

Юные техники могут убедиться, как влияют эти параметры на работоспособность механизма.

Этап 5: Проверка полученных соотношений.

Проверка, разумеется, заключается в демонстрации работы модели механизма и возможности показа на ней зависимости одних параметров (перемещения ползунов) от других (радиуса кривошипа). Для этого предусмотрена возможность изменения некоторых параметров: радиуса кривошипа, взаимного расположения звеньев (параметр  $e$ , рисунок 1), дополнительные отверстия 4 (рисунок 3) для изменения взаимного положения деталей механизма.

Таким образом, модель рычажного механизма, изготовленная как экспонат технической выставки, становится интересным объектом изучения работы технических систем, в частности, рычажного механизма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.teormach.ru/lab18.htm>
2. Гридасов, А.И. Роль информационных коммуникационных технологий в развитии технического творчества / А.И. Гридасов, И.С. Ташлыков // Информатизация образования – 2012: сборник материалов IV междунар. науч. конф. Минск: 24-27 окт. 2012 г. – С. 88-91.

УДК 543.422.8+372.583

Гусакова О.В.

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ**

*МГЭУ, Минск*

При изучении студентами материаловедения обязательным является освоение методов и приборов для структурного анализа. В частности, направленность дисциплин «Материаловедение

и технология конструкционных материалов», «Топливные и конструкционные материалы ядерных установок», читаемых в МГЭУ им. А.Д. Сахарова для студентов по специальности «Ядерная и радиационная безопасность» частично теоретическая, частично практико-ориентированная

Метод рентгеноспектрального анализа является одним из широко используемых, поскольку с его помощью проводятся качественный и количественный анализ элементного состава твердых тел и жидкостей [1-2]. Весьма эффективно применение рентгеноспектрального анализа для контроля за загрязнением окружающей среды (определение содержания элементов в почвах, воде, донных осадках, растительных и животных тканях и т.д.). Высокая стоимость и сложность современного оборудования часто не позволяют создать материальную базу для проведения лабораторных работ по рентгеноспектральному анализу. Кроме того, на современном оборудовании реализована полная автоматизация обработки экспериментальных данных, что может приводить к ошибочным результатам при неглубоком понимании физических процессов, протекающих при формировании спектра. Поэтому освоение физических процессов, лежащих в основе метода, приобретение навыка работы с экспериментальными результатами является важным элементом подготовки специалистов физических специальностей. В связи с этим актуальна разработка практических занятий по рентгеноспектральному анализу.

Рентгеновское излучение возникает при облучении вещества потоком электронов высокой энергии. При этом возникает рентгеновское излучение двух видов: характеристическое и тормозное. Характеристическое рентгеновское излучение обусловлено переходами электронов между внутренними оболочками атомов. Согласно закону Мозли для идентичных электронных переходов энергия рентгеновского кванта связана с порядковым номером элемента соотношением  $E \sim Z^2$  [3]. Измерив энергии  $\gamma$ -квантов характеристического рентгеновского излучения, испускаемого

образцом, можно определить его элементный состав. Относительная интенсивность линий характеристического рентгеновского излучения определяется вероятностью перехода электронов с внешней на внутреннюю оболочку атома. Тормозное излучение возникает при торможении электронов в веществе [4].

Для регистрации и измерения рентгеновского излучения в рентгеновских спектрометрах используются два типа детекторов: волновые и энергодисперсионные. Перед выполнением работы студент на лекции или в ходе самостоятельной подготовки должен более подробно ознакомиться с процессами, протекающими в материале при воздействии на него высокоэнергетического излучения (электронов, рентгеновских квантов), а также рассмотреть принципиальные схемы рентгеновских анализаторов и их технические характеристики.

На занятиях для выполнения работы студенту предоставляются рентгеновские спектры, полученные предварительно на растровом электронном микроскопе с энергодисперсионным микроанализатором. В ходе выполнения работы студент получает два задания:

**Задание 1.** Определить все химические элементы, входящие в состав образцов по их спектрам. Целью работы является изучение рентгеновских спектров однокомпонентных и многокомпонентных материалов и приобретение навыков по их идентификации.

Идентификация спектров производится путем сравнения энергии пиков характеристического рентгеновского излучения (ХРИ) с литературными данными. Для выполнения работы предоставляется полная база данных по значениям энергий  $\gamma$ -квантов [5].

Для более полного усвоения материала в первом задании целесообразно предоставлять студентам для расшифровки спектры материалов различных групп периодической таблицы Менделеева. Кроме спектров чистых материалов, должны быть использованы также спектры сплавов и соединений.

Опыт проведения занятий показал, что временем необходимым для изучения 4 характеристических спектров и составления отчета являются 2 академических часа.

**Задание 2.** Определить количественное содержание каждого из химических элементов, входящего в состав образца по его спектру. Целью задания является изучение безэталонного метода полуколичественного анализа состава многокомпонентных образцов.

Количественный РСА основан на измерении интенсивностей линий отдельных химических элементов, содержащихся в изучаемом образце, которая пропорциональна концентрации соответствующего элемента. В первом приближении концентрация  $i$ -того элемента ( $C_i$ ) вычисляется как отношение площади под пиком этого элемента в спектре образца ( $S_i^x$ ) к площади под пиком такой же линии образца из чистого элемента (эталона) ( $S_i^{эм}$ ). Известно [6], что отношение ( $K$ ) интенсивности характеристического пика элемента ( $S_i$ ) к интенсивности тормозного рентгеновского излучения той же энергии (фона) ( $I_F$ ) величина постоянная.

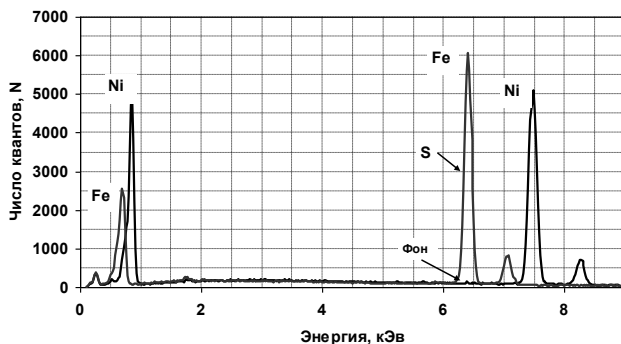


Рисунок 1 – Спектр сплава Fe – Ni

Это позволяет реализовать следующий алгоритм полуколичественного анализа:

1. По спектру чистого элемента определяется отношение интенсивности характеристического пика к интенсивности фона  $K = S_i^{эм} / I_F^{эм}$ .

2. На спектре анализируемого образца измеряется интенсивность фона  $I_F^x$ .

3. Учитывая, что площадь под пиком эталона для анализируемого спектра рассчитывается по формуле  $S_i^{эм} = KI_F^x$ , концентрация элемента определяется по формуле:  $C_i = S_i^x / KI_F^x$

На рисунке 3 в качестве примера приведен спектр сплава Fe – 45 ат. % Ni.

Для эффективного усвоения материала следует подбирать спектры двухкомпонентных материалов на базе одного элемента с различными легирующими добавками. Оптимальным временем для изучения 6 спектров и написания отчета являются 4 академических часа. Опыт проведения практических работ показал, что предложенный методический подход обеспечивает постепенный переход от теоретических знаний к получению профессиональных умений и навыков в области контроля за состоянием окружающей среды. Результаты работы могут быть использованы при постановке лабораторных работ, в том числе виртуальных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лосев, Н.Ф. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа / Н.Ф. Лосев, А.Н. Смагунова. – М.: Химия, 1982. – 208 с.

2. Либхавски, Х.Ф. Применение поглощения и испускания рентгеновских лучей. / Х.Ф. Либхавски. – М.: Металлургия, 1964. – 391 с.

3. Блохин, М.А. Физика рентгеновских лучей / М.А. Блохин. – М.: ГИТТЛ, 1957.

4. Электронно-зондовый микроанализ / под. ред. И.Б. Боровского. – М.: Мир, 1974. – 260 с.

5. Практическая растровая электронная микроскопия / под ред. Дж. Гоулдсейна, Х. Яковица. – М.: Мир, 1978. – 656 с.

6. Heckel, J. Quantitative analysis of bulk samples without standards by using peak-to-background ratios / J. Heckel, P. Jugelt // X-ray spectrometry. – 1984. – Vol. 13, № 4. – P. 159-165.

УДК 378:1

Дирвук Е.П.

## **РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ИПФ БНТУ КАК СОЦИОКУЛЬТУРНОГО ФЕНОМЕНА**

*БНТУ, Минск*

Вот уже более полувека минуло с момента создания в 1964 году в Белорусском политехническом институте (*первая фаза становления и развития ИПО*) первого в мире инженерно-педагогического факультета (ИПФ), ориентированного на интегрированную подготовку студентов (квалификация «*инженер-механик-педагог*») по специальности «Профессиональное обучение» для наиболее востребованных отраслей народного хозяйства республики (машиностроение и строительство).

Возникновение данного уникального социокультурного феномена на просторах бывшего СССР было инициировано и стало возможным для институционального оформления благодаря опыту подвижников, одержимых идеей данной интеграции: первого декана ИПФ БПИ доцента Б.А. Белькевича, будущих академиков О.В. Романа, П.И. Ящерицына, профессоров А.М. Дмитриевича, Г.К. Татура, Г.М. Ждановича. В 1965 г. к ним также подключились доценты В.Т. Петриков, В.Г. Жак, А.А. Бытев, создавшие прототип современного ИПО. Нужно отдать должное их прозорливости, поскольку уже в те годы они предпринимали активные попытки поиска путей методологической общности деятельности инженеров и педагогов, однако такие очевидные признаки наступающей корпоративно-ремесленной эпохи становления