

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

**Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических
материалов**

по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные информационных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные информационные технологии

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- задание;
- доклад;
- реферат,
- лабораторные работы.

ЗАДАНИЕ (РООПК-1.1, РООПК-1.2).

Задание выполняется дома, в электронном учебном курсе по дисциплине в электронном университете «iDo» – <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22435> продолжительность 1 час, ответы прикрепляются студентом в элементе **Задание** в электронном курсе и проверяются преподавателем.

Пример:

Тема 1. Задание 1

Дать краткие ответы на следующие вопросы.

- 1) Дать определение понятия высокоэнергетические материалы.
- 2) Привести краткую классификацию дисперсных систем.
- 3) Порошкообразные металлические горючие.
- 4) Порошкообразные окислители.
- 5) Что такое теплота образования вещества, кислородный баланс?
- 6) Горючие-связующие.
- 7) Что такое эквивалентная формула? Приведите пример расчета эквивалентной формулы для 2–3-х химических веществ (например, Al_2O_3 , CO_2 , NH_4NO_3 , B_2O_3 и т.п.)
- 8) Дать определение: коэффициент избытка окислителя. Определить коэффициент избытка окислителя для примеров по п. 7).

Критерии оценивания элемента Задание.

Результаты работы оцениваются баллами от 2 до 5.

5 баллов – все ответы даны в полном объеме, с правильной терминологией изучаемой дисциплины, логичны в изложении.

4 балла – 15 % ответов содержат незначительные ошибки, есть незначительные ошибки в терминологии.

3 балла – более 30 % ответов содержат значительные ошибки, есть ошибки в терминологии.

2 балла, неудовлетворительная оценка – задание не выполнено.

ДОКЛАД. (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2).

Доклады и презентации студенты выполняют дома, время выполнения до 6 часов. Краткий план доклада и презентация (оформленные с учетом правил оформления работ в ТГУ) прикрепляются студентом в элементе Задание (Тема 5). Доклады по научным публикациям из журнала "Физика горения и взрыва" в электронном курсе в электронном университете «iDo» – <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22435>, и проверяются преподавателем. На занятии студенты докладывают разработанные темы Докладов. Подробное описание задания представлено в теме 5 электронного курса <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22435>.

Пример.

Список научных статей для подготовки докладов
на семинаре 29.11.2024 г.

Доклад на 5-7 минут, 3 мин. на вопросы.

Доступ к полному тексту статей доступен на <https://www.elibrary.ru>,
журнал «Физика горения и взрыва»

№	Докладчик	Статья
1		Равновесный состав продуктов в системе диоксид гафния–кальций–азот–углерод при адиабатической температуре горения А. Н. Аврамчик, Б. Ш. Браверман Физика горения и взрыва, 2024, т. 60, N-° 1
2		Влияние теплопотерь на горение частиц бора в высокотемпературном потоке воздуха А. П. Шпара, Д. А. Ягодников, А. В. Сухов Физика горения и взрыва, 2024, т. 60, N-° 2
3		Макрокинетика горения смесей, содержащих титан: влияние структуры смеси и размера частиц титана Б. С. Сеплярский, Р. А. Кочетков, Т. Г. Лисина Физика горения и взрыва, 2024, т. 60, N-° 3
4		Экспериментальное исследование нестационарной скорости горения высокоэнергетических материалов при сбросе давления В. А. Архипов, С. А. Басалаев, С. С. Бондарчук, О. Г. Готов, В. А. Порязов, Я. А. Дубкова Физика горения и взрыва, 2023, т. 59, N-° 2

Критерии оценивания элемента Доклад.

Результаты работы определяются баллами от 2 до 5.

5 баллов – доклад доложен на занятии и представлен в виде презентации, показано владение правильной терминологией изучаемой дисциплины, изложение материала логично, доклад оформлен в соответствии с правилами оформления подобных работ в НИ ТГУ.

4 балла – доклад доложен на занятии и представлен в виде презентации, допущены неточности в терминологии изучаемой дисциплины, изложение материала не всегда логично, по оформлению доклада (презентации) есть замечания.

3 балла – доклад доложен на занятии и представлен в виде презентации, в терминологии есть значительные ошибки, изложение материала не логично, доклад

оформлен со значительными нарушениями правил оформления подобных работ в НИ ТГУ.

2 балла – доклад (презентация) не представлен студентом на проверку в электронном курсе, доклад не доложен на занятии и не представлен в виде презентации.

РЕФЕРАТ (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2).

Рефераты выполняются дома, время выполнения до 6 часов. Реферат (оформленный с учетом правил оформления работ в ТГУ) прикрепляется студентом в элементе **Задание РЕФЕРАТ** (Тема 2) в электронном курсе в электронном университете «iDo» – <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22435>, и проверяется преподавателем. На занятии студенты докладывают разработанные темы Рефератов.

Пример.

Реферат.

Темы докладов/рефератов.

Вопросы	Темы рефератов	Докладчик
1. Методы дисперсного анализа	1) Метод просвечивающей электронной микроскопии (просвечивающий электронный микроскоп Philips CM 12 с электронной записью изображения). 2) Метод растровой электронной микроскопии (растровый электронный микроскоп Philips SEM 515). 3) Седиментационный метод и кондуктометрический метод. 4) Определение гранулометрического состава порошков алюминия, бора и других веществ методом лазерной дифракции с помощью прибора «Mastersizer 2000».	
2. Экспериментальное определение удельной поверхности дисперсных и пористых материалов.	1) Метод БЭТ. 2) Примеры научных публикаций, где описывается применение метода БЭТ и обсуждаются результаты определения удельной поверхности порошков металлов.	
3. Метод дифференциального термического анализа. Термогравиметрия. ДТА/ДСК-анализ.	1) Термогравиметрия. Примеры научных публикаций, содержащих результаты термогравиметрического исследования. 2) ДТА/ДСК-анализ. Примеры научных публикаций, содержащих результаты ДТА/ДСК.	
4. Научные публикации, где авторы применяют для исследования порошкообразных компонентов методы,	Подобрать научные статьи, где авторы применяют для исследования порошкообразных компонентов методы, указанные в вопросах 1, 2 и 3. Научные статьи можно посмотреть в	

указанные в вопросах 1, 2 и 3.	электронной библиотеке https://elibrary.ru – журналы: Физика горения и взрыва, Химическая физика, и т.п., например за 2020-2025 г.г.	
--------------------------------	---	--

Критерии оценивания элемента Реферат.

Результаты работы определяются баллами от 2 до 5.

5 баллов – реферат доложен на занятии и представлен в виде презентации, показано владение правильной терминологией изучаемой дисциплины, изложение материала логично, реферат оформлен в соответствии с правилами оформления подобных работ в НИ ТГУ.

4 балла – реферат доложен на занятии и представлен в виде презентации, допущены неточности в терминологии изучаемой дисциплины, изложение материала не всегда логично, по оформлению реферата есть замечания.

3 балла – реферат доложен на занятии и представлен в виде презентации, в терминологии есть значительные ошибки, изложение материала не логично, реферат оформлен со значительными нарушениями правил оформления подобных работ в НИ ТГУ.

2 балла – реферат не представлен студентом на проверку в электронном курсе, реферат не доложен на занятии и не представлен в виде презентации.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Промежуточная аттестация реализуется путем проведения экзамена. К экзамену допускается студент, выполнивший все задания, подготовивший и выступивший с рефератом и докладом.

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет состоит из трех частей: два теоретических вопроса и задача. Продолжительность подготовки ответа по билету 45 минут, ответ 15 минут.

Теоретические вопросы в билете проверяют индикаторы (РООПК-1.1, РООПК-1.2).
Задача проверяет индикаторы (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2).

Примеры билетов.

ТГУ, ФТФ
Дисциплина "Методы экспериментального исследования характеристик
высокоэнергетических материалов"

Билет № 1

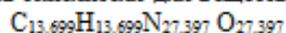
1. Кондуктивный метод зажигания.
2. Компоненты топлива.
3. Получены результаты по исследованию зажигания вещества нагретой поверхностью. Рассчитать предэкспонент QZ для вещества, имеющего следующие теплофизические характеристики: $c=0,3$ кал/(г К), $T_H=20^\circ\text{C}$, $T_s=240^\circ\text{C}$, $E=47,4$ ккал/моль, время задержки зажигания 11 с.

Составил доц. каф. Автоматизации технологических процессов Горбенко Т.И.	«Утверждаю» зав. каф. Автоматизации технологических процессов Борзенко Е.И.
---	--

ТГУ, ФТФ
Дисциплина "Методы экспериментального исследования характеристик
высокоэнергетических материалов"

Билет № 2

1. Порошкообразные окислители.
2. Измерение скорости горения в приборе постоянного давления
3. Рассчитать коэффициент избытка окислителя для вещества



Составил доц. каф. Автоматизации технологических процессов Горбенко Т.И.	«Утверждаю» зав. каф. Автоматизации технологических процессов Борзенко Е.И.
---	--

ТГУ, ФТФ
Дисциплина "Методы экспериментального исследования характеристик
высокоэнергетических материалов"

Билет № 3

1. Метод ДТА.
2. Термодинамическое моделирование. Уравнения химического равновесия.
3. Рассчитать эквивалентную формулу и коэффициент α для вещества SnCl_2 .

Составил доц. каф. Автоматизации технологических процессов Горбенко Т.И.	«Утверждаю» зав. каф. Автоматизации технологических процессов Борзенко Е.И.
---	--

ТГУ, ФТФ
Дисциплина "Методы экспериментального исследования характеристик
высокоэнергетических материалов"

Билет № 4

1. Методы определения дисперсного состава порошкообразных компонентов топлива. Дать характеристики применения каждого метода.
2. Кондуктивное зажигание. Описать методику проведения эксперимента и состав оборудования для исследования кондуктивного зажигания.
3. . Рассчитать эквивалентную формулу и коэффициент α для топлива:
 $\text{KClO}_4 - 79 \%$
 $\text{CH}_2 - 6 \%$
 $\text{B} - 15 \%$

Составил доц. каф. Автоматизации технологических процессов Горбенко Т.И.	«Утверждаю» зав. каф. Автоматизации технологических процессов Борзенко Е.И.
---	--

ТГУ, ФТФ
Дисциплина "Методы экспериментального исследования характеристик
высокоэнергетических материалов"

Билет № 5

1. Зажигание конденсированных веществ на нагретом блоке.
2. Измерение скорости горения в приборе постоянного давления.
3. Рассчитать эквивалентную формулу для вещества: $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_{12}\text{O}_{12}$
Определить коэффициент избытка окислителя α для этого вещества.

Составил доц. каф. Автоматизации технологических процессов Горбенко Т.И.	«Утверждаю» зав. каф. Автоматизации технологических процессов Борзенко Е.И.
---	--

Критерии оценивания ответа по билету:

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если даны правильные развернутые ответы на все теоретические вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если на один из двух вопросов билета дан неполный ответ.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если дан ответ только на один вопрос билета.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если учащийся не ответил на вопросы билета.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Оценочные материалы для проверки остаточных знаний могут быть использованы для формирования программы ГИА (программы государственного экзамена), а также экспертом Рособнадзора при проведении проверки диагностической работы по оценке уровня форсированности компетенций обучающихся (при контрольно-надзорной проверке).

Вопросы для проведения теста по дисциплине

Из предложенных вариантов ответов выбрать правильный и наиболее полный.

1. В газогенераторе происходит	А) ... преобразование топлива в рабочее тело. Б) ... преобразование химической энергии топлива в кинетическую энергию истекающей струи газов. В) ... сжигание топлива с последующей утилизацией газов.
2. Продукты сгорания металлизированных ВЭМ являются	А) ... гетерогенным потоком «замороженного газа». Б) ... гомогенным потоком химически реагирующих веществ, в котором происходят химические и физические превращения, изменяющие состав и свойства этой смеси. В) ... многофазной смесью химически реагирующих веществ, в которой происходят химические и физические превращения, изменяющие состав и свойства этой смеси.
3. Тяга двигателя рассчитывается по формуле	А) ... $R = \dot{M} \cdot U_a - F_a \cdot (P_a - P_n)$. Б) ... $R = \dot{M} \cdot U_a + F_a \cdot (P_a - P_n)$. В) ... $R = F_a \cdot U_a + \dot{M} \cdot (P_a - P_n)$.
4. Тяга двигателя зависит от	А) ... массы топлива, площади критического сечения сопла, скорости ракеты, давления на выходе из сопла, наружного давления. Б) ... секундного массового расхода газа, скорости газа на выходе из сопла, площади выходного сечения сопла, давления на выходе из сопла,

	<p>наружного давления.</p> <p>В) ... секундного массового расхода газа, скорости газа на выходе из сопла, площади критического сечения сопла, давления в камере, наружного давления.</p>
5. Удельный импульс – это	<p>А) ... отношение тяги R к весу топлива G.</p> <p>Б) ... отношение тяги R к массе топлива M.</p> <p>В) ... отношение тяги R к секундному массовому расходу топлива \dot{M}.</p>
6. Кислородный баланс – это	<p>А) ... отношение массы кислорода к массе топлива, нужное для полного окисления горючих элементов до их высших оксидов.</p> <p>Б) ... относительная величина, отражающая избыток или недостаток кислорода в твердом топливе для полного окисления горючих элементов до их высших оксидов.</p> <p>В) ... отношение массы окислителя к массе горючего, нужное для полного окисления горючих элементов до их высших оксидов.</p>
7. Инертное связующее, применяемое в компоновке ВЭМ – это композиции,	<p>А) ... состоящие, в основном, из горючих элементов и имеющие, как правило, отрицательную энтальпию образования. Окислительные элементы (кислород, фтор, хлор) или отсутствуют, или содержатся в незначительном количестве.</p> <p>Б) ... состоящие, в основном, из негорючих элементов и имеющие отрицательную энтальпию образования. Окислительные элементы (кислород, фтор, хлор) или отсутствуют, или содержатся в незначительном количестве.</p> <p>В) ... состоящие, в основном, из горючих элементов и имеющие, как правило, высокую положительную энтальпию образования. Окислительные элементы (кислород, фтор, хлор) или отсутствуют, или содержатся в незначительном количестве.</p>
8. Коэффициент избытка окислителя – это	<p>А) ... массовое стехиометрическое соотношение компонентов в смесевой композиции.</p> <p>Б) ... отношение суммы от произведения количества атомов окислительного элемента на его валентность по всем окислительным элементам к сумме от произведения количества атомов восстановительного элемента на его валентность по всем восстановительным элементам.</p> <p>В) ... отношение массы окислителя к массе горючего, нужное для полного окисления горючих элементов до их высших оксидов.</p>
9. Эквивалентная формула – это	<p>А) ... химическая формула вещества.</p> <p>Б) ... формула вида NH_4ClO_4.</p> <p>В) ... формула вещества, приходящаяся на единицу массы (или веса).</p>
10. Метод лазерной дифракции	<p>А) ... используется для определения гранулометрического состава порошков с диапазоном измерений размеров частиц от 200 нм до</p>

	<p>200 мм.</p> <p>Б) ... метод основан на многократном повторении циклов оседания частиц, равномерно распределенных в жидкости с помощью ультразвука.</p> <p>В) ... используется для определения гранулометрического состава порошков, с диапазоном измерений размеров частиц от 20 нм до 2 мм, метод основан на рассеивании (ослаблении) света частицами.</p>
11. Дифференциальный термический анализ	<p>А) ... используется для регистрации фазовых превращений в образце и исследования их параметров. Этот метод заключается в нагревании или охлаждении образца с определенной скоростью и записи временной зависимости разницы температур между исследуемым образцом и образцом сравнения (эталоном).</p> <p>Б) ... используется для определения температуры деградации полимеров, влажности материалов, доли органических и неорганических компонентов.</p> <p>В) ... используется для одновременного измерения изменения теплового потока и веса образца как функция от температуры или времени.</p>
12. Степенной закон скорости горения	<p>А) ... $u = A + B \cdot p$.</p> <p>Б) ... $u = u_1 \left(\frac{p}{p_{\text{атм}}} \right)^v$.</p> <p>В) ... $\frac{1}{u} = \frac{a_1}{p} + \frac{b_1}{\sqrt[3]{p}}$.</p>
13. Удельный импульс	<p>А) ... $P_{\text{уд}} = P/G$.</p> <p>Б) ... $I_{\text{уд}} = \frac{\int_0^{t_k} P dt}{\int_0^{t_k} G dt}$</p> <p>В) ... $I_{\text{уд, усл.}} = I_{\text{уд}}/g$.</p>
14. Среднеквадратичное отклонение	<p>А) ... $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$.</p> <p>Б) ... $S = \frac{S^n}{\sqrt{n}}$.</p> <p>В) ... $S^n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{(n-1)}}$.</p>
15. Седиментационный метод определения размеров частиц заключается в	<p>А) ... повторении циклов нагрева частиц образца, распределенных в некоторой жидкости, и расчетах.</p> <p>Б) ... повторении циклов оседания частиц образца, распределенных в некоторой жидкости, замерах времени, и расчетах.</p> <p>В) ... сепарации частиц на ситах, замерах масс и расчетах.</p>
16. Для получения порошка алюминия Alex применяется	<p>А) ... метод измельчения ударной волной.</p> <p>Б) ... метод высокоскоростного измельчения на мельнице.</p> <p>В) ... метод взрыва.</p>

17. Насыпная плотность порошков	А) ... равна истинной (физической) плотности вещества. Б) ... больше истинной (физической) плотности вещества. В) ... меньше истинной (физической) плотности вещества.
18. Повышение содержания алюминия в ВЭМ свыше 20%	А) ... повышает удельный импульс. Б) ... не влияет на удельный импульс. В) ... снижает удельный импульс.
19. Какие исходные параметры необходимы для термодинамического расчета по программе «Терра»	А) ... скорость горения образца, плотность, эквивалентная формула. Б) ... адиабатическая температура, удельный импульс, эквивалентная формула. В) ... давление на входе и выходе из камеры сгорания, компонентный состав топлива, энтальпия образования индивидуальных компонентов топлива.
20. В каких единицах измеряется условный удельный импульс:	А) ... м/с. Б) ... с В) ... кг·м/с ² .

Ключи:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Б	В	Б	Б	В	Б	А	Б	В	В
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
А	Б	Б	В	Б	В	В	В	В	Б

Критерии оценивания: тест считается пройденным, если даны верные ответы на 14 любых вопросов из 20 предложенных.

Информация о разработчиках

Горбенко Татьяна Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедры Автоматизации технологических процессов, Физико-технический факультет, НИ Томский государственный университет, доцент.