

## Спецификация для заключительного (очного) этапа Олимпиады «Я – профессионал»

I. Заключительный этап олимпиады по направлению «Ядерные физика и технологии» проводится в 2 дня.

II. Спецификация к заданиям очного тура направления «Ядерные физика и технологии». Категория «Магистратура/специалитет» (для поступающих в аспирантуру)

<b>Первый день состязания.</b> Проводится индивидуальный конкурс, состоящий из двух блоков в соответствии со спецификацией, приведенной ниже.	
Указание уровня подготовки	<p>Данное задание подготовлено в рамках олимпиады «Я – профессионал» и предназначено для оценки знаний и навыков студентов магистратуры и специалитета, обучающихся в первую очередь по направлениям подготовки и специальностям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• «Ядерные физика и технологии»;</li> <li>• «Ядерная энергетика и теплофизика»;</li> <li>• «Физика»;</li> <li>• «Ядерные реакторы и материалы»</li> <li>• «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»</li> </ul> <p>а также студентов других направлений подготовки и специальностей, интересующихся исследованиями и разработками в области атомной энергетики, ядерной физики, радиационных технологий.</p>
Максимальное количество баллов за задание	100 баллов
Время на выполнение заданий	240 минут
Список ресурсов для самостоятельной подготовки	<p>В.А.Апсэ, А.И.Ксенофонтов, В.И.Савандер, Г.В.Тихомиров, А.Н.Шмелев. Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты // Учебное пособие. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2014. – 296 стр.</p> <p>И.М.Ободовский. Физические основы радиационных технологий // Учебное пособие. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2014. – 352 стр.</p> <p>Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. Частицы и атомные ядра. 2007. 584 стр.</p> <p>Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т.1: Физика атомного ядра. 2009. 383 с.</p>

	<p>Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т.2: Физика ядерных реакций. 2008. 318 с.</p> <p>Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. Санкт-Петербург: Лань. Т.3: Физика элементарных частиц. 2008. 412 с.</p> <p>Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5. Атомная и ядерная физика. Учебное пособие для вузов в 5-ти томах, 2-е изд., стереот. Москва: Физматлит; Изд-во МФТИ. 2002. 784 с.</p> <p>Савандер В.И., Увакин М.А. Физическая теория ядерных реакторов. Ч. 1 Однородная размножающая среда и теория гетерогенных структур. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2013.</p> <p>Савандер В.И., Увакин М.А. Физическая теория ядерных реакторов. Ч. 2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2013. –152 с.</p>
<p>Описание структуры задания. Указание максимального балла за каждое задание.</p>	<p>Задание очного тура состоит из десяти заданий по темам: основные положения ядерной физики, атомной энергетики, радиационных технологий, физики и теплофизики ядерных реакторов. Задания разделены на 3 блока различной степени сложности.</p> <p><b>Первый блок</b> состоит из пяти заданий низкой степени сложности. Каждое задание требует написания развернутой схемы решения и получения численного ответа. Задания 1-5 оценивается в 3-5 баллов.</p> <p><b>Второй блок</b> состоит из трех заданий средней степени сложности. Каждое задание требует написания развернутой схемы решения и получения численного ответа. Задания 6-8 оценивается в 10 баллов.</p> <p><b>Третий блок</b> состоит из двух заданий высокой степени сложности. Каждое задание требует написания развернутой схемы решения и получения численного ответа. Задания 9-10 оценивается в 15 баллов.</p> <p>Задания первого дня состязаний позволяют набрать до 80 баллов из 100 возможных за весь очный тур.</p>
<p><b>Второй день состязания.</b> Проводится конкурс на разработку проектного задания.</p>	
<p>Регламент проведения испытания</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Задание студентам выдается вечером накануне.</li> <li>- В день проведения испытания:</li> <li>- 2 часа - экспресс-обучение по работе в программном комплексе ЛОГОС;</li> <li>- 6 часов - решение поставленной задачи (в процессе работы в ЛОГОСе у студентов будет возможность задавать технические вопросы экспертам).</li> </ul>

<p>Формат проведения проектного конкурса</p>	<p>Проведение проектного конкурса возможно как в индивидуальном режиме, так и в командном. Во втором случае разработка проекта осуществляется в составе команды, которая формируется случайным образом с учетом индивидуальных достижений участников по результатам первого дня состязания.</p> <p>Итоговый индивидуальный балл каждого участника за второй день олимпиады формируется из командного балла, полученного за разработку проекта и балла за индивидуальный вклад каждого участника в командную работу. Этот балл определяется путем заполнения каждым членом команды опросного листа, в котором он должен ранжировать вклад каждого участника в командную работу. Суммирование рангов членов команды позволит выделить вклад членов команды в общий результат.</p> <p>За задание второго дня состязаний возможно получение до 20 баллов из 100 возможных за весь очный тур</p> <p>Итоговый результат каждого участника получается в результате сложения результатов первого и второго дня проведения состязания.</p>
--	---

Элемент содержания/тема	Что проверяется в рамках темы	Демоверсия	
		<i>Номер и тип задания.</i>	<i>Уровень сложности. Максимальный балл</i>
<b>Основы ядерной физики</b>	Знание основных свойств ядер, ядерных моделей, типов взаимодействий частиц с веществом, ядерных реакций, принципов детектирования ионизирующих излучений.	Задания 2, 4 с описанием алгоритма решения и представлением численного ответа	Задания 2, 4 -низкий уровень, максимально 5 баллов;
<b>Основы атомной энергетики</b>	Понимание устройства атомной электростанции и физических процессов, которые в ней протекают	Задания 1, 3, 10 с описанием алгоритма решения и представлением численного ответа	Задания 1, 3 – низкий уровень, максимально 5 баллов; Задание 10 – высокий уровень, 15 баллов
<b>Основы радиационных технологий</b>	Знание принципов переноса гамма-излучения в веществе, а также определение	Задание 6, 7, 9 с описанием алгоритма	Задания 6, 7 – средний уровень, 10 баллов;

	дозы излучения	решения и представлением численного ответа	Задание 9 – высокий уровень, 15 баллов
<b>Основы физики и теплофизики ядерных реакторов</b>	Знание процессов переноса тепла, гидродинамики в ядерных реакторах, а также нейтронно-физических процессов, протекающих в активной зоне.	Задания 5, 8 с описанием алгоритма решения и представлением численного ответа	Задание 5 -низкий уровень, максимально 5 баллов; Задание 8 – средний уровень, 10 баллов

2019/2020 учебный год

**Демонстрационный вариант**

задания заключительного (очного) этапа по направлению

**Ядерные физика и технологии**

Категория «Магистратура/специалитет»

(для поступающих в аспирантуру)

**Примеры заданий первого дня состязаний**

**Примеры заданий первого блока**

**Пример №1**

Какая доля ядер  $^{222}\text{Ra}$  распадётся за 5,2 дня? Период полураспада  $T_{1/2} = 3,83$  дня.

**Ответ:** 61%.

**Пример №2**

В результате обогащения 800 г природного урана с концентрацией U-235 0,7% образовалось 200 г отвалного урана с концентрацией 0,5%. Какова концентрация U-235 в обогащенном уране?

**Ответ:** 0,76%.

**Пример заданий второго блока**

**Пример №1**

Источник гамма-квантов содержит 10 г урана-232, находящегося в равновесии со своими продуктами распада. Известно, что в цепочке распада этого изотопа есть три последовательных изотопа, имеющие значимые каналы минус-бета распада: Pb-212, Bi-212, Tl-208. Во всех этих распадах появляются гамма-кванты. Какая энергия гамма-квантов выделяется в этом источнике за одну секунду? Нарисуйте схему распадов.

**Ответ:**  $W = 1.87$  Дж/с.

**Пример №2**

Стальной образец массой 2 кг, который содержал 0,5% природного марганца, поместили в ядерный реактор с тепловым потоком  $5 \cdot 10^{13}$  н/(см<sup>2</sup>·с). В результате радиационного захвата нейтронов образуется радиоактивный изотоп марганца  $^{56}\text{Mn}$ . Образец вынули через 10 суток облучения. Какой источник гамма-квантов будет в нем через один час после выдержки.

**Ответ:**  $W = 9.32 \cdot 10^{13}$  МэВ/с.

## Примеры заданий третьего блока

### Пример №1

В металлическом баке высотой  $H = 1.5$  м и радиусом  $R = 0.3$  м находятся жидкие радиоактивные отходы. Бак установлен вертикально на теплоизолированной платформе. Бак охлаждается путем естественной конвекции окружающего его воздуха при атмосферном давлении и температуре  $T_0 = 300$  К. Найти максимальное тепловыделение  $Q_{\max}$  при котором жидкость в баке не закипит. Считать бак изотермическим, а температуру кипения РАО – 370 К. Для определения теплофизических свойств (помимо указанных в пояснении) считать воздух идеальным газом. Теплообменом излучением пренебречь. Пояснения: коэффициент теплоотдачи в режиме естественной конвекции принято определять по формуле:

$$Nu = C \cdot Ra^n,$$

где число Нуссельта  $Nu = \alpha \cdot d / \lambda$ ;  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи; число Рэлея  $Ra = g \cdot \beta \cdot (T_c - T_0) \cdot d^3 / (\nu \cdot a)$ ;  $T_c$  – температура поверхности бака,  $a = \lambda / (c_p \cdot \rho)$  – коэффициент температуропроводности воздуха,  $\beta$  – коэффициент объемного расширения воздуха,  $c_p$  - теплоемкость воздуха.

При расчете по данной формуле все теплофизические свойства необходимо брать при средней температуре воздуха  $T_{cp} = 0.5 \cdot (T_0 + T_c)$ . В качестве характерного размера  $d$  в числах Нуссельта и Рэлея используются для боковой поверхности высота  $H$ , а для торцевой -  $d = R/2$ .

Коэффициент  $C$  и показатель степени  $n$  зависят от числа Рэлея и равны:

$C = 0.54$  и  $n = 1/4$  при  $2 \cdot 10^7 > Ra > 500$ ,

$C = 0.135$  и  $n = 1/3$ , при  $Ra \geq 2 \cdot 10^7$ .

### **Пример проекта применение расчётных технологий при проектировании термоэмиссионных космических ядерно-энергетических установок (КЯЭУ).**

Цель проекта – обоснования проектных решений термоэмиссионных КЯЭУ нового поколения.

Задача проекта – проведение численного расчета в пакете программ «ЛОГОС» выходных тепловых характеристик многоэлементного термоэмиссионного электрогенерирующий канал (ЭГК) в трехмерной геометрии с использованием экспериментальных данных о вольтамперных характеристиках (ВАХ) термоэмиссионных преобразователей (ТЭП) в широком диапазоне изменения параметров рабочего процесса.

В задаче учитывается сложная геометрическая структура ЭГК, характеризующаяся большим набором тепловых сред разной теплопроводности, сложной формой электродных оболочек, коммутационных перемычек и других конструктивных элементов. Основным функциональным элементом термоэмиссионного реактора-преобразователя является ЭГЭ. Наиболее широкое практическое применение получили ЭГЭ цилиндрической геометрии. Сборка последовательно соединенных ЭГЭ, заключенных в общий корпус (чехол), омываемый теплоносителем, получила название ЭГК. В свою очередь, каждый ЭГЭ состоит из собственно ТЭП и коммутационной перемычки, соединяющей его с соседним ТЭП. ТЭП состоит из двух тонких коаксиально расположенных цилиндрических

электродов, разделенных МЭЗ, который в рабочем состоянии заполнен парами цезия при давлении несколько мм рт. ст. Внутренний электрод (эмиттер) поддерживается при температуре 1500-1900 К, источником тепла служит заключенный внутри него тепловыделяющий сердечник из ядерного топлива.

Принципиальная схема цилиндрического ЭГЭ представлена на рисунке 1.

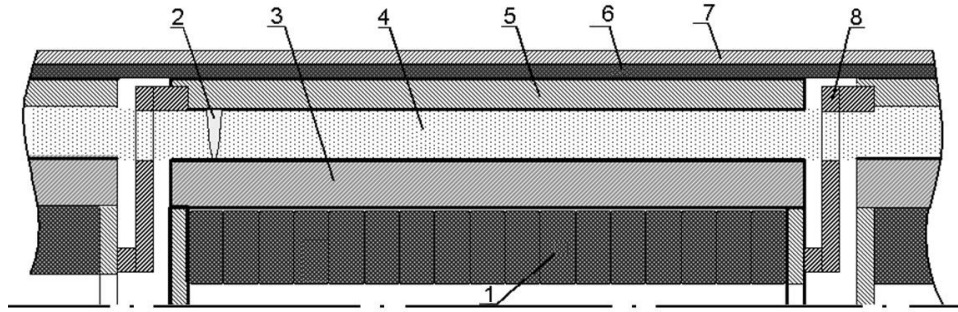


Рисунок 1 - Конструктивная схема многоэлементного ЭГК: 1 – топливные таблетки; 2 – дистанционатор; 3 – эмиттер; 4 – МЭЗ; 5 – коллектор; 6 – изоляция (керамика); 7 – чехол; 8 – межэлектродная коммутационная перемычка

Пространственное распределение температуры в моделируемом устройстве описывается двумерным осесимметричным нестационарным уравнением энергии в цилиндрических координатах. Учитывается действие теплового излучения и электронного охлаждения на теплообмен.