

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 12.07.2021 15:42:38
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и мето-
дической работе
_____ Б.В. Пекаревский
« ____ » _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
ВНУТРЕННЯЯ БАЛЛИСТИКА РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
(Начало подготовки 2017 год)
Направление подготовки
18.00.00 Химические технологии
Специальность
18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий
Специализация № 2
Химическая технология полимерных композиций, порохов и
твёрдых ракетных топлив
Квалификация
Инженер
Форма обучения
Очная

Факультет **инженерно-технологический**
Кафедра **химии и технологии высокомолекулярных соединений**

Санкт-Петербург
2016

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

| Должность | Подпись | Ученое звание, фамилия, инициалы |
|---------------|---------|-------------------------------------|
| <i>Доцент</i> | | Веретенников Е.А. |

Рабочая программа дисциплины «Внутренняя баллистика ракетных двигателей» обсуждена на заседании кафедры химии и технологии высокомолекулярных соединений протокол от «___»_____ 2016 № _____.

Заведующий кафедрой

М.А. Ищенко

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета протокол от «___»_____ 2016 № _____.

Председатель

В.В. Прояев

СОГЛАСОВАНО

| | | |
|----------------------------------------------------------------|--|------------------|
| Руководитель направления 18.05.01 | | В.В. Самонин |
| Директор библиотеки | | Т.Н. Старостенко |
| Начальник методического отдела учебно-методического управления | | Т.И. Богданова |
| Начальник УМУ | | С.Н. Денисенко |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы | 4 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы | 6 |
| 3. Объем дисциплины..... | 7 |
| 4. Содержание дисциплины..... | 8 |
| 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий. | 8 |
| 4.2. Занятия лекционного типа | 8 |
| 4.3. Занятия семинарского типа | 11 |
| 4.3.1. Семинары, практические занятия | 11 |
| 4.3.2. Лабораторные занятия | 11 |
| 4.4. Самостоятельная работа обучающихся..... | 12 |
| 4.4.1. Темы рефератов | 12 |
| 4.4.2. Темы творческих заданий..... | 12 |
| 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине | 12 |
| 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации | 13 |
| 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины..... | 13 |
| 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины | 14 |
| 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины..... | 14 |
| 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине | 15 |
| 10.1. Информационные технологии..... | 15 |
| 10.2. Программное обеспечение..... | 15 |
| 10.3. Информационные справочные системы..... | 15 |
| 11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине | 15 |
| 12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья | 15 |
| Приложение 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации..... | 16 |

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| <i>Коды компетенции</i> | Результаты освоения ООП (содержание компетенций) | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-10 | способность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - энергетические и эксплуатационные свойства твердого топлива (ТТ) для ракетных двигателей (РД); - механизмам их горения и влияние характеристик ТТ на параметры работы РД; - процессы протекающие при работе РД; - взаимосвязь свойств ТТ с баллистическими характеристиками РД; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять значения контролируемых параметров процесса горения ТТ; - производить работы по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов РД в соответствии с техническими заданиями; - способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования современных технических средств эксперимента для определения баллистических характеристик РДТТ. |

| <i>Коды компетенции</i> | Результаты освоения ООП (содержание компетенций) | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПСК-2.1 | способность управлять технологическими процессами получения порохов, твердых ракетных топлив, полимерных композиционных материалов и изделий из них, а также отдельных компонентов, прогнозировать и регулировать их эксплуатационные свойства, определять параметры технологических процессов их получения; | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - химические и физико-химические процессы, протекающие при получении компонентов ТТ; - физико-химические процессы, протекающие при получении ТТ; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать взаимосвязь между параметрами технологического процесса и эксплуатационными свойствами ТТ; - анализировать взаимосвязь физико-химических, энергетических, взрывчатых свойств компонентов ТТ и физико-механических, энергетических и взрывчатых характеристик получаемых ТТ; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками управления технологическим процессом получения ТТ с целью регулирования свойств продукта. |
| ПСК-2.4 | готовность проводить стандартные и сертификационные испытания порохов, твердых ракетных топлив, полимерных композиционных материалов и изделий на их основе. | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - назначение компонентов ТТ; - назначение вспомогательных материалов для производства ТТ; - требования, предъявляемые к компонентам ТТ; - принципы создания ТТ; - стандартные методы испытания ТТ; |

| Коды компетенции | Результаты освоения ООП (содержание компетенций) | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить обоснованный выбор компонентов (сырья) и нормативов расходования сырья для обеспечения заданных характеристик ТТ; - выдавать рекомендации по проектированию РДТТ; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками лабораторного испытания ТТ; - навыками по разработке усовершенствованных методов анализа ТТ на основании описанных в литературе методов. |

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Внутренняя баллистика ракетных двигателей» входит в блок дисциплин специализации. Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с разделами Федерального Государственного Образовательного Стандарта специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» для специализации № 2 «Химическая технология полимерных композиций, порохов и твердых ракетных топлив». В учебном плане дисциплина имеет индекс Б1.В.ДВ.02.01 – дисциплина относится к вариативной части к дисциплинам по выбору. Учебная дисциплина «Внутренняя баллистика ракетных двигателей» изучается на пятом курсе в 10 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин:

«Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Химия полимеров», «Физика полимеров», «Физико-химические методы анализа», «Процессы и аппараты химической технологии», «Организация и управление производством», «Основы проектирования и оборудования заводов», «Технология целлюлозы и нитратов целлюлозы», «Химия и технология пироксилиновых порохов», «Химия энергонасыщенных соединений», «Химическая технология энергонасыщенных материалов».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Внутренняя баллистика ракетных двигателей» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе специалиста и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины

| Вид учебной работы | Всего, академических часов |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| | Очная форма обучения |
| Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов) | 5/ 180 |
| Контактная работа с преподавателем: | 62 |
| занятия лекционного типа | 36 |
| занятия семинарского типа, в т.ч. | 18 |
| семинары, практические занятия | 18 |
| лабораторные работы | — |
| курсовое проектирование (КР или КП) | — |
| КСР | 8 |
| другие виды контактной работы | — |
| Самостоятельная работа | 91 |
| Формы текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе) | |
| Форма промежуточной аттестации (зачет, КР, КП, экзамен) | экзамен (27) |

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Занятия лекционного типа, акад. часы | Занятия семинарского типа, акад. часы | | Самостоятельная работа, акад. часы | Формируемые компетенции |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | | | Семинары и/или практические занятия | Лабораторные работы | | |
| 1 | Основные сведения о внутренней баллистике ракетных двигателей на твердом топливе | 4 | — | — | 4 | ПК-10 |
| 2 | Основы теории ракетных двигателей | 10 | — | — | 26 | ПК-10 |
| 3 | Баллистические характеристики твердых ракетных топлив и внутрикамерные процессы РДТТ | 12 | 9 | — | 26 | ПК-10 ПСК-2.1 |
| 4 | Ракетные двигатели, их функции и принципиальная схема, ракетные двигательные установки | 6 | — | — | 15 | ПК-10, |
| 5 | Термодинамический расчет ракетного двигателя | 4 | 9 | — | 20 | ПК-10, ПСК-2.4 |

4.2. Занятия лекционного типа

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | <u>Основные сведения о ракетных двигателях на твердом топливе</u> Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалиста. Состав дисциплины. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература. | 4 | — |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| | <p>Применение ракетных двигателей в военной технике и в народном хозяйстве. Роль русских ученых в развитии науки и практики ракетостроения. Связь курса с другими специальными дисциплинами.</p> | | |
| 2 | <p><u>Основы теории ракетных двигателей</u></p> <p>Определение реактивного движения. Химический РД как тепловой двигатель. Классификация химических РД. Классификация РДТТ. Тяга двигателя, вывод и анализ формулы для определения силы тяги. Удельная тяга двигателя. Скорость истечения газов через сопло реактивного двигателя. Секундный расход газов. Зависимость параметров газов от местной скорости потока. Критическое сечение. Сопло Лавала. Коэффициенты полезного действия РД.</p> <p>Идеальная скорость одноступенчатой ракеты. Число Циолковского и коэффициент качества конструкции. Анализ формулы Циолковского. Идеальная скорость многоступенчатой ракеты. Скорость ракеты в поле тяготения и анализ полученной зависимости. Основные элементы РДТТ, назначение, конструктивное оформление, применяемые материалы. Разновидности соплового блока. Управление тягой по величине и направлению. Разновидности пороховых зарядов. Обеспечение заданной программы тяги.</p> | 10 | — |
| 3 | <p><u>Баллистические характеристики твердых ракетных топлив и внутрикамерные процессы РДТТ</u></p> <p>Требования, предъявляемые к ТРТ (энергетические, конструкционные и эксплуатационные). Особенности горения порохов в РД. Уравнение теплового баланса для реакционной зоны конденсированной фазы ТРТ, отражающее влияние различных факторов на скорость горения. Эрозионное горение. Пороговая скорость газового потока. Коэффициент эрозии. Вибрационное горение ТРТ и способы его предотвращения.</p> <p>Зависимость скорости горения ТРТ от начальной температуры и ее влияние на изменение давления в камере РД. Современные представления о процессе воспламенения зарядов ТРТ. Выбор природы и расчет веса</p> | 12 | — |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------|
| | воспламенителя. Основная задача внутренней баллистики РДТТ. Расчет равновесного давления в камере сгорания. Оценка чувствительности давления к изменению параметров заряда и двигателя. Влияние баллистических характеристик ТРТ на устойчивость давления в камере сгорания РДТТ | | |
| 4 | <p><u>Ракетные двигатели их функции и принципиальная схема, ракетные двигательные установки</u></p> <p>Разгон, торможение и перемещение летательного аппарата (ЛА), движения в среде, в пустоте. Независимость движения центра масс ЛА. Тяга реактивных двигателей. Принцип действия реактивных двигателей. Ресурсы (источники) массы и энергии, затрачиваемые на ускорение (разгон) ЛА. Реактивный двигатель непрямого действия. Реактивный двигатель прямого действия. Схема ракетного двигателя с совмещённым и независимым источником энергии и рабочего тела.</p> <p>Классификация ракетных двигателей по различным признакам.</p> | 6 | — |
| 5 | <p><u>Термодинамический расчет ракетного двигателя</u></p> <p>Задачи термодинамического расчета. Исходные данные, допущения. Расчет процесса сгорания топлива. Расчет состава продуктов сгорания при заданных температуре продуктов сгорания и давлении в камере сгорания. Расчет температуры продуктов сгорания. Расчет процесса истечения. Равновесный и неравновесный процесс истечения. Расчет состава и температуры продуктов сгорания на срезе сопла. Анализ формулы.</p> <p>Потери энергии в камере сгорания и на срезе сопла (химические, тепловые, газодинамические, за счет двухфазности потока). Использование ЭВМ для решения задач термодинамического расчета. Упрощенные методы термодинамического расчета РД и граница пригодности их для решения задач проектирования.</p> | 4 | — |

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| 3 | <p>- Эксплуатационные характеристики ТТ. Стабильность физико-механических и энергетических характеристик. Безопасность топлива в отношении детонации и взрывов.</p> <p>Баллиститные ТРТ. Характеристики нитроцеллюлозы и пластификаторов. Модифицированные баллиститные ТРТ.</p> <p>Смесевые ТРТ. Кристаллические окислители. Полимерные горючие связующие. Металлические добавки в виде мелкодисперсных порошков.</p> <p>Технологические добавки. Катализаторы для регулирования скорости горения.</p> <p>Влияние конденсированной фазы на параметры потока продуктов сгорания.</p> | 9 | |
| 5 | <p>- Массовый состав компонентов топлива. Условная химическая формула.</p> <p>Стехиометрическое и реальное соотношение компонентов топлива.</p> <p>Коэффициент избытка окислителя. Состав топлива при отдельной подаче компонентов. Энтальпия образования компонентов топлива. Расчет энтальпии компонентов при условиях подачи в камеру сгорания. Энтальпия топлива при отдельной подаче компонентов.</p> | 9 | |

4.3.2. Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Самостоятельная работа обучающихся

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения | Объем, акад. часы | Форма контроля |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|
| 1 | Применение ракетных двигателей в народном хозяйстве. | 4 | |
| 2 | Идеальная скорость одноступенчатой ракеты. Идеальная скорость многоступенчатой ракеты. Обеспечение заданной программы тяги. Токсичность продуктов взрывчатого превращения | 26 | коллоквиум |
| 3 | Критические явления и нестационарное горение порохов в объеме Качественный анализ зависимости максимального давления от параметров горения пороха и начальной температуры Аномалии "температурного градиента" максимального давления Баллистические характеристики металлизированных ТТ | 26 | коллоквиум |
| 4 | Физическая и химическая стабильности ТТ Методы определения работоспособности взрывчатых систем Процессы старения гомогенных и гетерогенных систем, меры по увеличению сроков хранения | 15 | коллоквиум |
| 5 | Методика внутрибаллистического проектирования РДТТ Порядок расчета Выбор номинального давления в камере Проектирование зарядов РДТТ | 20 | коллоквиум |

4.4.1. Темы рефератов

Учебным планом не предусмотрены

4.4.2. Темы творческих заданий

Учебным планом не предусмотрены

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- 1 Веретенников, Е. А. Внутренняя баллистика ракетных двигателей на твердом топливе: учебное пособие / Е. А. Веретенников. – СПб : СПбГТИ(ТУ), 2009. – 63 с.
- 2 Рогов, Н. Г. Смесевые ракетные твердые топлива: Компоненты. Требования. Свойства : учебное пособие / Н. Г. Рогов, М. А. Ищенко. – СПб. : СПбГТИ (ТУ), 2005. – 195 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

По итогам освоения дисциплины проводится экзамен. На экзамене студентам предлагается ответить на вопросы по материалам учебной дисциплины.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Ответы на поставленные вопросы на экзамене даются в письменном виде. Оценка за экзамен является итоговой по курсу «Внутренняя баллистика ракетных двигателей».

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Химические РД как тепловые двигатели.
2. Экспериментальные методы определения баллистических характеристик СРТТ

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Веретенников, Е. А. Внутренняя баллистика ракетных двигателей на твердом топливе: учебное пособие / Е. А. Веретенников. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2009. – 63 с.

б) дополнительная литература:

2. Гуменюк, Г.Я. Основы технологического проектирования производств энергонасыщенных материалов : учебное пособие / Г. Я. Гуменюк, Е. А. Веретенников. СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 73 с.

в) вспомогательная литература:

3. Рогов, Н. Г. Смесевые ракетные твердые топлива: Компоненты. Требования. Свойства : учебное пособие / Н. Г. Рогов, М. А. Ищенко. – СПб. : СПбГТИ (ТУ), 2005. – 195 с.
4. Новожилов, Б. В. Нестационарное горение твердых ракетных топлив / Б. В. Новожилов. – М. : Наука, 1973. – 290 с.
5. Дорофеев, А. А. Основы теории тепловых ракетных двигателей (Общая теория ракетных двигателей) / А. А. Дорофеев. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – 135 с.
6. Абашев, В.М. Концептуальное проектирование ракетных двигателей твердого топлива : учебное пособие / В. М. Абашев. – М. : МАИ, 2000. – 104 с.
7. Тимнат, И. Ракетные двигатели на химическом топливе / И. Тимнат. — М. : Мир, 1990. — 294 с.

8. Штехер, М. С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей : учебное пособие для авиационных вузов. / М. С. Штехер. – М. : Машиностроение, 1976. – 304 с.
9. Ерохин, Б. Т. Нестационарные и квазистационарные режимы работы РДТТ / Б. Т. Ерохин, А. М. Липанов.— М. : Машиностроение, 1977. – 200 с.
10. Фахрутдинов, И. Х. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива / И. Х. Фахрутдинов, А. В. Котельников.— М. : Машиностроение, 1987. – 289 с.
11. Присняков, В. Ф. Динамика ракетных двигателей твердого топлива / В. Ф. Присняков. — М. : Машиностроение, 1984. – 196 с.
12. Веницкий, А. М. Ракетные двигатели на твердом топливе / А. М. Веницкий. – М. : Машиностроение, 1973. – 294 с.
13. Жегров, Е. Ф. Химия и технология баллистических порохов, твердых ракетных и специальных топлив. В 2-х т. Т. 1: Химия / Е. Ф. Жегров, Ю. М. Милехин, Е. В. Берковская. – М.: РИЦ МГУП им. И. Федорова, 2011. – 400 с.
14. Жегров, Е. Ф. Химия и технология баллистических порохов, твердых ракетных и специальных топлив. В 2-х т. Т. 2: Технология / Е. Ф. Жегров, Ю. М. Милехин, Е. В. Берковская. – М.: РИЦ МГУП им. И. Федорова, 2011. – 551 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы – доступ с использованием ресурсов сети «Интернет» не предусматривается;

электронно-библиотечные системы:

ФГБУ «Библиотеки РАН» (www.rasl.ru)

ФГБУ «Российской национальной библиотеки» (www.nlr.ru)

ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (www1.fips.ru)

ФБГУН «ВИНИТИ РАН» (www2.viniti.ru)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Внутренняя баллистика ракетных двигателей» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов являются:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

10.1. Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено взаимодействие с обучающимися посредством электронных презентаций при чтении лекций и проведении семинарских занятий.

10.2. Программное обеспечение

Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint), КОМПАС-3D (или КОМПАС-3D LT) и др.

10.3. Информационные справочные системы

Поисковая система «Яндекс» (www.yandex.ru)

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Дисциплина «Внутренняя баллистика ствольных систем» обеспечена необходимой учебной, учебно-методической и справочной литературой, предоставляемой кафедрой ХТ ВМС. При чтении лекций по дисциплине используются презентации, слайды, рисунки и схемы, представляемые с помощью мультимедийного проектора.

Лекционная аудитория оснащена мультимедийной системой с комплектом презентаций и видеofilьмов.

Лабораторный практикум проводится в специально оборудованной лаборатории.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации
по дисциплине «Внутренняя баллистика ракетных двигателей»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования

| Компетенции | | |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Индекс | Формулировка | Этап формирования |
| ПК-10 | способность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований; | промежуточный |
| ПСК-2.1 | способностью управлять технологическими процессами получения порохов, твердых ракетных топлив, полимерных композиционных материалов и изделий из них, а также отдельных компонентов, прогнозировать и регулировать их эксплуатационные свойства, определять параметры технологических процессов их получения; | промежуточный |
| ПСК-2.4 | готовность проводить стандартные и сертификационные испытания порохов, твердых ракетных топлив, полимерных композиционных материалов и изделий на их основе | промежуточный |

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

| Показатели оценки результатов освоения дисциплины | Планируемые результаты | Критерий оценивания | Компетенции |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| Освоение раздела № 1 | Применение ТТ в военной технике и народном хозяйстве. РДТТ. Связь внутренней баллистики с технологией производства ТТ. Процессы и явления, протекающие при движении ЛА. Баллистические и физико-химические характеристики ТТ. Методы получения и свойства, характеристики и области применения основных твердых ракетных топлив, об основных тенденциях и направлениях разработки перспективных топлив, процессах, протекающих при сгорании топлива - | Правильные ответы на вопросы № 1, 2 к экзамену | ПК-10 |

| Показатели оценки результатов освоения дисциплины | Планируемые результаты | Критерий оценивания | Компетенции |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------|
| Освоение раздела № 2 | <p>Реактивное движение. Классификация РД. Тяга двигателя, вывод и анализ формулы для определения силы тяги. Скорость истечения газов через сопло реактивного двигателя. Критическое сечение. Сопло Лаваля. Коэффициенты полезного действия РД. Идеальная скорость одноступенчатой ракеты. Число Циолковского. Формула Циолковского. Идеальная скорость многоступенчатой ракеты. Скорость ракеты в поле тяготения Конструкции РДТТ. Разновидности соплового блока. Управление тягой. Обеспечение заданной программы тяги.</p> | Правильные ответы на вопросы № 3 – 12 к экзамену | ПК-10 |
| Освоение раздела № 3 | <p>Механизм горения ТРТ. Процессы в зоне газификации, подготовительной зоне и зоне светящегося пламени. Уравнение теплового баланса на границе твердой фазы и зоны газификации. Массовая и линейная скорости горения. Ширина зоны газификации. Кинетический режим горения. Влияние давления. Разложение горючего и окислителя на границе твердой и газообразной фаз. Комбинированный диффузионно-кинетический режим горения в газовой фазе. Ширина зоны пламени. Влияние давления.</p> | Правильные ответы на вопросы № 13 – 14, 26 – 28 к экзамену | ПК-10 ПСК-2.1 |
| Освоение раздела № 4 | Принцип действия реактивных двигателей. движения центра масс ЛА. | Правильные ответы на вопросы № 15 – 23 к экзамену | ПК-10 |
| Освоение раздела № 5 | Расчет процесса сгорания топлива. Расчет состава продуктов сгорания. Упрощенные методы термодинамического расчета РД. | Правильные ответы на вопросы № 24, 25, 29, 30 к экзамену | |

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, результат оценивания – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-10

1. Классификация ракетных двигателей.
2. Химические РД как тепловые двигатели.
3. Сила тяги РДТТ (вывод и анализ расчетной формулы).
4. Удельная тяга РД (вывод и анализ формулы).
5. Скорость истечения продуктов сгорания СРТТ на срезе сопла РД (вывод и анализ формулы).
6. Расчет продуктов сгорания СРТТ с учетом реакции термической диссоциации по методам А.И. Полярного и Я.Б. Зельдовича, А.П. Ваничева, отличия.
7. Закон скорости горения СРТТ и влияние его на устойчивость давления в камере сгорания.
8. Зависимость скорости горения СРТТ от начальной температуры заряда и влияние её на устойчивость давления в камере сгорания РДТТ.
9. Экспериментальные методы определения баллистических характеристик СРТТ.
10. Идеальная скорость одноступенчатой ракеты. Влияние СРТТ и коэффициента качества конструкции на идеальную скорость.
11. Идеальная скорость многоступенчатой ракеты. Влияние свойств топлива.
12. Скорость ракеты в поле тяготения Земли (вывод и анализ формулы).
13. Назначение компонентов ТТ.
14. Физико-химические и баллистические характеристики ТТ.
15. Чувствительность давления в камере сгорания РДТТ к изменениям параметров заряда и двигателя.
16. Коэффициенты полезного действия РДТТ.
17. Установившееся давление в камере сгорания РДТТ.
18. Условия возникновения эрозийного, вибрационного и аномального горения СРТТ.
19. Факторы, влияющие на скорость горения СРТТ. Влияние начальной температуры заряда.
20. Сравнительный анализ характеристик баллистических и смесевых ТРТ. Области применения.
21. Порядок проектирования РДТТ.
22. Формы топливных элементов.
23. Текущее давление при горении ТТ в постоянном объеме.
24. Расчет процесса сгорания топлива.
25. Расчет состава продуктов сгорания.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПСК-2.1

26. Методы определения химических и физико-химических характеристик ТТ.
27. Методы определения баллистических характеристик ТТ.
28. Методы определения взрывчатых характеристик.

в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПСК-2.4

29. Опытное определение удельной тяги РДТТ и закона скорости горения СРТТ.

30. Экспериментальное определение баллистических характеристик СРТТ.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.