экономики и автоматизации, анализ опыта создания образцов ракетно-космической и авиационной техники и конверсионное

использование упомянутых методов и работ. Совершенствование теоретической, методической, экспериментальной и производственной базы, позволяющее повысить качество, надежность, ремонтпригодность, грузоподъемность и снизить затраты средств на разработку, производство и эксплуатацию летательных аппаратов.

Принципы конструирования изделий РКТ. Эволюция компоновок конструкций РКТ. Фактор преемственности конструкций. Прогнозирование развития конструкций. Методы формирования конструктивно-силовой схемы. Критерии качества и факторы, его определяющие. Конструкционные способы обеспечения качества: прочность, устойчивость, герметичность, долговечность, надежность.

Коэффициент безопасности. Нормы прочности для различных случаев нагружения.

Аэродинамические, динамические и тепловые нагрузки на изделия РКТ. Влияние температуры на несущую способность конструкций.

Изменение нагрузок на различных этапах эксплуатации изделий РКТ. Расчетные случаи.

Проектирование оптимальных конструкций фюзеляжа, корпуса, крыльев и топливных баков. Несущие и подвесные баки, формы топливных баков. Обечайки топливных баков: гладкие, вафельные, стрингерно-шпангоутные, сотовые, гофрированные.

Методы выбора основных конструкционных, теплозащитных и теплоизоляционных материалов.

Процесс проектирования частей изделий РКТ. Методы описания поверхностей агрегатов РКТ. Влияние интенсивности и вида действующей нагрузки на конструкцию изделий РКТ. Выбор материалов элементов конструкции с учетом условий производства, эксплуатации, прочности, жесткости и долговечности.

Раздел 6. Основы автоматизированного проектирования

Три составляющих проектирования: синтез, анализ и принятие решений. Соотношение формализуемых и неформальных процедур процесса проектирования и пути их объединения. Визуализация как способ решения задач и средство обмена информацией в процессе проектирования, роль машинной графики.

Особенности технологии автоматизированного проектирования. Роль человека в САПР.

Исходные данные для проектирования. Условия и связи, формирующие область существования проекта.

Анализ и выбор схемы. Определенные схемные. Особенности и области применения различных схем.

Определение основных проектных параметров изделий РКТ. Итерационность определения параметров.

Вопросы к кандидатскому экзамену

1. Основные системы пилотируемых космических комплексов, возможности проектной оценки параметров режимов их функционирования.
2. Состав изделий РКТ. Требования к составным частям изделия.
3. Основы баллистических, аэродинамических и газодинамических расчётов.
4. Расчёты нагрузок и проведение прочностных расчётов.
5. Этапы разработки изделий РКТ и требования, предъявляемые на каждом этапе разработки.
6. Виды и этапы экспериментальной отработки.
7. Приближенные модели объектов узлов, агрегатов и изделия в целом, позволяющих использовать их для моделирования поведения конструкции при воздействии различных силовых факторов.

8. Теоретико-множественный и теоретико-информационный анализ проектно-конструкторских решений, с учетом технологии изготовления изделия.
9. Современные технологии при построении расчетных моделей для изучения поведения конструкции на всем жизненном цикле существования изделия.
10. Основные расчеты по определению параметров изделий с учетом всех действующих факторов, влияния технологии изготовления изделий на проектно-конструкторские параметры изделия с помощью построения аналитических и имитационных моделей процессов их функционирования.
11. Что понимается под рациональным параметром изделий.
12. Необходимые навыки работы и методиками проектирования, разработки и сопровождения РКТ на всех этапах ЖЦИ с применением современных САПР.
13. Методы трехмерного моделирования, принятые в Корпорации. Основные преимущества системы Pro/ENGINEER в сравнении с другими методами трехмерного моделирования.
14. Программные комплексы мультидисциплинарного анализа. Программный комплекс ANSYS.
15. Форматы обмена данными между «тяжелыми» программными комплексами.
16. Возможности различных программных средств организации и проведения инженерных расчетов.
17. Примеры использования упрощенных математических моделей в производственной деятельности.
18. Общая характеристика методов проектирования, управления и обработки результатов анализа.
19. Моделирование как основа системного анализа.
20. Формализация и постановка задач создания изделий РКТ, управления, принятия решений и обработки информации.
21. Критерии и модели описания и оценки эффективности решения задач проектно-конструкторских решений, управления и принятия решений.
22. Методы и алгоритмы решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.
23. Методы сертификации принятых решений на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации.
24. Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных технических систем.
25. Математические методы решений в технических системах.
26. Метод имитационного моделирования.
27. Задачи прогнозирования.
28. Системное планирование и его основные процедуры.
29. Основные процедуры сетевого планирования и управления проектами.
30. Системное проектирование. CALS – технологии и их применении при создании изделий РКТ.
31. Методы, используемые для решения задач по расчету надежности механических конструкций в изделиях РКТ.
32. Основные требования, предъявляемые к элементам конструкции по параметрам надежности в изделиях РКТ.
33. Номенклатура механических конструкций в изделиях РКТ.
34. Методы решения нелинейных задач.
35. Формализация задачи по расчету надежности механических конструкций изделий РКТ.
36. Целевые функции и ограничения, накладываемые на область решения задачи, при оптимизации конструктивных решений.

37. Влияние субъективных факторов на решение задачи и возможность их использования при поиске оптимальных решений.
38. Примеры постановки задачи для изделий различного класса.
39. Методы, используемые для решения задач оптимального размещения аппаратуры в изделиях РКТ.
40. Основные требования, предъявляемые к размещению оборудования в изделиях РКТ.
41. Состав оборудования, размещаемого в приборных отсеках РКТ.
42. Методы решения нелинейных задач.
43. Формализация задачи размещения оборудования в отсеках изделий РКТ.
44. Виды и типы схем разрабатываемых изделий.
45. Особенности проектирования агрегатов составных элементов схем.
46. Типовые агрегаты пневмогидравлических схем (клапаны и т.д.).
47. Космические системы и комплексы- определение и функциональное назначение.
48. Классификация космических аппаратов- виды и типы.
49. Схема деления (типовая) изделий космической техники.
50. Что такое характеристическая скорость космического изделия.
51. Особенности эксплуатации космического аппарата.
52. Верификация и валидация – определение и отличие.
53. Виды и комплектность конструкторских документов.

Примеры билетов к кандидатскому экзамену:

Билет №1

1. Основные системы пилотируемых космических комплексов.
2. Методы трехмерного моделирования, принятые в Корпорации. Основные преимущества системы Pro/ENGINEER в сравнении с другими методами трехмерного моделирования.
3. Основные требования, предъявляемые к элементам конструкции по параметрам надежности в изделиях РКТ.

Билет №2

1. Состав изделий РКТ. Требования к составным частям изделия.
2. Программные комплексы мультидисциплинарного анализа.
3. Номенклатура механических конструкций в изделиях РКТ.

Билет №3

1. Основы баллистических, аэродинамических и газодинамических расчётов.
2. Программный комплекс ANSYS.
3. Формализация задачи по расчету надежности механических конструкций изделий РКТ.

Билет №4

1. Упрощенные математические модели.
2. Методы, используемые для решения задач оптимального размещения аппаратуры в изделиях РКТ.
3. Виды и этапы экспериментальной отработки.

Билет №5

1. Что понимается под рациональным параметром изделий.
2. Метод имитационного моделирования.

3. Основные требования, предъявляемые к размещению оборудования в изделиях РКТ.

Билет №6

1. Состав оборудования, размещаемого в приборных отсеках РКТ.
2. Общая характеристика методов проектирования, управления и обработки результатов анализа.
3. Влияния технологии изготовления изделий на проектно-конструкторские параметры изделия.

Критерии оценивания кандидатского экзамена

Оценка за экзамен	Критерии оценивания
«Неудовлетворительно»	Аспирант не знает значительной части программного материала (менее 50% правильно выполненных заданий от общего объема работы), допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой экзамена.
«Удовлетворительно»	Аспирант показывает знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, в целом, не препятствует усвоению последующего программного материала, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ, подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой экзамена на минимально допустимом уровне.
«Хорошо»	Аспирант показывает, что твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, допуская некоторые неточности; демонстрирует хороший уровень освоения материала, информационной и коммуникативной культуры и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой экзамена.
«Отлично»	Аспирант глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой экзамена.

Учебно-методические обеспечение

Основная литература

1. Машиностроение. Энциклопедия / Ред совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М38 М.: Машиностроение. Ракетно-космическая техника. Т. IV- 22 / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев и др.; под ред. В.П. Легостаева. В 2 кн. Кн.1. 2014. 563с. Кн. 2 Ч. II. 2014. 548 с.
2. Галинская О.О. Проектирование элементов конструкций ракетных комплексов из композиционных материалов: учебное пособие для вузов, 2014 г.» - коллекция «Инженерно-технические науки» - Издательство «Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова», ЭБС «Издательство Лань».
3. Конструкция и расчёт систем и устройств разделения космических аппаратов : учебное пособие / В. В. Ефанов, В. В. Горовцев ; Московский авиационный институт. - М. : Издательство МАИ, 2015. - 111 с.
4. Вопросы обеспечения качества и надёжности изделий ракетной техники / Б. А. Кашин, А. Ф. Повесма, А. П. Харченко . - М. : Инновационное машиностроение, 2016. - 112 с
5. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов : [учебное пособие по направлению подготовки 24.05.01 "Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов"] / А. В. Туманов, В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов. - 3-е изд., испр. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. - 572 с. : ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 564-572
6. Математическое моделирование – основа создания и эксплуатации сложных орбитальных комплексов. Под ред. Н.А. Брюханова и М.Ю. Беляева. Ракетно-космическая техника. Труды РКК «Энергия», г. Королев, 2008, - 191 с.

Дополнительная литература

1. Рожков, В.Н. Контроль качества при производстве летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 2007.
2. Надёжность, испытания, прогнозирование ресурса на этапе создания сложной техники / В. М. Труханов , В. В. Клюев. - М. : Спектр, 2014. - 313 с
3. Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов: / Б.В.Грабин, О.И. Давыдов, В.И. Жихарев и др.; Под ред. В.П.Мишина, В.К. Карраска. М.: Машиностроение, 1991.
4. Надёжность, испытания, прогнозирование ресурса на этапе создания сложной техники / В. М. Труханов , В. В. Клюев. - М. : Спектр, 2014. - 313 с

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Электронно-библиотечная система (ЭБС):

www.e.lanbook.com - неограниченный доступ по договору с ЭБС «Издательство Лань»

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.energia.ru/ktt/archive.html> (журнал «Космическая техника и технологии»)
2. <http://doc.rsc.energia.ru/webtop/>
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/> - электронная свободная энциклопедия «Википедия»
4. <http://www.roscosmos.ru/> - государственная корпорация по космической

деятельности «Роскосмос».

5. <http://www.nasa.gov/> - американское космическое агентство
6. http://doc.rsc.energia.ru/webtop/component/main?__dmfClientId=1457510569398&__dmfRequestId=__client1~~2&__dmfJumpType=jump – труды ученых РКК «Энергия»
7. <http://vip.aspirantura/DocLib3/Forms/AllItems.aspx> - электронная библиотека на портале Аспирантура