

ФОРМУВАННЯ НЕЙТРОННИХ ПОЛІВ У ВОДНЕВМІСТКИХ СПОВІЛЬНЮЮЧИХ ВУЗЛАХ МІКРОТРОНА

М.В. Стець, М.В. Гошовський, Г.Ф. Пітченко

Інститут електронної фізики Національної академії наук України,
88017, м. Ужгород, вул. Університетська, 21

Розглянуто експеримент, дані експерименту, та їх аналіз по дослідженню впливу геометричних розмірів поліетиленового сповільнюючого вузла мікротрона на параметри (активаційні інтеграли) нейтронного поля. Встановлено зміну теплової ($n\gamma$), швидкої (np) компонент нейтронного поля. Встановлено зміну відношення цих компонент, які характеризують жорсткість інтегрального енергетичного спектра нейтронів. Експеримент виконано на мікротроні М-30 ІЕФ НАН України.

Ключові слова: мікротрон, фотонейтрони, конвертори, альбедні методи, енергетичний спектр, активаційні інтеграли.

Вступ. Дослідження розподілів потоків іонізуючого випромінювання (інша вживана термінологія – дослідження полів іонізуючого випромінювання) – електронів, в тому числі і прискорених на прискорювачах різних типів, гамма-квантів, в тому числі гамма-квантів гальмівного випромінювання, нейтронів поділу ядер та фотонейтронів і т.д., розпочалось фактично зразу після його (їх) відкриття. Дуже скоро виділились два напрямки дослідження – фізика ядерних реакторів, та фізика прискорювачів, де проблеми дослідження розподілів полів були принципово важливими. Ці дослідження можна назвати дослідженнями розподілів у “великих” збірках (орієнтовні розміри 10 x 10 м і більше) – реакторних блоках, вузлах прискорення. Цей напрямок, пов'язаний з енергетичною та військовою безпекою, добре забезпечений методиками та досліджений, і продовжує досліджуватись. Використання потоків іонізуючого випромінювання для прикладних цілей – радіаційних (матеріалознавство), та активаційних (активаційний аналіз) стимулювало розвиток дослідження “малих” (орієнтовні розміри 1x1 м і менше) збірок. Цей напрямок досліджень розпався на різні під напрямки, які визначались типом прискорювачів, типом випромінювання, масштабами задач, і тому, за деякими винятками, залишився на

рівні лабораторних та макетних установок, без узагальнення (виняток становлять роботи [1-3, 5]). Тому, з метою отримання методично цілісної інформації було здійснено експериментальне дослідження способів управління потоками фотонейтронів в випромінювальних установках [4], яке доцільно розділити на два етапи:

- дослідження інтегральних характеристик фотонейтронних конверторів;
- дослідження альбедних методів формування нейтронних потоків.

Дослідження інтегральних характеристик фотонейтронних конверторів включає в себе, зокрема: вибір конкретної та технологічної конструкції конверторів; вибір геометрії опромінення; вибір координат контрольних точок, площин, об'ємів; вибір вимірюваних (контрольних) параметрів; оцінка потоків нейтронів, зокрема: теплової (n,γ) – компоненти повного спектру нейтронів; резонансної ($n\gamma$) – компоненти повного спектру нейтронів; швидкої (np) – компоненти повного спектру нейтронів; оцінка “жорсткості” (вмісту більш енергетичної компоненти в повному спектрі нейтронів) потоку нейтронів; стандартизована зміна інтегральних характеристик.

В певній мірі вказані етапи досліджень дійсні і стосовно альбедних методів формування нейтронних потоків, під якими в широкому сенсі розуміють методи

впливу на параметри нейтронних полів матеріалами сповільнювачів та відбивачів нейтронів (фізика та техніка ядерних реакторів) [2]. В більш вузькому сенсі альбедні методи – це методи формування нейтронних полів в робочих (повітряних) просторах опромінювальних вузлів електронних прискорювачів.

Експеримент. Зараз ми розглядаємо результати дослідження водневмістких сповільнювачів вузлів мікротрона. Водень є ефективним сповільнювачем та відбивачем нейтронів, і тому такі матеріали (поліетилен, парафін, вода, і т.п.) широко використовуються в ядерно-технічних технологіях. Схема поліетиленового (блоки поліетилену високого тиску NEUTROSTOP, товщина блоку 5 см) сповільнюючого вузла Г-подібної форми приведена на рис. 1А. За рахунок зміни довжини R_x та R_y плеч (кут між якими становив 90°) можлива зміна параметрів нейтронних полів – значень активаційних інтегралів P_1 (активаційний інтеграл реакції $Al^{27}(n\gamma)Al^{28}$), P_2 (активаційний інтеграл реакції $Mn^{55}(n\gamma)Mn^{56}$), P_3 (активаційний інтеграл реакції $Al^{27}(np)Mg^{27}$), та їх відношень P_3/P_1 та P_1/P_2 ; це і було об'єктом дослідження. Детальніше характеристики параметрів розглянуто в [4].

Дослідження виконувалось на мікротроні М-30 ІЕФ НАНУ (енергія та струм прискорених електронів 14,5 МеВ, та 2 мкА, відповідно). В якості активаційних детекторів АД використані Al і Mn, які були розташовані по колу діаметром 100 мм у вертикальних контрольних площинах (КП) під кутами 0° (КП x) та 90° (КП y), на відстанях 115 мм від геометричного центру циліндричного ($\varnothing 100\text{мм} \times 100\text{мм}$) Ве – фотонейтронного конвертора, що знаходився вертикально в робочому просторі вузла, симетрично по осі пучка гальмівного випромінювання. Схема КП приведена на рис. 1В. Результати дослідження приведено на рис. 2-11, для середніх значень P : $x = (x_1+x_2)/2$, та $y = (y_1+y_2)/2$. Значення P , та їх відношень приведено у відносних одиницях.

Аналіз. Аналіз даних, приведених на рис. 2-11, показує, що зміна довжини R_x та R_y плеч вузла, тобто зміна його внутрішнього об'єму призводить до перерозподілу ($n\gamma$) – компоненти нейтронного потоку. Із збільшенням довжини R_x (R_y), значення P_1 та P_2 зменшуються, що пояснюється, очевидно, зменшенням впливу відповідної стіни вузла, котра, як видно, є місцем сповільнення і тому є джерелом сповільнених нейтронів. Позаяк дія розмірів R_x і R_y кожного із плеч на зміну ($n\gamma$) – компоненти приблизно однакова, тому зменшення довжини R_x (кут 0° до осі пучка гальмівного випромінювання) призводить до збільшення значень P_1 і P_2 для ($n\gamma$) – компоненти у напрямку R_y (кут 90° до осі пучка гальмівного випромінювання). Це можна розуміти як зміну напрямку певної частини нейтронного потоку на 90° .

Зміна (np)- компоненти нейтронного потоку є більш складною. Значення параметрів P_3 (np)- компоненти нейтронного потоку для паралельних вимірів x, та y менш скорельовані між собою. Це можна пояснити анізотропією потоків швидких (більш енергетичних) нейтронів – направленістю їх по осі пучка гальмівного випромінювання (осі x). Не виключено, що значення параметра P_3 (np)- компоненти нейтронного потоку по цій осі x має максимум. Значення параметра P_3 (np)- компоненти нейтронного потоку узгоджуються із поведінкою теплової, ($n\gamma$)- компоненти (параметри P_1 і P_2), позаяк збільшуються із збільшенням довжини R_x (R_y) – віддаленістю торцевої стіни вузла (джерела сповільнених нейтронів).

Значення жорсткості $Ж = P_3/P_1$ та $Ж = P_1/P_2$ також підтверджують зміну спектрального складу нейтронних полів.

Результати дослідження можуть бути використані в задачах радіаційної фізики та хімії, де потрібне керування співвідношеннями різних компонент вторинних випромінювань мікротрона – гальмівної, теплової та швидкої нейтронних компонент.

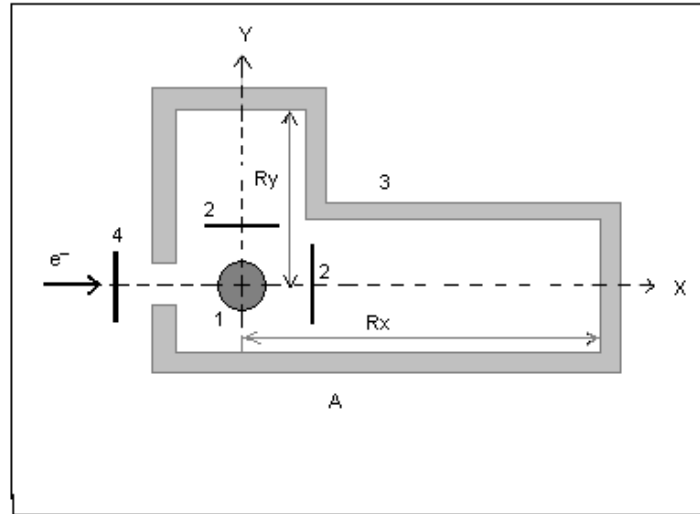


Рис. 1А. Схема сповільнючого вузла мікротрона.
 1 – Ве – фотонейтронний конвертор.
 2 – контрольні площини із активаційними детекторами в позиціях x, y, відповідно (Див. рис. 1В).
 3 – поліетиленовий сповільнювач – відбивач.
 4 – Та – гальмівна мішень.
 R_x, R_y – довжина відповідних плеч вузла.

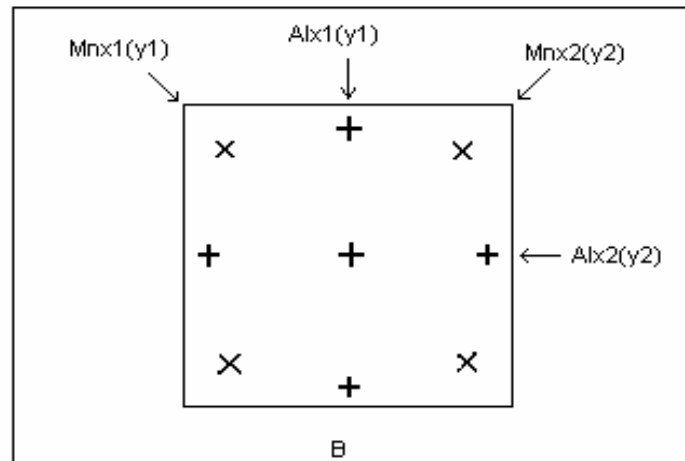


Рис. 1В. Контрольна площина із активаційними детекторами для позицій x (відповідно для позиції y).
 Стрілками позначені активаційні детектори, якими контролювались параметри нейтронних полів:
 П1 (n_γ) – компонента; активаційні детектори – Al x1(y1), Al x2(y2));
 П2 (n_p) – компонента; активаційні детектори – Mn x1(y1) Mn x2(y2)).

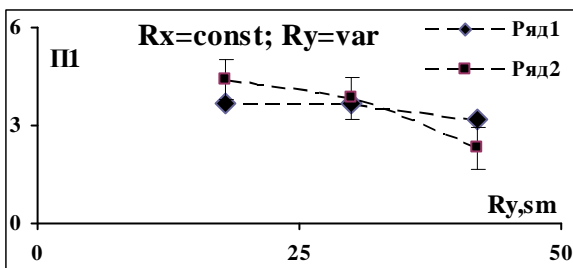


Рис. 2. Розподіл П1 (n_γ) компоненти спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x, y, відповідно. R_x - 42 см.

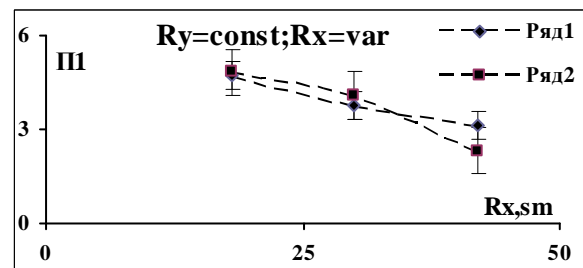


Рис. 3. Розподіл П1 (n_γ) компоненти спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x, y, відповідно. R_y - 42 см.

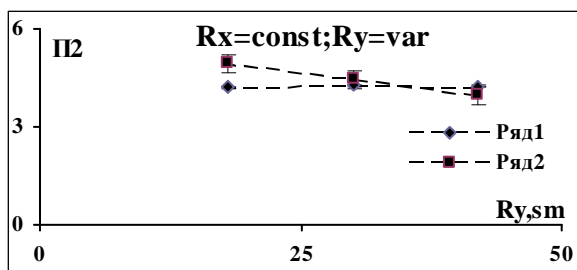


Рис. 4. Розподіл П2 ($n\gamma$) компоненти спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x,y, відповідно. Rx - 42 см.

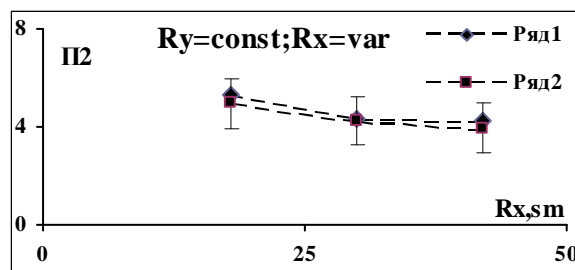


Рис. 5. Розподіл П2 ($n\gamma$) компоненти спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x,y, відповідно. Ry - 42 см.

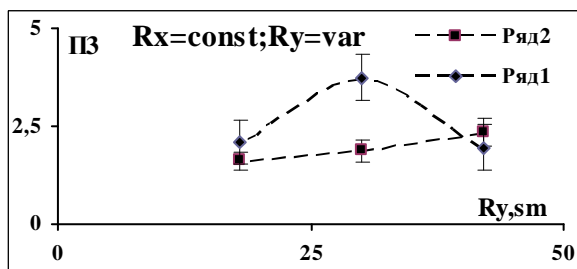


Рис. 6. Розподіл П3 ($n\gamma$) компоненти спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x,y, відповідно. Rx - 42 см.

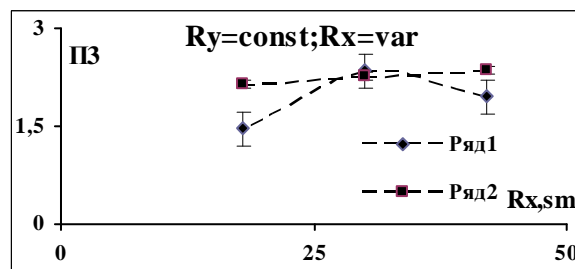


Рис. 7. Розподіл П3 ($n\gamma$) компоненти спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x,y, відповідно. Ry - 42 см.

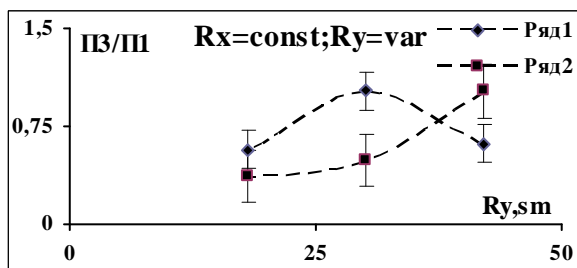


Рис. 8. Розподіл жорсткості П3/П1 спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x,y, відповідно. Rx - 42 см.

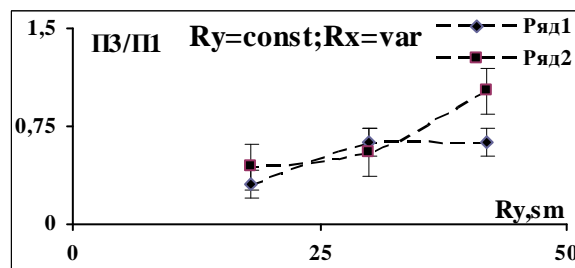


Рис. 9. Розподіл жорсткості П3/П1 спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x,y, відповідно. Ry - 42 см.

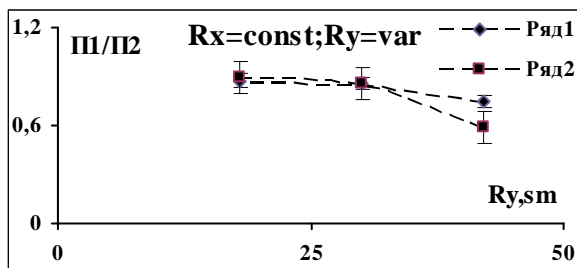


Рис. 10. Розподіл жорсткості П1/П2 спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x,y, відповідно. Rx - 42 см.

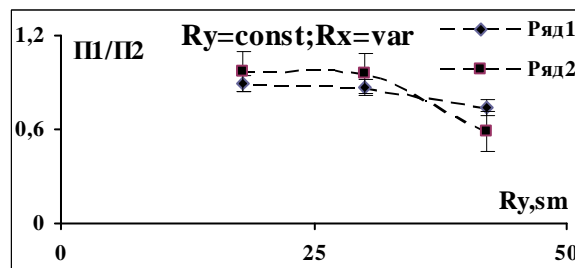


Рис. 11. Розподіл жорсткості П1/П2 спектра нейтронів. Ряд 1, 2 — площини x,y, відповідно. Ry - 42 см.

Література

1. Ковалёв В.П. Вторичные излучения ускорителей электронов. – М.: Атомиздат, 1979. – 250 с.
2. Власов Н.А. Нейтроны. – М.: Наука, 1971. – 552 с.
3. Ганжа А.П. Конверторы нейтронов электронных ускорителей // Деп.

- ВИНИТИ, 1984 – 3 – 62 – 84.
4. Применение микротрона М-30 для изучения некоторых фотоядерных реакций области ЕІ-гигантского резонанса. Отчёт УжО ИЯИ АН УССР, № гос. регистр. 81044505, Ужгород, 1985, раздел 6.
5. Горячев И.В., Колеватов Ю.И., и др. Интегральные эксперименты в проблеме переноса ионизирующих излучений: Справочное руководство. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 272 с.

THE FORMING OF THE NEUTRON FIELDS IN DECELERATING HYDRIC COMPONENTS OF THE MICROTROTRON

M.V. Stec, M.V. Hoshobsky, G.F. Pitchenko

Institute of Electron Physics of National Science Academy of Ukraine
88017, Uzhhorod, Universytetska Str., 21

The experiment, experimental data and its analysis on the influence of polyethylene decelerating components of the microtron on the parameters of the neutron field are presented. The changes of thermal ($n\gamma$), and fast (np) component were determined. The ratio change between these components that characterizes the rigidity of integral neutron spectrum was investigated. Experiment was done at the Microtron M-30 of the Institute of Electron Physics of NAS of Ukraine.

Key words: microtron, photoneutrons, konverters, albedo methods, energy spectrum, activation integrals

ФОРМИРОВАНИЕ НЕЙТРОННЫХ ПОЛЕЙ В ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ ЗАМЕДЛЯЮЩИХ УЗЛАХ МИКРОТРОНА

М.В. Стец, М.В. Гошовский, Г.Ф. Питченко

Институт электронной физики Национальной академии наук Украины
88017, г. Ужгород, ул. Университетская, 21

Рассмотрен эксперимент, данные эксперимента, и их анализ по исследованию влияния геометрических размеров полиэтиленового замедляющего узла микротрона на параметры (активационные интегралы) нейтронного поля. Установлено изменение тепловой ($n\gamma$), быстрой (np) компонент нейтронного поля. Установлено изменение отношения этих компонент, которые характеризуют жесткость интегрального энергетического спектра нейтронов. Эксперимент выполнен на микротроне М-30 ИЭФ НАН Украины.

Ключевые слова: микротрон, фотонейтроны, конверторы, альбедные методы, энергетический спектр, активационные интегралы