

## Аннотации дисциплин ООП (24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика)

### «Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов»

Математическое моделирование в технической физике  
Философские проблемы технической физики (естествознания)  
Информационные технологии в технической физике  
Деловой английский язык  
Теория эксперимента в исследованиях систем  
Вычислительная гидродинамика  
Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов  
Численные методы в аэродинамике  
Спецтехнология  
*Вариативная часть*  
Динамика искусственных спутников Земли  
Основы прикладной магнитной гидродинамики  
Нестационарные режимы горения конденсированных систем  
Динамика полета тел, стабилизируемых вращением  
*Курсы по выбору*  
Процессы теплопередачи в технических устройствах  
Теория турбулентности  
Пакеты прикладных программ  
Динамика ракет-носителей космических аппаратов  
Физико-химическая гидродинамика  
Астродинамика  
Динамика реактивных систем  
Механика гетерогенных потоков  
Методы высокоскоростных измерений  
Теория тяги  
Газодинамические основы внутрикамерных процессов  
Эрозионное горение конденсированных систем  
*Практики. Вариативная часть*  
Учебная практика  
Производственная практика  
НИР  
Преддипломная практика  
Итоговая государственная аттестация

## «Математическое моделирование в технической физике»

Дисциплина относится к базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

Владение культурой мышления, способностью к анализу и синтезу, критическому мышлению, обобщению, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, принятию и аргументированному отстаиванию решений (ОК-1);

Способность к профессиональному росту, совершенствованию и развитию своего интеллектуального и общекультурного уровня (ОК-2);

Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-6);

Способность использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки. (ПК-15);

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

– овладение студентами физическими методами теоретического и экспериментального исследования, методами математического анализа и моделирования для создания новых технических устройств, методами Анализа полученных результатов теоретического моделирования.

– овладение студентами умения применять физические методы теоретического исследования, методы математического анализа и моделирования для задач в области теоретического исследования технических объектов

Содержание курса.

Система уравнений Навье-Стокса. Система уравнений газовой динамики. Система уравнений низкотемпературной плазмы. Уравнения теплофизики. Уравнения Навье-Стокса при малых числах Рейнольдса. Постановка типовых задач. Характеристик одномерных нестационарных уравнений. Постановка задач для одномерных нестационарных уравнений газовой динамики. Характеристики двухмерных стационарных уравнений. Понятие корректно поставленной задачи. Аппроксимация и устойчивость численного решения. Теорема Лакса. Ошибки аппроксимации и их роль в сходимости численного решения к точному решению поставленной задачи.

## Философские проблемы технической физики

Дисциплина относится к базовым дисциплинам ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 час.).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

умением использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-11);

готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-12);

способностью использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач (ОК-14);

осознанием необходимости и способностью к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии (ОПК-6).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

– овладение студентами способностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала, использовать саморазвитие, творческий потенциал, в принятии решений, способностью действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения., навыками решения нестандартных задач, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать получаемые результаты.

Содержание курса.

Концептуальная модель современной философии науки. Возникновение науки и основные стадии ее исторической эволюции. Типы научности. Этапы развития науки. Структура научного знания. Динамика науки как смена концептуальных каркасов. Философия естествознания: актуальные проблемы. История прикладной механики. Философские основания физики. Философские проблемы теории относительности и релятивистской космологии.

## Информационные технологии в технической физике

Дисциплина относится к базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации (ОК-8);

способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-9);

владением навыками работы с компьютером как средством решения различных задач и управления информацией (ОК-15);

способностью применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий, а также современные информационные, компьютерные технологии (ПК-16).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

– овладение студентами основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как со средством управления информацией, основными методами и способами управления информацией, навыками профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов, умение использовать знания теоретических и практических фундаментальных и прикладных наук

Содержание курса.

Поиск информации в Интернете. Базы научных публикаций, индекс цитирования. Работа с облачными системами хранения информации. Лингвистическая обработка информации. Профессиональные возможности электронной почты. Электронные системы личного планирования. Планирование работы организации или коллектива. Современные средства связи. Средства связи: VoIP, Skype (конференции), виртуальные номера. Компьютерные технологии, применяемые при коммерциализации разработок: электронная бухгалтерия на примере системы «Эльба»; контекстная реклама (Google Adwords, Яндекс Директ, социальные сети); продвижение сайтов в Интернете.

Работа «в облаке» (DropBox, Google docs, контакты, заметки).

## Деловой английский язык

Дисциплина относится к базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

– Умение логически верно строить устную и письменную речь, способностью свободно пользоваться государственным языком Российской Федерации и иностранным языком, как средством делового общения (ОК-5).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

– развитие профессионально-ориентированной иноязычной коммуникативной компетентности магистранта;

– формирование необходимой лингвистической базы для решения академических и научно-исследовательских задач.

Содержание курса.

Порядок слов в английском предложении. Части речи и их роль в предложении. Грамматический анализ предложения. Атрибутивные группы. Система времен английского языка. Действительный залог. Страдательный залог. Особенности употребления страдательного залога в научно-технических текстах. Инфинитив и его функции в предложении. Инфинитивные обороты. Практические умения: Описание базовых термодинамических принципов и механизмов. Базовые процессы в термодинамических средах. Герундий и его функции в предложении. Герундиальные обороты. Практические умения: Описание термодинамических сред. Классификация термодинамических сред и их сравнение. Причастие и его функции в предложении. Причастные обороты. Практические умения: Описание устройств для исследования высокоэнергетических материалов. Описание экспериментальных установок. Инженерное образование в России и за рубежом. Грамматика: Модальные глаголы и их эквиваленты. Деловая переписка. Грамматика: Прямая и косвенная речь. Практические умения: Составление деловых писем. Оформление документов. Грамматический анализ предложений. Практические умения: Составление резюме. Оформление заявки на обучение в зарубежном университете.

## Теория эксперимента в исследованиях систем

Дисциплина относится к дисциплинам базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 – Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- обладать способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (ОК-4);
- обладать способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) (ОК-10);
- обладанием и готовностью использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1);
- обладать способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, использованию современной измерительной и вычислительной техники (ПК-18).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

- овладение студентами знаниями для изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области современных методов и средств измерения основных физических величин, навыками постановки эксперимента в задачах проектирования технических систем, физико-математическим аппаратом, необходимым для описания технических систем, алгоритмами получения определяющих критериев подобия.

Содержание курса. Роль экспериментальных исследований в создании и отработке технических систем. Понятие физической и математической модели. Понятие о физическом моделировании, его основные этапы, преимущества и недостатки. Понятие о математическом моделировании. Иерархия уровней математических моделей. Связь физического и математического моделирования. Основные правила моделирования. Понятие о критериях подобия, их роль в исследовании физических процессов. Подобие явлений и систем. Метод анализа размерностей. Основные и производные единиц измерений, система единиц измерений. Размерность физических величин. Элементы теории планирования эксперимента. Аппроксимация опытных данных. Динамические измерения. Обратные задачи в теории эксперимента. Методы и средства измерения физических величин в исследовании систем.

## Вычислительная гидродинамика

Дисциплина относится к базовым дисциплинам ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 час.).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

Обладать владением навыками работы с компьютером как средством решения различных задач и управления информацией ОК-15;

Способностью применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата ПК-11.

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

- подготовка магистрантов к расчетно-проектной деятельности,
- подготовка к научно-исследовательской деятельности.

Содержание курса.

Понятие разностной схемы для уравнения с частными производными. Определение сходимости, аппроксимации, устойчивости разностных схем, простейшие приемы аппроксимации. Основные приёмы построения разностных схем. Метод неопределенных коэффициентов. Построение схем предиктор-корректор. Интегральный метод. Метод контрольного объема. Конструирование граничных условий при построении разностных схем. Методы исследования устойчивости разностных схем. Принцип максимума для разностных схем. Условие Куранта – Фридрихса – Леви сходимости разностной схемы. Спектральный анализ разностной задачи Коши. Необходимое спектральное условие устойчивости. Принцип замороженных коэффициентов. Разностные схемы для расчета обобщенных решений. Механизм возникновения разрывов. Определение обобщенного решения. Дивергентные разностные схемы. Схемы с искусственной вязкостью. Понятие схемной диссипации и дисперсии, вносимых в решение разностной схемой. Методы расчёта течений без ударных волн. Явные схемы бегущего счёта. Неявные схемы бегущего счёта. Метод характеристик: слоями Годунова. Двухшаговые схемы типа Лакса-Вендроффа для нестационарных уравнений газовой динамики. Схемы с явной искусственной вязкостью. Метод Годунова.

Методы экспериментального исследования характеристик  
высокоэнергетических материалов

Дисциплина относится к базовым дисциплинам ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 час.).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

– готовность проводить инновационные инженерные исследования, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, постановку и проведение сложных экспериментов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с применением глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов для достижения требуемых результатов (ПК-12);

– Способность и готовность проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований (ПК-17);

– Способность оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной

научно-исследовательской работы в соответствии с предъявляемыми требованиями (ПК-19);

– Владение процедурами защиты интеллектуальной собственности (ПК-20).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

– овладение студентами методами экспериментальных исследований физических и кинетических характеристик ВЭМ,

навыками экспериментального исследования характеристик ВЭМ, навыками применения стандартного ПК "Статистика" для расчета погрешности эксперимента, навыками оформления документов по защите интеллектуальной собственности.

Содержание курса. Методы исследования дисперсного состава компонентов ВЭМ: определение гранулометрического состава (прибор «Mastersizer 2000»); определение удельной поверхности порошков методом БЭТ (прибор «Tristar-3000»). Определение физико-химических характеристик порошка алюминия. Исследование характеристик термического разложения компонентов ВЭМ Методы изготовления модельных образцов ВЭМ. Методы зажигания ВЭМ. Методы определения стационарной скорости горения в широком диапазоне давлений. Определение законов горения ВЭМ. Диагностика дисперсности и химического состава продуктов сгорания ВЭМ. Методика расчета компонентного состава ВЭМ. Методика термодинамического расчета энергетических характеристик ВЭМ.



## Численные методы в аэродинамике

Дисциплина относится к базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

– способность осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов (ОПК-4);

– готовность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, стремление к профессиональному росту, к активному участию в научной деятельности, конференциях и симпозиумах (ОПК-5);

– обладать владением методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способность критически резюмировать информацию (ПК-14).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

– овладение студентами фундаментальными основами знаний теории и практики исследований в области аэродинамики, методами расчета движения газа около твердого недеформируемого тела при до- и сверхзвуковых скоростях в рамках различных газодинамических подходов с определением области применения того или иного метода, методами расчета сил и моментов, действующих на летательный аппарат во время полета.

– подготовка их к решению комплекса задач, связанных с построением математических моделей и определением характеристик летательных аппаратов, проведением расчетных работ, анализа состояния исследуемого вопроса и определения направления исследований.

Содержание курса.

Приближенные аналитические методы. Метод "местных конусов". Метод "ньютонова торможения". Ограничения приближенных аналитических методов. Метод характеристик. Задача Коши. Уравнения характеристик. Схема решения газодинамических задач методом характеристик. Конечно-разностные методы. Методы построения разностных схем для уравнений газовой динамики. Схемы Лакса, Лакса-Вендрофа, Годунова. Методы "расщепления" в задачах газовой динамики. Подход Эйлера-Лагранжа-Харлоу. Нестационарная аэродинамика.

## Спецтехнология

Дисциплина относится к базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- способность организовывать и возглавлять работу небольшого коллектива инженерно-технических работников, готовность к кооперации с коллегами и лидерству, способность проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности (ОК-7);
- осознание социальной значимости своей будущей профессии, обладанием высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОК-13);
- готовность формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний (ОПК-2);
- умение получать, собирать, систематизировать и анализировать информацию в области летательных аппаратов различного назначения, кораблей, гидроаппаратов, транспортных средств и других объектов и устройств (ОПК-3);
- способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

- овладение студентами фундаментальными основами знаний теории и практики исследований в области основ технологии конструирования и подходах расчета на прочность артиллерийских систем.
- подготовка их к решению комплекса задач, связанных с построением математических моделей, проведением расчетных работ, анализа состояния исследуемого вопроса и определения направления исследований.

Содержание курса.

Устройство артиллерийского ствола. Исходные данные задачи внутренней баллистики. Конструкции стволов. Нагрузки на ствол при выстреле. Нарезка и ее назначение. Назначение эжектора и дульного тормоза. Напряжения и деформации при выстреле. Критерии прочности. Допустимые напряжения. Радиальные колебания. Поперечные колебания. Колебания кручения. Угол вылета. Влияние колебаний на угол вылета. Статический изгиб ствола.

## Динамика искусственных спутников Земли

Дисциплина относится к вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- готовность использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1);
- готовность формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний (ОПК-2);
- способность применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-11);

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с математическим аппаратом кинематики и динамики космических объектов, рассматриваемых как системы твердых тел с подвижными и упругими частями; составление систем уравнений движения центра масс и вокруг него, как твердого управляемого тела; изучение основ теории оптимального управления ориентацией корпуса и орбитальными маневрами. Знакомство с расчетом возмущений гравитационного потенциала и космической аэродинамикой разреженного газа; привитие навыков математического моделирования движения искусственных спутников и конструирования автоматических регуляторов на ПЭВМ.

- приобретение основ фундаментальных знаний и представлений теории полета современных искусственных спутников, умение ставить теоретическую задачу, анализировать и выявлять параметры, необходимые для ее решения.

Содержание курса. Простейшие виды управления орбитой и орбитальные маневры. Вращение спутников вокруг центра масс. Тензор инерции, эллипсоид инерции. Выражения для сил и вращающих моментов, обусловленных центральным гравитационным полем. Вывод системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы. Управление ориентацией корпуса. Магнитная разгрузка маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли. Факторы, возмущающие орбиту ИСЗ. Космическая аэродинамика разреженного газа.

## Основы прикладной магнитной гидродинамики

Дисциплина относится к вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 час.).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13);
- владение методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способность критически резюмировать информацию (ПК-14);
- способность использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15.)

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

- обучение магистрантов основам прикладной магнитной гидродинамики и приобретению профессиональных методологических навыков применения полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности и смежными направлениями исследований;
- усвоение возможностей и навыков дистанционного управления потоками электропроводных сред с помощью электромагнитных полей;
- конкретизация полученных знаний при изучении функциональных возможностей некоторых МГД -устройств, включая высокоскоростные магнитогазодинамические ускорители твердых тел заданной массы и формы;
- изучение на примере плазменных ускорителей особенностей оптимального проектирования МГД -устройств, в том числе для задач баллистического проектирования;
- приобретение навыков сбора и анализа новой научно-технической информации из различных источников, включая Интернет - ресурс.

Содержание курса.

Особенности (МГД) процессов. Возможности прямого дистанционного управления электропроводными средствами с помощью электромагнитных полей. Основная система МГД–уравнений в интегральном виде. . Основные конфигурации МГД–течений. Основные безразмерные критерии магнитной гидродинамики. Свойства электропроводных газов. Ионизация и рекомбинация. Уравнение Саха. Импульсные ускорители плазмы. Методология построения электротехнических моделей МГД–процессов в импульсных ускорителях плазмы. МГД–генераторы электрической энергии. Электрогазодинамические ускорители твердых тел.

## Нестационарные режимы горения конденсированных систем

Дисциплина относится к курсам вариативной части ООП по направлению 24.04.03 – «Баллистика и гидроаэродинамика» магистерской программы «Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов», обязательна для изучения.

Квалификация выпускника – «Магистр». Форма обучения «Очная». Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа). В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-11);
- использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями изучения дисциплины являются:

- освоение , физических основ анализа математических моделей нестационарных режимов горения конденсированных систем, методов изучения математических моделей нестационарных режимов горения конденсированных систем и области их применения, выбора модели нестационарного горения;
- освоение методов изучения нестационарной скорости горения конденсированных систем и навыками интерпретации получаемых результатов, анализа математических моделей процессов нестационарных режимов горения конденсированных систем.

Содержание курса. Классификация нестационарных режимов горения конденсированных систем. Стационарный режим горения конденсированных систем. Общая характеристика конденсированных систем. Горение гомогенных конденсированных систем. Горение гетерогенных конденсированных систем. Модели горения. Модель Зельдовича-Беляева. Модель горения с учетом реакций в конденсированной фазе. Модели горения гетерогенных систем. Феноменологическая теория нестационарного горения конденсированных систем (ZN-теория). Теория Зельдовича (постоянная температура поверхности). Теория Новожилова (переменная температура поверхности). Модели с учетом инерционности газовой фазы. Экспериментальные методы исследования нестационарной скорости горения. Процессы гашения конденсированных систем. Горение конденсированных систем в условиях обдувающего потока. Неустойчивые режимы горения конденсированных систем. Горение конденсированных систем в поле перегрузок. Регулируемые РДТТ.

## Динамика полета тел, стабилизируемых вращением

Дисциплина относится к вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- готовность формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний (ОПК-2);
- способность осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов (ОПК-4);
- способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

- приобретение основ фундаментальных знаний и представлений о принципах, структуре и особенностях динамики полета осесимметричных тел, понимание взаимосвязи многих сложных физических явлений и процессов, позволяющих решать задачи математического моделирования движения тел, стабилизируемых вращением в атмосфере земли.
- ознакомление с методами и подходами решения задач отработки артиллерийских систем.

Содержание курса.

Математические модели движения снарядов. Движения снаряда относительно центра масс при малом угле нутации под действием одного опрокидывающего момента. Движения вращающегося снаряда относительно центра масс при малом угле нутации под действием полной системы сил и моментов. Приложение теории вращательного движения снаряда к практическим вопросам баллистики.

## Процессы теплопередачи в технических устройствах

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 час.).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- готовность использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1);
- готовность формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний (ОПК-2);
- способность применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-11)
- готовность проводить инновационные инженерные исследования, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, постановку и проведение сложных экспериментов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с применением глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов для достижения требуемых результатов (ПК-12);
- способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

- овладение студентами методами теплопередачи, умением решать системы уравнений теплопередачи как сложной системы, умением применять знания на практике, в том числе составлять математические модели теплопередачи, способами решения задач теплопередачи, интерпретировать профессиональный физический смысл полученного математического результата, оригинальными методами решения задач теплопередачи.

Содержание курса. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Турбулентный перенос тепла. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах, при свободном движении жидкости. Теплоотдача при фазовых и химических превращениях. Теплообмен при конденсации пара. Теплообмен при кипении жидкости. Теплообменные аппараты. Теплообменные устройства. Тепловые трубы. Топки и камеры сгорания. Сушильные установки. Теплообмен в РДТТ, в котлах.

## Теория турбулентности

Дисциплина «Теория турбулентности» относится к курсам по выбору вариативной части ООП по направлению 24.04.03 – «**Баллистика и гидроаэродинамика**» магистерской программы «Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов»

Квалификация выпускника – «Магистр». Форма обучения «Очная». Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов). В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

готовностью использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1);

готовностью формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний (ОПК-2);

Выпускник должен обладать способностью применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-11)

Выпускник должен обладать готовностью проводить инновационные инженерные исследования, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, постановку и проведение сложных экспериментов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с применением глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов для достижения требуемых результатов (ПК-12);

Выпускник должен обладать способностью ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются получение знаний основных приемов проверки достоверности записанных математических моделей турбулентных течений жидкости, классические способы анализа представленных уравнений и соответствующих граничных условий, экспериментальные методы их исследования. Знание основ аддитивных газозависимых технологий, приемы записи математических моделей турбулентных течений жидкости, применительно к сложным технологическим процессам, чтобы быть востребованным к практической профессиональной деятельности в области технической физики.

Содержание курса:

- Турбулентное течение в каналах сложной геометрической формы,
- Турбулентное течение в канале с проницаемой границей,
- Моделирование турбулентности в химически реагирующих течениях,
- Математическое моделирование многокомпонентных систем,
- Турбулентность и процессы теплопереноса,
- Течение и теплообмен в области взаимодействия круглой струи с преградой,
- Моделирование крупных вихрей в сложных турбулентных течениях,
- Гибридные методы моделирования отсоединенных вихрей (DES).



## Пакеты прикладных программ

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 час.).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

– Выпускник должен обладать способностью применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий, а также современные информационные, компьютерные технологии (ПК-16).

– Выпускник должен обладать способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, использованию современной измерительной и вычислительной техники (ПК-18).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

– овладение студентами способами решения задач гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники, способностью ориентироваться в постановке задачи динамики ракет-носителей с использованием современной измерительной и вычислительной техники, умением решать задачи возмущенного движения объекта с отсеками, содержащими жидкость с использованием современной измерительной и вычислительной техники, умением применять знания на практике, в том числе составлять математические модели динамики ракет-носителей космических аппаратов на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники.

Содержание курса. Работа в ОС Linux. Построение расчетной геометрии и сетки. Моделирование в Open FOAM. Визуализация результатов в ParaView. Построение графиков, рисунков и видео роликов. Методы и подходы оптимизации и автоматизации этапов моделирования в пакетах прикладных программ.

## Динамика ракет-носителей космических аппаратов

Дисциплина относится к курсам по выбору вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- способность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий, а также современные информационные, компьютерные технологии (ПК-16);
- способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, использованию современной измерительной и вычислительной техники (ПК-18).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

- приобретение основ фундаментальных знаний и представлений теории полета современных ракет-носителей; умение ставить теоретическую задачу, анализировать и выявлять параметры, необходимые для ее решения; применение полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности;
- востребовать и реализовать полученные ранее знания на более высоком уровне их интеграции в рамках системного подхода, обусловленного сложностью больших технических комплексов;

Содержание курса.

Динамика абсолютно жесткого объекта. Методы анализа устойчивости невозмущенного движения. Динамика объекта с отсеками, содержащими жидкость. Краевые задачи гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости. Возмущенное движение объекта с отсеками, частично заполненными жидкостью. Вариационные методы решения краевых задач теории потенциала. Пример для сферического бака. Эквивалентность моделей "жесткой" и "плавающей" крышки. Анализ динамических свойств системы. Элементы нелинейной динамики объекта. Асимптотические подходы к обоснованию динамической схемы. Динамические свойства нелинейных колебаний жидкости в подвижном отсеке.

## Физико-химическая гидродинамика

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 – Баллистика и гидроаэродинамика.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- Обладание и готовность использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1);
- Способность применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-11);
- Способность использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

- овладение студентами основными законами сохранения в механике жидкости и в теории теплообмена, методами математической физики для решения задач физико-химической гидродинамики и навыками интерпретации получаемых результатов, способностью анализа математических моделей процессов физико-химической гидродинамики с последующим выбором методов решения.

Содержание курса. Идеальная жидкость. Уравнения Эйлера. Вязкая жидкость. Уравнение Навье-Стокса. Подобие гидродинамических явлений. Движение жидкости при малых числах Рейнольдса. Пограничный слой. Уравнения пограничного слоя. Общая постановка задачи о движении жидкости. Общие сведения о диффузионной кинетике в жидкостях. Теория Нернста. Теория Лангмюра. Уравнение конвективной диффузии в жидкостях. Диффузионный пограничный слой. Сведение уравнения диффузии к уравнению типа уравнения теплопроводности. Аналогия между диффузией и поверхностным трением. Моделирование гетерогенных химических реакций. Диффузионный критерий Нуссельта. Поверхностный слой. Условие равновесия между двумя жидкими фазами. Капиллярное движение. Гравитационные волны. Капиллярные волны. Волны на поверхности идеальной жидкости. Волны на поверхности вязкой жидкости. Уравнения пленочного движения. Стеkanie жидкости по наклонной плоскости. Определение толщины пленки. Оценка остатка массы жидкости при истечении из емкостей. Пленка на поверхности тела, извлекаемого из неподвижной жидкости. Волновое течение в тонких слоях жидкости.

## Астродинамика

Дисциплина относится к курсам по выбору вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

– готовность использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1);

– способность применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-11);

способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

– освоение основ решения задач о движении космических аппаратов под действием реальных сил и определения их траекторий по результатам наблюдений;

– ознакомление студентов с математическим аппаратом кинематики и динамики космических объектов;

– привитие навыков математического моделирования движения космических аппаратов;

– приобретение основ фундаментальных знаний и представлений теории полета современных космических аппаратов, умение ставить теоретическую задачу, анализировать и выявлять параметры, необходимые для ее решения; применение полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности.

Содержание курса. Основные задачи космонавтики. Средние элементы планетарных орбит как функции времени. Сфера действия планеты. Уравнения движения центра масс КА. Уравнения движения КА относительно центра масс. Этапы движения КА. Виды управляемых движений КА. Управляющие силы. Оптимальные движения. Понятие о программе управления. Непрерывные и импульсные программы. Программы управления при маневре. Импульсные программы управления. Особенности сближения. Оптимальные программы перехвата. Программа управления при посадке с орбиты ожидания. Вертикальная посадка. Снижение в атмосфере. Межпланетные перелеты.

## Динамика реактивных систем

Дисциплина относится к курсам по выбору вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- готовность формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний (ОПК-2);
- способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13);
- обладать методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способностью критически резюмировать информацию (ПК-14).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

- приобретение основ фундаментальных знаний и представлений о принципах, структуре и особенностях динамики полета реактивных снарядов, понимание взаимосвязи многих сложных физических явлений и процессов, позволяющих решать задачи математического моделирования движения неуправляемых реактивных тел в атмосфере земли;
- ознакомление с методами и подходами решения задач лабораторной и полигонных практик отработки реактивных систем.

Содержание курса.

Общие уравнения движения неуправляемых реактивных снарядов в проекциях на оси выбранных систем координат. Движение не вращающегося реактивного снаряда. Построение приближенного решения задачи о колебательном движении реактивного снаряда. Расчет рассеивания РС. Исследование движения вращающихся РС.

## Механика гетерогенных потоков

Дисциплина относится к курсам по выбору вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- готовность формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний (ОПК-2);
- способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13);
- обладать методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способностью критически резюмировать информацию (ПК-14).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

В результате изучения дисциплины магистр получит знания: основных закономерностей нестационарных и установившихся гетерогенных течений (в том числе с учетом турбулентности), освоит способы получения уравнений такого движения, будет знать способы замыкания уравнений движения гетерогенных потоков, освоит приемы численного моделирования гетерогенных потоков, в том числе – с учетом турбулентности, на основе алгебраических моделей, с использованием модельных уравнений обмена массой, импульсом и энергией между компонентами течения на основе моделей взаимодействия компонент гетерогенных потоков применительно к течениям в соплах, вихревых камерах, трубах, при обтекании тел различной конфигурации, в температурно-стратифицированных средах, при вынужденной и свободной конвекции, при горении и др. природных и технологических явлениях.

## Методы высокоскоростных измерений

Дисциплина относится к курсам по выбору вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) (ОК-10);
- способность осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов (ОПК-4);
- способность и готовностью проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований (ПК-17);
- способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, использованию современной измерительной и вычислительной техники (ПК-18).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

- ориентация в выборе аэромеханической, баллистической установки для проведения необходимых испытаний;
- выбор методов для измерения плотности, температуры, скорости потока для проведения аэромеханических и баллистических экспериментов;
- выбор метода измерений коротких интервалов времени;
- ориентация в приемах визуализации исследуемых процессов, включая высокоскоростную фотографию в видимом свете и рентгеновских лучах.

Содержание курса.

Аэродинамика высокоскоростных течений. Расчет легкогазовых метательных установок. Аэромеханические установки больших сверхзвуковых скоростей. Методы измерений в сверхзвуковых трубах.

## Теория тяги

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

обладать способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) (ОК-10);

обладать способностью осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов (ОПК-4);

обладать способностью и готовностью проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований (ПК-17);

обладать способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, использованию современной измерительной и вычислительной техники (ПК-18).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

– овладение студентами основными физическими закономерностями, лежащими в основе внутрибаллистических измерений, умения использовать фундаментальные научные знания в качестве основы внутрибаллистических измерений, фундаментальными научными знаниями для описания внутрибаллистических процессов, знаниями основы двухфазных течений в двигателях и соплах РДТТ способами решения задач внутрибаллистических измерений и интерпретировать физический смысл полученного математического результата, способностью ориентироваться в применении различных методов решения задач внутренней баллистики.

Содержание курса. Поведение частиц продуктов сгорания в двухфазных потоках. Силы взаимодействия частиц и газа. Устойчивость жидких частиц в потоке. Числа Вебера и Бонда. Термодинамический расчет продуктов сгорания твердых ракетных топлив. Понятие удельного импульса реактивной силы. Математическая модель квазиодномерного неравновесного двухфазного потока. Потери удельного импульса на неравновесность. Численные методы расчета квазиодномерных двухфазных течений. Выпадение частиц на стенки двигателя и сопла. Прямые методы построения оптимальных контуров сопел.



## Газодинамические основы внутрикамерных процессов

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- Выпускник должен обладать готовностью использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1)
- Выпускник должен обладать способностью применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (К-11).
- Выпускник должен обладать способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

- овладение студентами навыками использования основных законов сохранения в задачах внутренней баллистики для профессиональной деятельности, уметь проводить расчет процесса выстрела из ствольной системы с использованием классической и нетрадиционных схем заряжания на основе газодинамических моделей, использовать методы и численные схемы интегрирования систем уравнений в частных производных, описывающих выстрел из ствольных систем, методами математической физики для решения задач внутренней баллистики ствольных систем навыками интерпретации получаемых результатов, способностью анализа математических моделей процессов внутренней баллистики с последующим выбором методов решения

Содержание курса. Основные процессы артиллерийского выстрела. Основы теории горения порохов. Решение основной задачи внутренней баллистики на основе классической модели. Современные проблемы и задачи внутренней баллистики ствольных систем. Газодинамические модели внутренней баллистики. Задача Лагранжа. Модель выстрела на основе односкоростной газопороховой смеси. Модель выстрела на основе двухскоростной газопороховой смеси.

Модель выстрела с полидисперсным пороховым зарядом и диспергирующимися моноблоками. Модель выстрела с низкопористыми зарядами конвективного горения. Численные методы внутренней баллистики ствольных систем. Схема интегрирования системы уравнений для модели односкоростной газопороховой смеси. Численное решение сопряженных задач внутренней баллистики ствольных систем.

## Эрозионное горение конденсированных систем

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- Выпускник должен обладать готовностью использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1)
- Выпускник должен обладать способностью применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (К-11).
- Выпускник должен обладать способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15).

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – зачет.

Целями освоения дисциплины являются:

- овладение студентами навыками получать численное решение задачи эрозионного горения, владения физико-математическим аппаратом, необходимым для описания процессов эрозионного горения, применять на практике методы математического моделирования процессов эрозионного горения, анализа математических моделей процессов эрозионного горения.

Содержание курса.

Турбулентное горение газов. Методы экспериментального исследования. Турбулентное горение газов. Методы математического моделирования. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Методы решения уравнений гидродинамического и теплового пограничных слоев. Основные закономерности эрозионного горения. Эрозионное горение в двигателях на твердом топливе. Эрозионное горение в АУ. Методики учета эрозионного горения при моделировании высокоэнергетических процессов. Учет эрозии при проектировании устройств и двигателей. Методы расчета коэффициентов теплообмена при омывании плоской пластины вязкой несжимаемой жидкостью с различными свойствами. Методы расчета температурного пограничного слоя. Сравнение с точным решением.

Методы расчета теплообмена при химических превращениях (решение задач зажигания к-веществ в различных условиях). Методы расчета теплообмена при течении газа в трубе.

## Учебная практика

Дисциплина относится к базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (2 недели).

Магистрант должен развить следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

– умением получать, собирать, систематизировать и анализировать информацию в области летательных аппаратов различного назначения, кораблей, гидроаппаратов, транспортных средств и других объектов и устройств (ОПК-3);

– способностью осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов (ОПК-4);

Учебная практика студентов имеет целью приобретение практических навыков и умения получать, собирать, систематизировать и анализировать информацию в области летательных аппаратов различного назначения, баллистики ракетно-ствольных систем, при анализе основных проблем своей предметной области.

Учебная практика магистрантов проводится в рамках общей программы магистерской подготовки.

Результатами учебной практики для магистранта будут:

- углубление и закрепление теоретических знаний;
- приобретение навыков подготовки научных материалов и их использования при проведении научных исследований;
- изучение современных технических и информационных средств, повышающих эффективность научно-исследовательских технологий.

Учебная практика считается завершенной при условии выполнения магистрантом всех требований программы практики.

По результатам практики на заседании кафедры заслушивается доклад магистранта и выносится решение о зачете по учебной практике.

Зачет по практике заносится в экзаменационную ведомость и зачетную книжку магистранта.

## Производственная практика

Дисциплина относится к вариативной части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13);
- владение методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способность критически резюмировать информацию (ПК-14);
- способность использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15.)

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: опрос, тестирование, выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целями освоения дисциплины являются:

- обучение магистрантов основам прикладной магнитной гидродинамики и приобретению профессиональных методологических навыков применения полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности и смежными направлениями исследований;
- усвоение возможностей и навыков дистанционного управления потоками электропроводных сред с помощью электромагнитных полей;
- конкретизация полученных знаний при изучении функциональных возможностей некоторых МГД -устройств, включая высокоскоростные магнитогазодинамические ускорители твердых тел заданной массы и формы;
- изучение на примере плазменных ускорителей особенностей оптимального проектирования МГД -устройств, в том числе для задач баллистического проектирования;
- приобретение навыков сбора и анализа новой научно-технической информации из различных источников, включая Интернет - ресурс.

Содержание курса.

Особенности (МГД) процессов. Возможности прямого дистанционного управления электропроводными средствами с помощью электромагнитных полей. Основная система МГД–уравнений в интегральном виде. . Основные конфигурации МГД–течений. Основные безразмерные критерии магнитной гидродинамики. Свойства электропроводных газов. Ионизация и рекомбинация. Уравнение Саха. Импульсные ускорители плазмы. Методология построения электротехнических моделей МГД–процессов в импульсных ускорителях плазмы. МГД–генераторы электрической энергии. Электрогазодинамические ускорители твердых тел.

## Преддипломная практика

Дисциплина относится к базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 21 зачетных единиц (14 недель).

В результате прохождения научно-исследовательской практики обучающийся должен приобрести элементы следующих общекультурных и профессиональных компетенций:

осознанием социальной значимости своей будущей профессии, обладанием высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОК-13);

способностью осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов (ОПК-4);

осознанием необходимости и способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии (ОПК-6).

владением процедурами защиты интеллектуальной собственности (ПК-20);

Основной целью НИР магистранта по направлению подготовки 24.04.03 – Баллистика и гидроаэродинамика является развитие способности самостоятельного осуществления научно-исследовательской работы, связанной с решением сложных профессиональных задач в инновационных условиях.

Научно-исследовательская работа в семестре выполняется студентом-магистрантом под руководством научного руководителя. Направление научно-исследовательских работ магистранта определяется в соответствии с магистерской программой и темой магистерской диссертации.

НИР магистров выполняется на протяжении всего периода обучения в магистратуре. На первом году обучения она осуществляется одновременно с учебным процессом, на втором году обучения – в процессе подготовки магистерской диссертации.

Результаты научно-исследовательской работы должны быть оформлены в письменном виде (отчет) и представлены для утверждения научному руководителю. Отчет о научно-исследовательской работе магистранта с визой научного руководителя должен быть представлен на выпускающую кафедру. К отчету прилагаются ксерокопии статей, тезисов докладов, опубликованных за текущий семестр, а также докладов и выступлений магистрантов в рамках научно-исследовательского семинара кафедры.

## Преддипломная практика

Дисциплина относится к базовой части ООП магистратуры по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 24 зачетных единиц (16 недель).

В период преддипломной практики магистрант должен развить компетенции в области научно-исследовательской деятельности:

способностью ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13);

владением методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способностью критически резюмировать информацию (ПК-14);

способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15);

способностью оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной научно-исследовательской работы в соответствии с предъявляемыми требованиями (ПК-19);

Контроль знаний, умений и навыков осуществляется в следующих формах: выполнение заданий. Итоговая форма отчетности – экзамен.

Целью преддипломной практики магистров по направлению подготовки 24.04.03 – **Баллистика и гидроаэродинамика** является:

- закрепление и углубление теоретических и практических знаний, полученных во время научно-исследовательской работы, учебной и производственной практик, аудиторных занятий при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин;

- приобретение профессиональных умений и навыков в области проектирования, внедрения технологических процессов, применения методов математического моделирования;

- сбор материалов для написания выпускной квалификационной работы на соискание академической степени магистра.

Основой эффективности преддипломной практики является самостоятельная и индивидуальная работа студентов. Важным фактором является приобщение студента к самостоятельной научно-исследовательской деятельности с целью формирования компетенций необходимых для работы в профессиональной среде.

Аттестация по итогам практики проводится на основании защиты оформленного отчета и отзыва научного руководителя практики на семинаре выпускающей кафедры. По итогам положительной аттестации студенту выставляется оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно). Форма и вид отчетности (дневник, отчет и т.п.) студентов-магистрантов о прохождении преддипломной практики определен с учетом требований ФГОС.

## Государственная итоговая аттестация

Дисциплина относится к разделу ООП по направлению 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика, обязательна для изучения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часа).

В соответствии с требованиями ФГОС ВО дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

способностью применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-11);

готовностью проводить инновационные инженерные исследования, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, постановку и проведение сложных экспериментов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с применением глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов для достижения требуемых результатов (ПК-12);

способностью ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13);

владением методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способностью критически резюмировать информацию (ПК-14);

способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15);

способностью применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий, а также современные информационные, компьютерные технологии (ПК-16);

способностью и готовностью проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований (ПК-17);

способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, использованию современной измерительной и вычислительной техники (ПК-18);

способностью оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной научно-исследовательской работы в соответствии с предъявляемыми требованиями (ПК-19);

владением процедурами защиты интеллектуальной собственности (ПК-20).

### **Цели государственной итоговой аттестации**

Целью итоговой государственной аттестации является установление уровня развития и освоения выпускником профессиональных компетенций по направлению подготовки 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика и качества его подготовки к деятельности в области:

– - теоретических, компьютерных и экспериментальных исследований научно-технических проблем и решения задач технической физики - задач теории горения и взрыва, устойчивости горения конденсированных высокоэнергетических веществ, исследование свойств высокоэнергетических материалов, использование высокоэнергетических материалов в качестве рабочего тела в приборах и изделиях, технических устройствах;

– - применения информационных технологий, современных систем компьютерной математики, технологий конечно-элементного анализа и вычислительной технической физики, наукоемких компьютерных технологий - программных систем компьютерного проектирования, программных систем инженерного анализа и компьютерного инжиниринга;

– - исследования проблем горения высокоэнергетических материалов в энергоустановках;

Итоговый контроль по дисциплине – оценка.