

# Многопрофильная инженерная олимпиада «Будущее России»

## Профиль «Ядерная энергетика и технологии»

### Отборочный тур 2014-15гг.

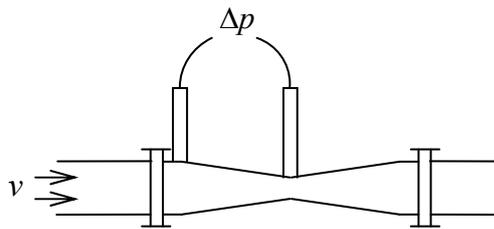
#### 7-8 класс

1. Что такое радиация, где и при каких условиях она возникает? Каковы механизмы влияния радиации на живые ткани?
2. Определите достоверность вывода:
  1. «Закаляйся, если хочешь быть здоров». Вася закаляется. Значит, Вася здоров.
  2. «Долог день до вечера, если делать нечего». Пете нечего делать. Значит, Пете долго ждать вечера.
3. Что такое ядерный реактор? Какие процессы происходят в ядерном реакторе? Опишите эти процессы.
4. В атомном реакторе происходят те же процессы, что и при взрыве атомной бомбы, однако в реакторе эти процессы происходят медленно, так, чтобы не допустить разрушения АЭС. Какие механизмы для этого используются?

#### 9-11 класс

1. Энергоемкостью топлива называется количество энергии, которое выделяется при сжигании 1 кг этого топлива. Сравните энергоемкость каменного угля и ядерного топлива  $^{235}\text{U}$ . При сгорании угля выделяется энергия  $q_c = 3,0 \cdot 10^7$  Дж/кг, при делении одного ядра  $^{235}\text{U}$  выделяется энергия  $E_\nu = 2 \cdot 10^8$  эВ.  $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж, число Авогадро  $N_A = 6 \cdot 10^{23}$  1/моль. («эВ – электрон-вольт» - единица измерения энергии, используемая в ядерной физике, и определяемая как энергия электрона, прошедшего разность потенциалов 1 вольт).
2. Выберите правильную логическую характеристику понятия «неуспевающий студент»:
  1. отрицательное, абсолютное, единичное, абстрактное;
  2. отрицательное, абсолютное, общее, абстрактное;

3. отрицательное, абсолютное, общее, конкретное.



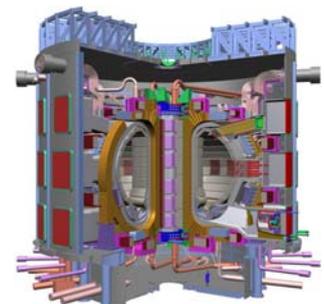
3. Для определения скорости теплоносителя (воды) в системе теплоотвода атомного реактора часто



Трубка Вентури

используется трубка переменного сечения (трубка Вентури; см. рисунок), в которой измеряется разность давлений воды в малом и большом сечении. В каком из сечений трубки – большом или малом - давление воды больше и почему? Найти скорость воды, если разность показаний манометров в большом и малом сечениях трубки равна  $\Delta p$ , а радиус большого сечения вдвое больше радиуса малого.

4. Одним из способов получения ядерной энергии является термоядерная реакция слияния изотопов водорода дейтерия  ${}^2D$  и трития  ${}^3T$  с образованием ядра гелия-4 ( ${}^4He$ ) и нейтрона ( $n$ ) и выделением энергии  ${}^2D + {}^3T \rightarrow {}^4He + n + Q$  (в управляемом режиме эта реакция будет впервые реализована на строящейся



Термоядерный реактор ITER.

во Франции международной термоядерной электростанции ITER, в настоящее время во взрывном режиме реализуется в водородной бомбе). Энерговыведение в данной реакции составляет  $Q = 17,6$  МэВ. Пренебрегая кинетическими энергиями соединяющихся ядер дейтерия и трития, найти кинетическую энергию ядра  ${}^4He$  и нейтрона  $n$  (в МэВ – Мегаэлектронвольтах). Считать, что масса ядра  ${}^4He$  равна 4 а.е.м., а масса нейтрона равна 1 а.е.м. (а.е.м. – атомная единица массы). («эВ – электрон-вольт» - единица измерения энергии, используемая в ядерной физике, и определяемая как энергия электрона, прошедшего разность потенциалов 1 вольт;  $1 \text{ МэВ} = 10^6 \text{ эВ}$ ).

# Многопрофильная инженерная олимпиада «Будущее России»

## Профиль «Ядерная энергетика и технологии»

### Заключительный тур 2014-15гг.

#### 7-8 класс

1. Атомная энергия и освоение Марса (ядерные ракетные двигатели, «атомное» электричество и тепло для космических аппаратов и планетных баз, терраформирование).
2. Рентгеновское излучение в искусствоведении (определение состава и состояния материала, датировка, выявление скрытых изображений, «лечение» экспонатов).
3. Быстрые нейтроны и новый облик атомной энергетике (проекты «быстрых» реакторов, переработка ОЯТ, замыкание топливного цикла).
4. Радиофармацевтика: от ядерных реакций до здоровых пациентов (получение радионуклидов, производство радиофармпрепаратов, диагностика\терапия с их помощью).
5. Применение атомной энергии для решения экологических проблем (снижение генерации парниковых газов, облучательные установки для обработки сточных вод и газовых выбросов и т.д.).

#### Критерии оценивания исследовательских работ

##### 7-8 класс

1. Оригинальность идеи и авторского текста – **20б.**
2. Логика изложения материала – **20б.**
3. Возможность практического осуществления или применения предложенных решений – **20б.**
4. Наличие и качество иллюстративного материала (схемы, рисунки и т.д.) – **20б.**
5. Полнота исследования проблем – **20 б.**

**Итого – 100б**

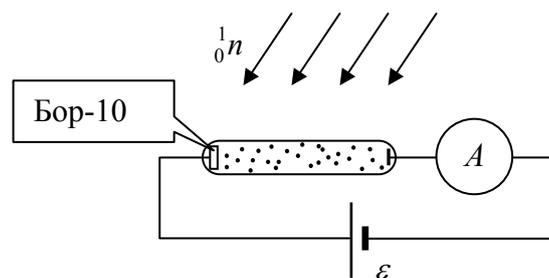
## 9-11 класс

1. В корпусных реакторах типа ВВЭР ядерное топливо находится в виде тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов,) представляющих собой трубки из циркония внутри которых находятся таблетки из двуокиси урана. Внутри ТВЭЛа осуществляется деление ядер урана и плутония, сопровождающееся выделением энергии. Для съема выделившегося в ТВЭЛах тепла в реакторе циркулирует вода, находящаяся под давлением 16 МПа (160 атмосфер). Вода поступает в реактор с температурой  $289^{\circ}\text{C}$  и выходит из реактора с температурой  $322^{\circ}\text{C}$ . Оцените расход теплоносителя для реактора с электрической мощностью 1000 МВт и коэффициентом полезного действия  $\eta = 0,3$ , т.е. оцените количество воды, которое должно прокачиваться через сечение реактора в единицу времени. Теплоемкость воды при рассматриваемых условиях -  $5,67 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ .

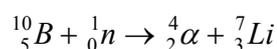
При давлении 160 МПа температура кипения воды выше  $322^{\circ}\text{C}$  поэтому вода в реакторе не кипит. Однако из-за высокой температуры поверхности ТВЭЛов возможно возникновение поверхностного кипения воды. Этот процесс является весьма нежелательным. Укажите, по каким причинам. Предложите несколько способов борьбы с поверхностным кипением. Предложите также механизмы увеличения теплообмена между ТВЭЛами и теплоносителем (интенсификаторы теплообмена).

2. Для безопасной работы АЭС необходимо контролировать два основных параметра – поток нейтронов в активной зоне реактора и расход теплоносителя (воды), проходящей через активную зону реактора (т.е. массу теплоносителя, проходящего через сечение реактора в единицу времени). Опишите, к каким последствиям может привести увеличение или уменьшение потока нейтронов, уменьшение расхода теплоносителя (например, к аварии на АЭС Фукусима привел выход из строя из-за цунами насосов, прокачивающих теплоноситель через реактор).

Для измерения потока нейтронов (т.е. числа нейтронов, проходящих через те или иные точки реактора в единицу времени) рядом с реактором (внутри биологической защиты) размещают

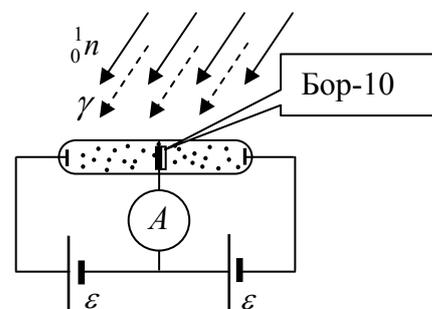


нейтронные детекторы, работающие на основе следующих принципов. Внутри камеры, заполненной газом, запаивают два электрода, к которым приложено электрическое напряжение. Один из электродов покрыт слоем  $^{10}_5B$ , с которым нейтроны активно взаимодействуют согласно следующей ядерной реакции



где  $^4_2\alpha$  - альфа-частицы,  $^7_3Li$  - ядро атома литий-семь. В результате реакции из электрода вылетают заряженные частицы, которые ионизуют газ, и через камеру протекает электрический ток, пропорциональный потоку нейтронов. Измеряя электрический ток, можно сделать вывод о потоке нейтронов в реакторе. Рассмотренный детектор называется некомпенсированным.

Основной проблемой некомпенсированного детектора является то, что в реакторе кроме нейтронов всегда существуют потоки  $\gamma$ -лучей, которые тоже ионизуют газ, также вызывая появление электрического тока. Поэтому для измерения нейтронных потоков используют компенсированные детекторы.



Камера компенсированного детектора разделена на два отсека, в которых запаивают три электрода (см. рисунок), причем одна поверхность среднего электрода (со стороны одного отсека) покрыта слоем бора-десять, а вторая поверхность этого электрода, выходящая в другой отсек, – нет. Ток, измеряемый амперметром в компенсированном детекторе очень слабо чувствителен к потоку  $\gamma$ -лучей и позволяет измерять только поток

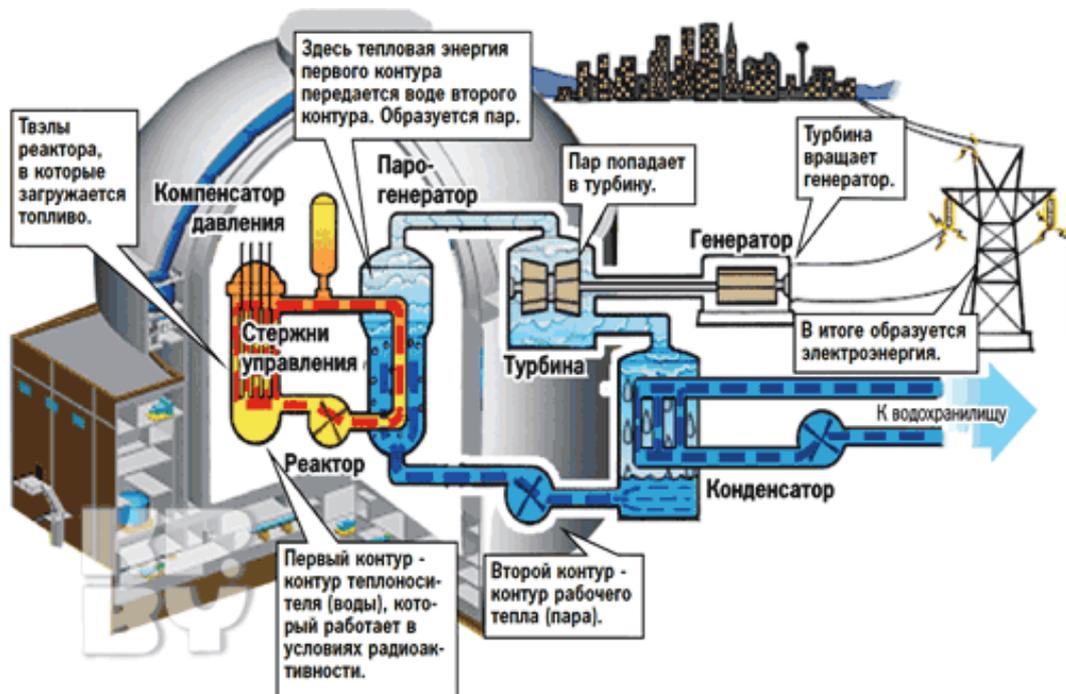
нейтронов. Почему? Объясните, как в компенсированном детекторе удастся исключить токи, вызванные  $\gamma$ -лучами. Предложите другие варианты конструкции нейтронных детекторов, слабо чувствительных к  $\gamma$ -лучам.

3. Деление ядер урана и плутония в реакторе (а именно в этом процессе выделяется тепло) вызывается элементарными частицами – нейтронами, которые в свою очередь также образуются при делении ядер урана и плутония, что приводит к цепной реакции деления. Для безопасной работы АЭС необходимо поддерживать реактор в таком состоянии, чтобы число нейтронов не возрастало. Для этого в активной зоне реактора перемещаются органы регулирования - стержни из материала, поглощающего нейтроны, причем органы регулирования, как правило, вводятся не на всю глубину активной зоны. (см. рисунок), чтобы поглощать только лишние, но не поглощать нужные нейтроны. Однако в этом случае энерговыделение оказывается сильно асимметричным по высоте реактора, что нежелательно. Почему?



Предложите конструкцию стержней-поглотителей, позволяющую «управлять критичностью» и не создающих асимметрию энерговыделения. Считать, что уменьшение площади поверхности стержней значительно уменьшает поглощение нейтронов.

Указание: На рисунке приведена принципиальная схема атомной электростанции с комментариями.



## ***Требования к оформлению проектов***

Учащиеся 9-11 классов должны оформить пояснительную записку проекта **черной** авторучкой (ярко для возможности последующего сканирования). Почерк должен быть разборчивым. Рисунки могут быть выполнены черной авторучкой. Записи выполняются на одной стороне листа формата А4 с печатью вуза.

### **Рекомендуемое содержание проекта:**

#### **Введение.**

Указывается область задачи, ее актуальность и общие схемы известных решений).

#### **1. Анализ текущего состояния дел в области поставленной задачи.**

Перечисляются *наиболее близкие* известные решения дается перечень их *достоинств и недостатков*.

#### **2. Цели и задачи исследования.**

На *основе проведенного анализа* уточняется: с какой целью проводится выполнение проекта; далее перечисляются *частные* задачи, которые необходимо решить для достижения указанной цели.

#### **3. Поиск и формулирование идеи, которая будет положена в основу решения поставленной в условии задачи.**

Показать путь, который необходимо было пройти, чтобы прийти к оригинальной идее.

#### **4. Развитие идеи в конкретных конструкторско-технологических решениях.**

Дать проработку воплощения идеи в конкретных устройствах или процессах, дать необходимые расчетные схемы, эскизы, рисунки, чертежи, другие иллюстрации с их названиями.

#### **5. Технические, экономические, экологические расчеты.**

Привести необходимые расчетные схемы и расчеты показывающие работоспособность конструкции или ее частей, реализуемость процессов. По возможности, показать, почему предлагаемое решение окажется экономически выгодным, при необходимости, дать экологическую оценку решения.

#### **Выводы.**

Дать общую оценку полученного решения, достижения поставленной цели, новизну, практическую полезность решения.

### ***Критерии оценки проектов***

1. Понимание базовых принципов ядерной энергетики - 20 баллов.
2. Оригинальность и эффективность данного участником инженерного предложения - 20 баллов.
3. Ясность изложения, убедительность и логичность аргументации - 20 баллов.
4. Наличие и правильность расчетов, оценок, чертежей - 20 баллов.

5. Многовариантность данного участником инженерного предложения, сравнение разных вариантов между собой с точки зрения научной, технологической и экономической эффективности - 20 баллов.