

ПРОСТОРОВІ РОЗПОДІЛИ НЕЙТРОНІВ У СИСТЕМАХ “ГАЛЬМІВНА МІШЕНЬ+НЕЙТРОННИЙ КОНВЕРТОР”

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

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

Приведено експериментальні дані значень активаційних інтегралів $(n\gamma)$ - та $(n\beta)$ -компонент потоку нейтронів для системи “гальмівна мішень + фотонейтронний конвертор” модульного типу. Енергія прискорених електронів $E_e = 19$ MeV. Для оцінки просторових розподілів нейтронів із фотонейтронних конверторів активаційні інтеграли визначались в трьох контрольних точках.

Ключові слова: мікротрон, нейтрони, фотонейтронний конвертор, активаційний інтеграл, активаційний детектор, просторовий розподіл.

Вступ. Ця робота є продовженням низки досліджень складу та просторового розподілу потоків вторинного випромінювання електронних прискорювачів (в першу чергу гальмівних гамма-квантів та нейтронів) як функції сумісної дії багатьох факторів, зокрема: величини струму прискорених електронів, максимальної енергії гальмівного випромінювання (котра визначається енергією E_e прискорених електронів), типу матеріалу (атомний номер Z), форми, розмірів, та маси конструктивних матеріалів, тощо. В [1-8] розглядаються проблематика та власні результати, отримані раніше. В цій статті ми приводимо результати експериментального дослідження просторового розподілу нейтронів в системах “гальмівна мішень + фотонейтронний конвертор”, котрі є реальними джерелами нейтронів в радіаційних роботах на мікротроні.

Експеримент. Експеримент здійснено для енергії прискорених електронів $E_e=19$ MeV на мікротроні М-30 ІЕФ НАН України. Активаційні інтеграли визначались гамма – спектрометрично. Визначались наступні активаційні інтеграли: П1д – активаційний інтеграл для реакції $Al27(n\gamma)Al28$; П3д – активаційний інтеграл для реакції $Al27(n\beta)Al28$; відношення П3д/П1д – жорсткість енергетичного спектра нейтронів. Нейтронний фон мікротрона не враховувався. Розмірність всіх активаційних інтегралів Пд – (нейтрон·барн)/(см²·с). Більш детальна інформація приведена в [4-8]. Гальмівна мішень – танталова пластина товщиною 1,5 мм.

Фотонейтронні конвертори – D (важка вода), Be, Fe, Zn, Mo, Cd, In, Sb, Te, W, Hg, Pb, U (закис-окис U238). Розмір всіх конверторів: в модулях 3x1x1; в см – довжина 9 см; ширина 3 см; висота 3 см. D (важка вода), Be, Pb, U є “традиційними” фотонейтронними конверторами; інші вибрані матеріали є потенційними мішенями для отримання нейтронів, і є конструкційними матеріалами.

Геометрія. Для оцінки залежності «позиція АД - значення активаційних інтегралів», інтеграли визначались в трьох контрольних точках. Контрольні точки (КТ) Н1, Н2, Н3 знаходились на верхній поверхні конверторів, по їх довжині, відповідно в кінці (Н1-7,5см), середині (Н2-4,5см), та початку (Н3-1,5см, від торця) конвертора. Результати дослідження приведені на рис.1-28.

Аналіз залежностей. Значення Пд, та П3д/П1д мають, в основному, монотонний характер залежності від відстані X, але відрізняються від Z до Z, що можна якісно пояснити, зокрема, різним характером взаємодії гальмівних гамма-квантів з ядрами та атомами конвертора, відмінностями в значеннях перерізів фотонейтронних реакцій, та в значеннях перерізів реакцій пружного та непружного розсіяння нейтронів.

Вкажемо на цікавий факт - відмінності в залежностях жорсткості, зокрема для In, Sb, Te - вони не спадаючі. Це потребує більш детального дослідження.

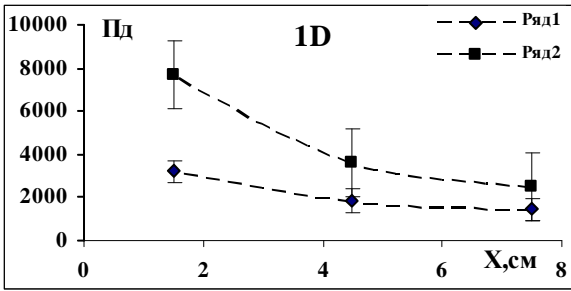


Рис. 1. Просторовий розподіл нейтронів. Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); П3д-(np) - компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора D(D₂O). X – координати активаційних детекторів.

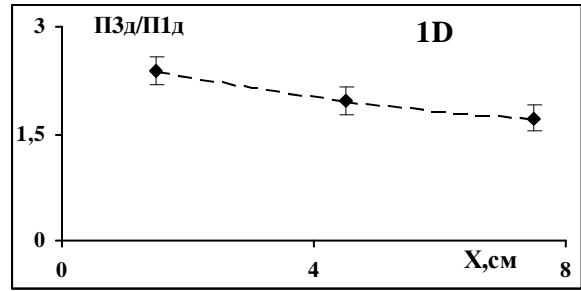


Рис. 2. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора D(D₂O). П1д-(ng) - компонента; П3д – (np) – компонента.

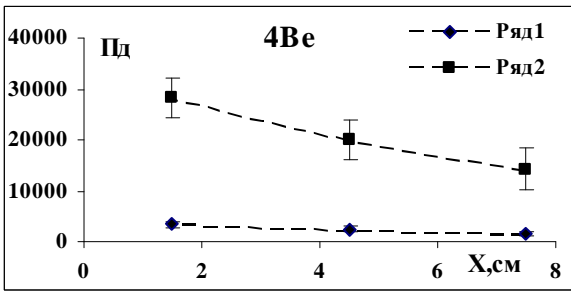


Рис. 3. Просторовий розподіл нейтронів. Пд: П1д - (ng) - компонента (ряд 1); П3д (np) – компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Be. X – координати активаційних детекторів.

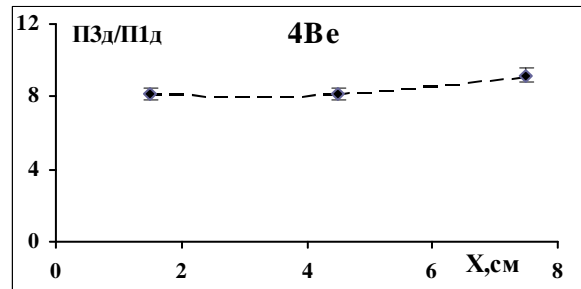


Рис. 4. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Be. П1д - (ng)- компонента; П3д – (np) – компонента.

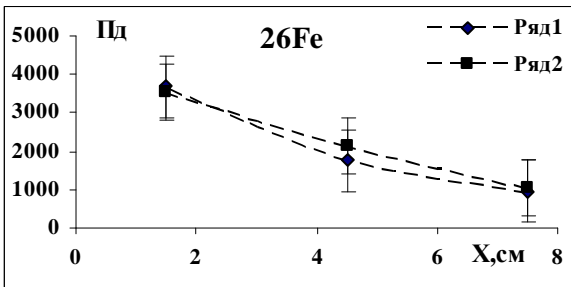


Рис. 5. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); П3д - (np) - компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Fe. X – координати активаційних детекторів.

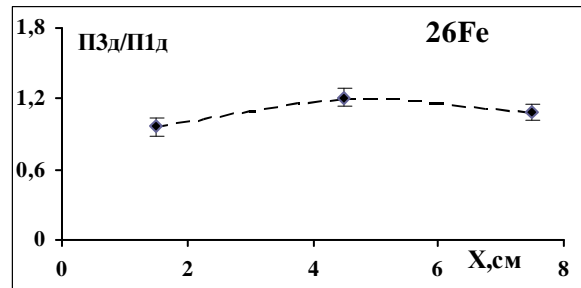


Рис. 6. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Fe. П1д – (ng) - компонента; П3д – (np) – компонента.

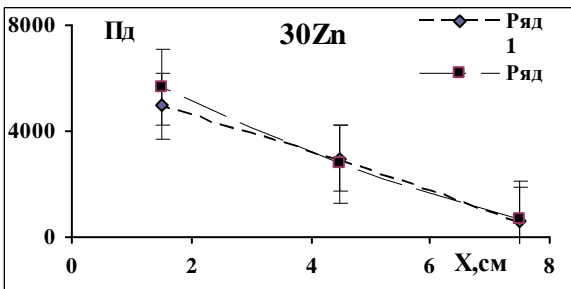


Рис. 7. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); П3д (np) - компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Zn. X – координати активаційних детекторів.

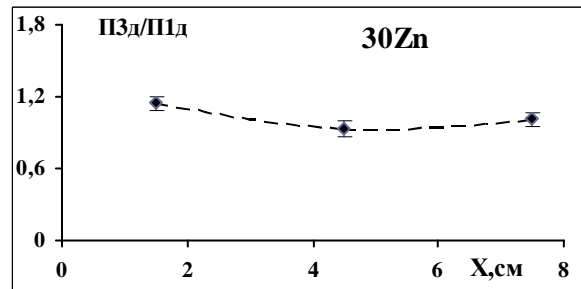


Рис. 8. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Zn. П1д - (ng) - компонента; П3д-(np)- компонента.

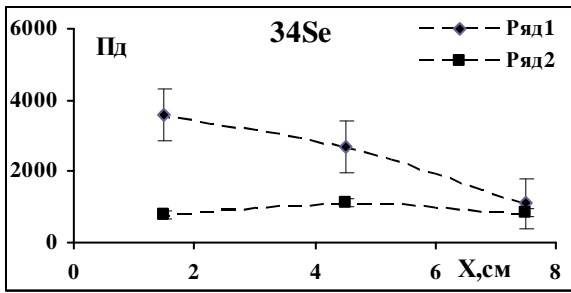


Рис. 9. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); ПЗд-(nr)- компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Se. X – координати активаційних детекторів.

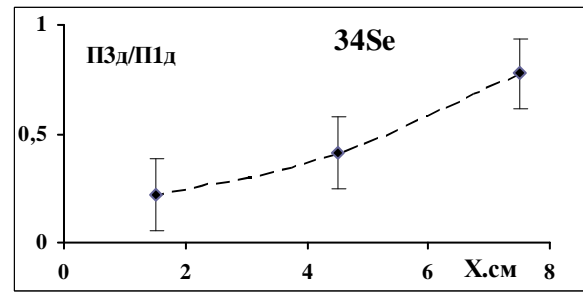


Рис. 10. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість ПЗд/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Se. П1д – (ng) – компонента; ПЗд (nr) – компонента.

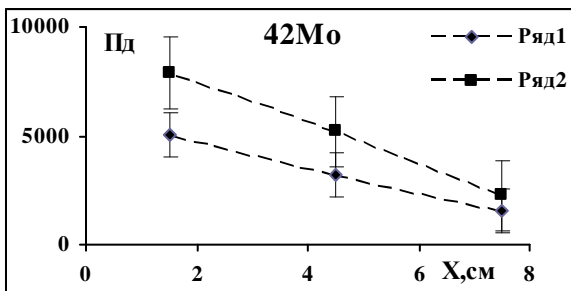


Рис. 11. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); ПЗд-(nr)- компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Mo. X – координати активаційних детекторів.

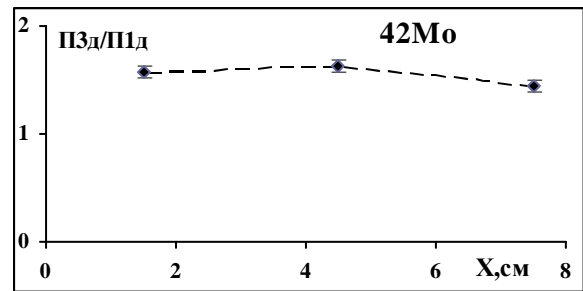


Рис. 12. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість ПЗд/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Mo. П1д – (ng) – компонента; ПЗд – (nr) – компонента.

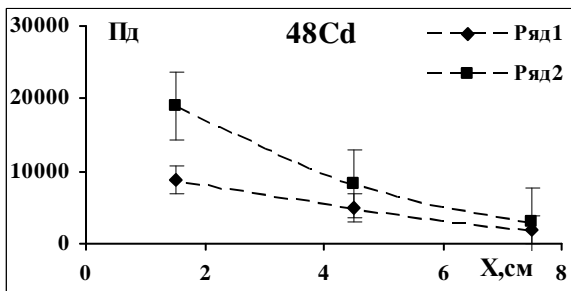


Рис. 13. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); ПЗд-(nr)- компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Cd. X – координати активаційних детекторів.

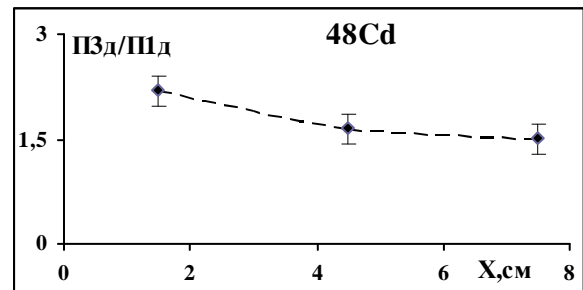


Рис. 14. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість ПЗд/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Cd. П1д – (ng) – компонента; ПЗд – (nr) – компонента.

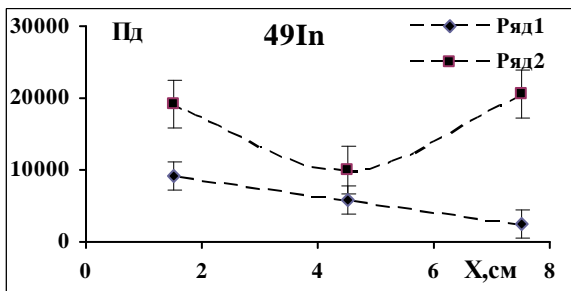


Рис. 15. Просторовий розподіл нейтронів Пд: П1д-(ng) - компонента (ряд 1); ПЗд - (nr)- компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора In. X – координати активаційних детекторів.

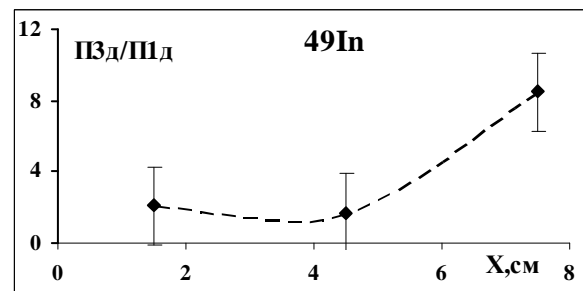


Рис. 16. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість ПЗд/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора In. П1д – (ng) – компонента; ПЗд – (nr) – компонента.

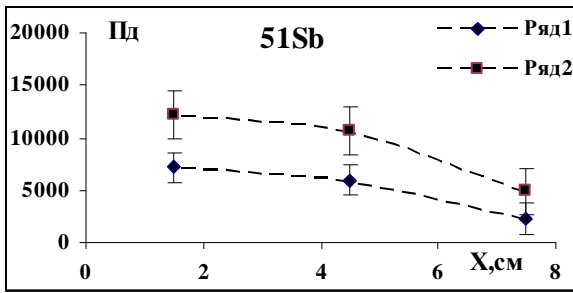


Рис. 17. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); П3д-(nr)- компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Sb. X – координати активаційних детекторів.

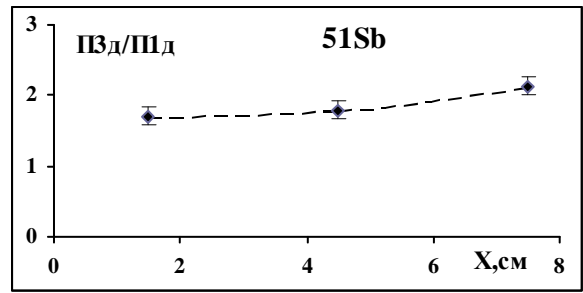


Рис. 18. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Sb. П1д – (ng) – компонента; П3д – (nr) – компонента.

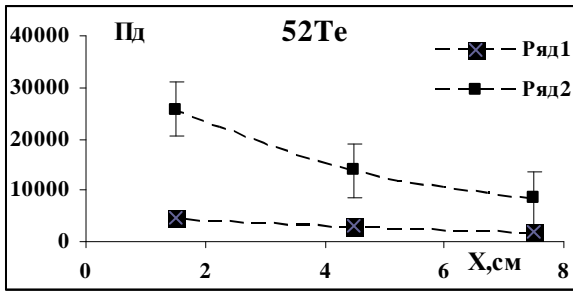


Рис. 19. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); П3д-(nr) - компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Te. X – координати активаційних детекторів.

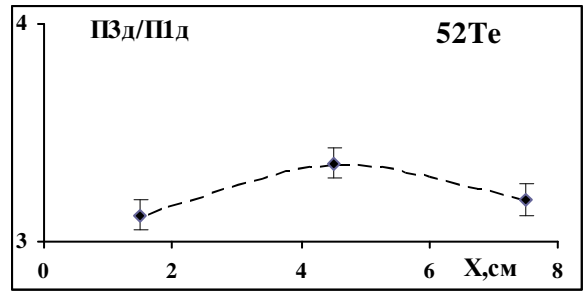


Рис. 20. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Te. П1д – (ng) – компонента; П3д (nr) – компонента.

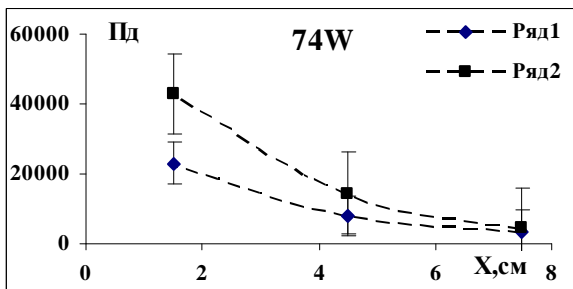


Рис. 21. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); П3д (nr) - компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора W. X – координати активаційних детекторів.

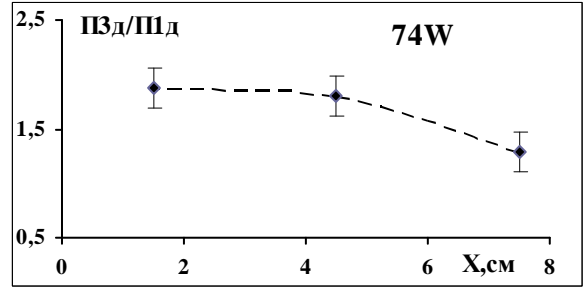


Рис. 22. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора W. П1д – (ng) – компонента; П3д (nr) – компонента.

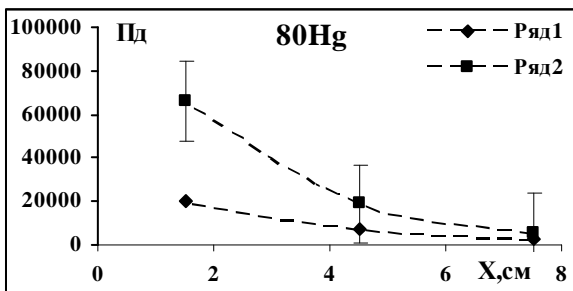


Рис. 23. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); П3д-(nr) - компонента (ряд 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Hg. X – координати активаційних детекторів.

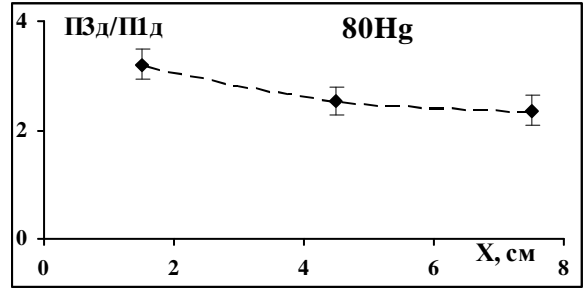


Рис. 24. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Hg. П1д – (ng) – компонента; П3д (nr) – компонента.

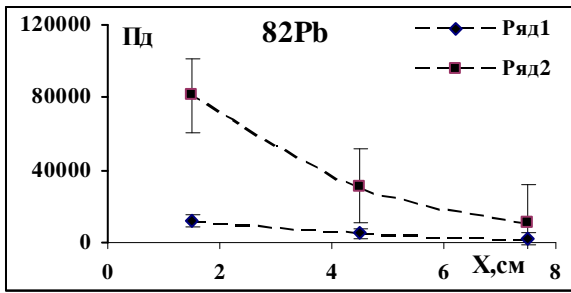


Рис. 25. Просторовий розподіл нейтронів Пд:П1д-(ng) - компонента (ряд 1); П3д-(np) - компонента ряду 2) на поверхні фотонейтронного конвертора Рb.; X – координати активаційних детекторів.

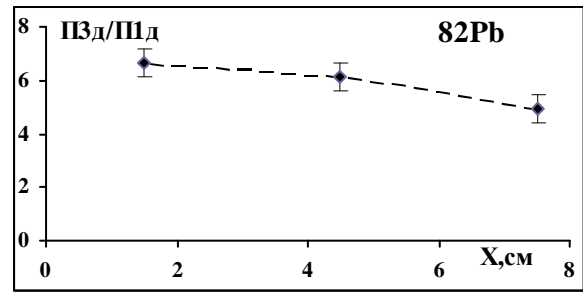


Рис. 26. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора Рb (П1д – (ng) – компонента; П3д (np) – компонента).

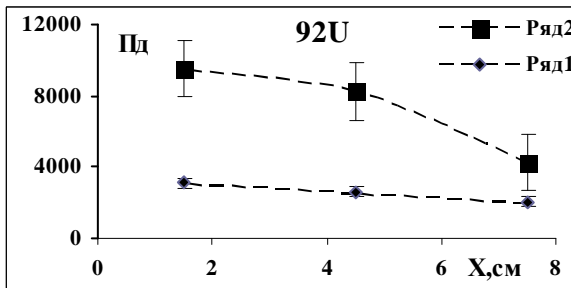


Рис. 27. Просторовий розподіл нейтронів (П1д (ng)-компонента ряду 1; П3д (np)- компонента ряду 2) на поверхні фотонейтронного конвертора U. X – координати активаційних детекторів.

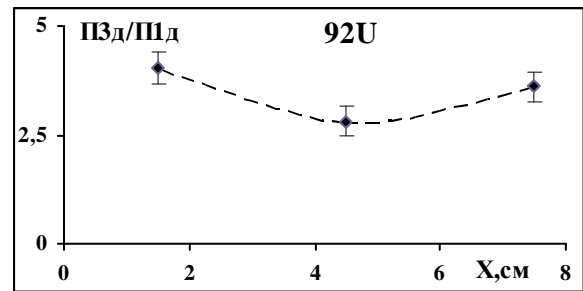


Рис. 28. Просторовий розподіл нейтронів (жорсткість П3д/П1д) на поверхні фотонейтронного конвертора U (П1д – (ng) – компонента; П3д (np)– компонента).

Висновки. Монотонність отриманих нами експериментальних залежностей «позиція АД - значення активаційних інтегралів Пд, та їх відношень П3д/П1д» свідчить про монотонність просторового розподілу фотонейтронів для кожного конкретного конвертора по його довжині.

Із аналізу залежностей можна зробити висновок, що позицію АД можна розглядати (формально), як фактор «впливу» на значення активаційних інтегралів, та їх відношень.

Математична модель фізичної системи «гальмівна мішень + нейтронний конвертор + АД», яка може бути розроблена на основі отриманих даних та даних, приведених в [4-8], і яка повинна бути багатофакторною, буде простою (слабо залежною) стосовно цього фактору.

Завважимо, що монотонними є також залежності активаційних інтегралів та їх відношень від енергії гальмівних гамма-квантів [6, 7]; суттєво не монотонними - зарядові залежності [8].

Література

1. Ковалёв В.П. Вторичные излучения ускорителей электронов. – М: Атомиздат, 1979. – 250 с.
2. Ганжа А.П. Конверторы нейтронов электронных ускорителей // Деп. ВИНТИ. – 1984. – 3 – 62 – 84.
3. Дробинин А.В и др. Фотонейтроны из толстых конверторов D₂O, Be и Рb при E_{max}=15 MeV // Атомная энергия, 1982 – Т. 53. – С. 398 – 399.
4. Применение микротрона М-30 для изучения некоторых фотоядерных реакций области ЕI-гигантского резонанса. Отчёт УжО ИЯИ АН УССР, № гос. регистр. 81044505, Ужгород. – 1985. – раздел 6.
5. Исследование процессов фотовозбуждения и распада ЕI-гигантского резонанса атомных ядер. Отчёт

- №01.86005.9807УжО ИЯИ АН УССР, Ужгород. – 1989. – С. 134 – 198.
6. Стець М.В., Сікора Д.І. Енергетичні залежності активаційних інтегралів $(n\gamma)$ - та (np) - компонент потоку нейтронів із конверторів “ γ -квант-фотонейтрон” в інтервалі енергій електронів 14-24 МеВ мікротрону М-30 // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Фізика. – 2005. – Вип. 18. – С. 47 – 56.
7. Стець М.В., Сікора Д.І., Гошовський М.В., Пітченко Г.Ф. Експериментальна оцінка енергетичного спектру потоку нейтронів із конверторів “гамма-квант-фотонейтрон” // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Фізика. – 2008. – Вип. 23. – С. 69 – 74.
8. Стець М.В., Сікора Д.І., Гошовський М.В., Пітченко Г.Ф., Гайніш Й.Й. Зарядові залежності активаційних інтегралів $(n\gamma)$ - та (np) - компонент потоку нейтронів із конверторів “гамма-квант-фотонейтрон” // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Фізика. – 2008. – Вип. 23. – С. 79-84.

SPATIAL NEUTRON DISTRIBUTION IN “BREMSSTRAHLUNG TARGET+NEUTRON CONVERTER” SYSTEMS

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

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

Experimental data on $(n\gamma)$ - and (np) - activation integral of the neutron flow component of the modul type “bremstrahlung target + neutron converter” system have been presented. Accelerated electron energies was $E_e = 19$ MeV. Spatial neutron distribution from photoneutron converters was estimated in three control points.

Key words: microtron, neutrons, photo neutron converter, activation integral, activation detector, spatial distribution

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ В СИСТЕМАХ “ТОРМОЗНАЯ МИШЕНЬ+НЕЙТРОННЫЙ КОНВЕРТОР”

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

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

Приведены экспериментальные данные значений активационных интегралов $(n\gamma)$ - та (np) - компонент потоков нейтронов для системы “тормозная мишень + фотонейтронный конвертор” модульного типа. Энергия ускоренных электронов $E_e = 19$ МеВ. Для оценки пространственных распределений нейтронов из фотонейтронных конверторов активационные интегралы определялись в трех контрольных точках.

Ключевые слова: микроотрон, нейтроны, фотонейтронный конвертор, активационный интеграл, активационный детектор, пространственное распределение.