

Ж 53
А99

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

**Атомная
Энергия**

Ежемесячный журнал
ГОД ИЗДАНИЯ ТРИНАДЦАТЫЙ

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 24 ■ Апрель ■ Вып. 4

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, Н. А. ВЛАСОВ (зам. главного редактора), И. Н. ГОЛОВИН, Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ (зам. главного редактора), А. К. КРАСИН, А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕРЯКОВ, М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ (главный редактор), П. Н. ПАЛЕЙ, Д. Л. СИМОНЕНКО, В. И. СМИРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. Б. ШЕВЧЕНКО

СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

- А. К. Красин, И. И. Саламатов, В. Б. Нестеренко, А. Н. Девойно. Развитие исследований в Институте ядерной энергетики АН БССР 307
- С. Т. Конобецкий, Б. М. Левитский, Л. Д. Пантелеев. К вопросу о механизме радиационного роста урана при малых дозах облучения 312
- В. И. Векслер, В. П. Саранцев, А. Г. Бонч-Осмоловский, Г. В. Долбильов, Г. А. Иванов, И. Н. Иванов, М. Л. Иовнович, И. В. Кожухов, А. Б. Кузнецов, В. Г. Маханьков, Э. А. Перельштейн, В. П. Рашевский, К. А. Решетникова, Н. Б. Рубин, С. Б. Рубин, П. И. Рыльцев, О. И. Ярковой. Коллективное линейное ускорение ионов 317
- В. П. Дзеленов, В. П. Дмитриевский, Б. И. Замолотчиков, В. В. Кольга. Кольцевой циклотрон с жесткой фокусировкой для многозарядных ионов 323
- В. В. Арсенин, В. А. Чуянов. О возможности подавления дрейфовой неустойчивости неоднородной плазмы с помощью системы обратных связей . . 327
- В. М. Бондаренко, Г. Г. Викторов, А. Г. Тархов. Об использовании космического излучения для оценки эффективности биологических защит 330
- С. Н. Барков. Многогрупповой аналитический метод расчета гетерогенного ядерного реактора 335
- П. Т. Потапенко. Предельная оценка качества внутри-реакторного контроля нейтронного потока 340
- Д. М. Каминкер, К. А. Коноплев, Ю. П. Семенов, В. Д. Тренин. Поведение продуктов радиолиза при работе реактора ВВР-М без системы дегазации 343
- В. А. Жарков, В. П. Терентьев, Г. М. Фрадкин. Получение топлива изотопных электрогенераторов методами нейтронного облучения 348
- Ю. В. Рябов, Со Дон Сик, Н. Чиков, Н. Янева. Измерение отношения сечений радиационного захвата и деления для U^{235} и Pu^{239} в резонансной области энергий нейтронов 351

- В. А. Афанасьев, Б. В. Кебадзе, Г. А. Санковский, В. И. Грицков, И. Н. Соколов, Л. А. Адамовский, С. А. Маркин. Экспериментальное исследование устойчивости корпусного кипящего реактора ВК-50 363

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

- Д. П. Осанов, В. П. Панова, Г. Б. Радзиевский. Измерение дозовых факторов накопления для точечных изотропных источников γ -излучения низкой энергии в воде 368
- В. А. Жарков, Т. П. Зорина, Г. М. Фрадкин. Самоэкранирование тепловых нейтронов в конечных цилиндрах и телах других геометрий 369
- И. Н. Бриккер, В. П. Астафьев, А. Р. Мирзоян. Обращенное решение тепловых уравнений двухкомпонентного ядерного реактора 370
- С. Ф. Дегтярев, А. П. Суворов, В. В. Тарасов, В. К. Тихонов, С. Г. Цыпин. Пространственные, угловые и энергетические распределения быстрых нейтронов в гидриде лития, воде, вольфраме и карбиде бора 370
- С. Ф. Дегтярев, В. Б. Староверов, В. В. Тарасов, В. К. Тихонов, С. Г. Цыпин. Экспоненциальные угловые коэффициенты нейтронов для неводородсодержащих сред 372
- В. К. Даруга, С. Ф. Дегтярев, В. И. Кухтевич, А. Н. Николаев, В. П. Подиванский, Б. И. Синицын, А. П. Суворов, В. В. Тарасов, В. К. Тихонов, С. Г. Цыпин. Пространственно-энергетические и угловые распределения нейтронов в литии 372
- С. М. Рубанов, В. И. Титов, Л. С. Шкорбатова. Расчет защиты контура с циркулирующим горючим . . 373
- В. Д. Горяченко. Акустическая неустойчивость ядерного реактора 374
- В. Д. Горяченко, Е. Ф. Сабаев. Акустические колебания в реакторе с циркулирующим газообразным горючим 375
- В. Д. Горяченко, В. А. Денисов, Ю. Ф. Трунин. Влияние изменения плотности делящегося вещества на устойчивость реактора с циркулирующим горючим 376
- В. С. Шулепин. Применение асимптотического P_N -приближения для расчета ячейки 376

235607

225304/м



РГ

ном 1, 3, 10. Из рисунка следует, что формула (12) хорошо аппроксимирует точное выражение для $I_{\Gamma}(\nu)$.

На рис. 3 представлены зависимости коэффициентов D_{00} , D_{01} , D_{11} , D_{12} , D_{22} от A ($D_{02} < 0$ для некоторых значений A и использовано для расчета C в трехгрупповом приближении). Проверено, что использование для $D(\nu)$ выражения (12) дает хорошую аппроксимацию точного для D_{ik} . На этом же рисунке приведены зависимости от A коэффициента диффузионного охлаждения C , рассчитанного в двух- и трехгрупповом приближении [формулы (10) и (11)]. Из рисунка следует, что и в этом случае разница между двух- и трехгрупповым приближением мала при всех A (не более 3%).

На основе полученных данных можно сделать вывод, что расчеты термализации нейтронов с помощью разложения функции распределения по системе скорост-

ных полиномов [2] с использованием газовой модели, а следовательно, и суперпозиционной модели относительно просты и быстро сходятся. Это указывает на большие возможности суперпозиционной модели.

Автор выражает глубокую благодарность М. В. Казарновскому за ценные советы.

Поступило в Редакцию 15/VI 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. В. Казарновский, Ш. Кельжебаев. Pulsed Neutron Research. Vol. I. Vienna, IAEA, 1965, p. 371.
2. М. В. Казарновский, Ф. Л. Шапиро. В сб. «Нейтронная физика». М., Госатомиздат, 1961, стр. 169.

Люминесцентный метод определения течей в конструкциях ядерных установок

А. И. ЗАБЕЛИН, Ю. А. СОЛОВЬЕВ, И. Н. СОКОЛОВ

УДК 621.039.536.4:658.562

Для обнаружения течей в конструкциях ядерных установок обычно применяются способы, основанные на создании избыточного давления в испытуемой конструкции при помощи воды или воздуха; кроме того, могут использоваться гелиевые или галоидные теческатели.

Однако для конструкций ядерных энергетических установок, имеющих сложные конфигурации с большим числом сварочных швов, ни один из этих методов не дает быстрого ответа на поставленный вопрос. Метод опрессовки оказывается непригодным, так как нельзя создать нужного избыточного давления. Использование галоидных и гелиевых теческателей также не всегда эффективно вследствие большой вероятности проникновения этих газов в районы ненарушенных сварных швов.

С учетом сказанного наиболее подходящим методом представляется люминесцентный метод, основанный на том, что растворы, содержащие люминофоры, под действием ультрафиолетового облучения дают свечение определенной длины волны (окраски), хорошо наблюдаемое визуально [1, 2]. Ниже описывается методика поиска и определения негерметичности одного из сварных швов детали крышки корпусного реактора ВК-50.

В полость, прилегающую к подозреваемым (нарушение герметичности) каналам, аккуратно заливают необходимый объем водно-щелочного раствора флуоресцеина. Через сутки затемняют помещение, в котором установлена крышка реактора, и последовательно осматривают сварные соединения в ультрафиолетовом свете. Места негерметичности проявляются в виде светящихся характерным желто-зеленым цветом полос и капель. Можно работать и при местном затемнении, так как свечение заметно даже в полумраке.

В качестве люминофора применяют флуоресцеин. Поскольку флуоресцеин ($C_{20}H_{12}O_5$) в воде нерастворим, для перевода его в раствор необходимо добавить щелочь. Наиболее подходящей щелочью является водный раствор аммиака. В данном случае применение едких натра и кали недопустимо по двум причинам:

во избежание увеличения вторичной радиоактивности после установки крышки на реактор и последующей целевой коррозии. Аммиак же при рабочих температурах улетучивается.

Учитывая конструктивные особенности крышки реактора, главным образом наличие труднодоступных для раствора щелевых объемов, необходимо брать несколько повышенную концентрацию флуоресцеина. Для приготовления раствора люминофора в 3 л разбавленного (1:1) водного раствора аммиака добавляют 100 г флуоресцеина. После тщательного перемешивания флуоресцеин растворяется без остатка, полученный раствор имеет темно-коричневый цвет.

Перед вводом раствора флуоресцеина во внутреннюю полость крышки реактора его разбавляют водой до необходимого объема, который определяется величиной внутреннего объема крышки реактора. Полученный раствор должен иметь щелочную реакцию. Наиболее простой способ определения характера реакции — запах аммиака. При отсутствии запаха следует добавить раствор аммиака.

Прибор ультрафиолетового излучения состоит из осветителя и блока питания. Ртутно-кварцевая лампа осветителя помещена в специальный металлический кожух, в выходное окно которого вмонтирован светофильтр из увиолевого (никелевого) стекла. Светофильтр необходим для получения ультрафиолетового пучка света, освобожденного от видимой части светового спектра.

Блок питания состоит из конденсатора, пусковой кнопки и тумблера. Вместо дросселя использован лабораторный автотрансформатор с ограничением по выходному напряжению. Электрическая схема установки показана на рис. 1.

Методика поиска поврежденных мест заключается в следующем. Дефектные места определяются по желто-зеленому свечению флуоресцеина ($\lambda_{\text{макс}} = 490 \text{ мкм}$).

Для подтверждения достоверности найденных течей место течи тщательно промывают водой, затем разбавленной (1:10) азотной кислотой (кислоты вызывают гашение свечения) и снова водой. Таким путем

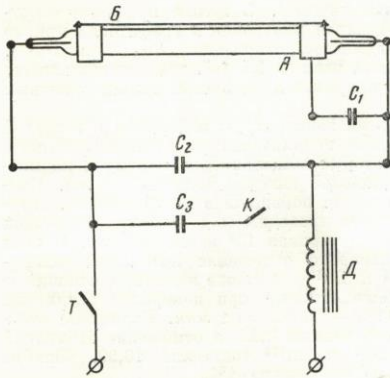


Рис. 1. Схема блока питания:

А — лампа ПРК-4 (ПРК-2М); Б — конденсаторная полоска; C₁ — конденсатор, 00003—00005 мкф; C₂ — конденсатор, 2—3 мкф на напряжение 300—600 в; C₃ — конденсатор, 005 мкф для ламп ПРК-4, 00005—00007 мкф для ламп других типов; К — пусковая кнопка; Т — тумблер; Д — дроссель.

удаляются случайно попавшие капли раствора флуоресцеина (устраняется его свечение).

Через некоторое время место течей вновь обозначается появившимся желто-зеленым свечением флуоресцеина. Смачивание дефектных мест водным раствором аммиака усиливает интенсивность свечения. Высокая чувствительность метода позволяет обнаружить флуоресцеин в количествах порядка 0,01 мг/л.

С помощью описанного метода были обнаружены негерметичности вблизи одного из силовых сварочных швов на гильзе канала системы управления защиты и точечные течи на трубке термопары, при помощи которой измерялась температура внутренней поверхности крышки корпуса реактора. На рис. 2 показан канал с указанием места возникновения негерметичности.

Общее время поиска течей составило около двух суток.

Таким образом, люминесцентный метод обнаружения течей обладает несомненным преимуществом по сравнению с другими методами. Применение этого метода сокращает время поисков течей практически до двух суток. При этом концентрация люминофора

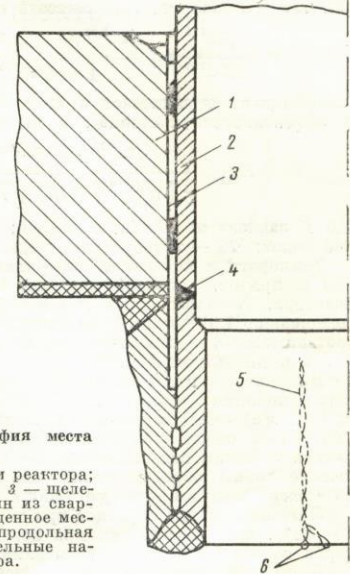


Рис. 2. Топография места течи:

1 — корпус крышки реактора; 2 — труба канала; 3 — щелевой зазор; 4 — один из сварных швов; 5 — найденное место течи канала (продольная трещина); 6 — капиллярные натекания люминофора.

в воде, обеспечивающая получение надежных результатов, составляет ~10 мг/л.

Люминесцентный метод можно применять и для отыскания течей в другом оборудовании, например в парогенераторах, конденсаторах турбин и т. п., когда использование иных методов по ряду причин затруднено.

В работах принимали участие В. Ф. Земсков, Л. И. Вахонин, Э. Э. Халецкий, А. С. Скрипников и другие работники служб эксплуатации установки.

Поступило в Редакцию 6/VIII 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Левшин. Фотолюминесценция жидких и твердых веществ. М.—Л., Гостехиздат, 1951.
2. Люминесцентный анализ. Под ред. М. А. Константиновой-Шлезингер. М., Физматгиз, 1961.

Измерение температуры нейтронов с помощью изотопов лютетия

С. С. ЛОМАКИН, В. С. РОМАНОВ, В. П. БОЧИН

УДК 539.125.5

Интегральный метод измерения температуры спектра тепловых нейтронов заключается в определении кадмиевого отношения и относительных скоростей реакций в поглотителях.

Весткотт [1] предложил использовать лутетий в качестве чувствительного индикатора температуры тепловых нейтронов, так как лутетий имеет большой резонанс в сечении захвата при энергии 0,142 эв.

Согласно данным работы [1], эффективное сечение активации равно

$$\hat{\sigma} = (g + rS) \sigma_{2200},$$

где r — эпитепловой фактор; g и S — функции эффективной температуры нейтронов. Отношение активации