



SY0501333



الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرية
دمشق - ص.ب. ٦٠٩١

تقرير عن دراسة علمية حاسوبية قسم الهندسة النووية

حساب طيف تدفق النيوترونات السريعة في قنوات التشعيع الداخلية لمفاعل البحث
منسـر باستخدام الكود WIMSD4

الدكتور قاسم خطاب

المحتوى

3	خلاصة
5	1. المقدمة
5	2. الطريقة
9	3. النتائج و المناقشة
9	1.3 طيف التدفق النتروني باستخدام الكود WIMSD4
12	2.3 طيف التدفق النتروني باستخدام طيف النترونات الناتجة عن الانشطار
13	4. خاتمة
14	5. كلمة شكر
14	6. المراجع

حساب طيف التدفق النيوترونات السريعة في قنوات التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر باستخدام الكود WIMSD4

د. قاسم خطاب

قسم الهندسة النووية ، هيئة الطاقة الذرية ، ص.ب 6091 ، دمشق ، سورية

خلاصة

يحتوي مفاعل البحث منسر على خمسة مواقع تشعيع داخلية ضمن عاكس البيريليوم الحلقي للمفاعل. تستخدم هذه المواقع لتحليل العينات المجهولة باستخدام تقنية التحليل بالتنشيط النيوتروني و إنتاج بعض النظائر المتوسطة و قصيرة العمر . لطيف نيوترونات الانشطار السريعة في قنوات التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر أهمية خاصة حيث يستخدم هذا الطيف بصورة مباشرة في قياس التدفق النيوتروني السريع في أبنية التشعيع الداخلية للمفاعل . لذلك ، فقد جرى في هذه الدراسة حساب طيف النيوترونات السريعة في قنوات التشعيع الداخلية للمفاعل باستخدام الكود WIMSD4 . ومن أجل حساب طيف التدفق النيوتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل منسر باستخدام الكود WIMSD4 جرت نمذجة المفاعل منسر بخلية واحدة عملاقة (super cell) تتألف من ثلاثة مناطق هي : القلب المتجانس للمفاعل ، عاكس البيريليوم الحلقي ، و الماء . يعتمد الكود WIMSD4 في حساب توزيع التدفق النيوتروني في المفاعل على الحل المباشر لمعادلة الانتقال (Neutron Transport Equation) باستخدام 69 مجموعة من الطاقة . يتألف التدفق النيوتروني السريع من ست مجموعات طاقة تتراوح طاقاتها بين 0.5 و 10 MeV . يعطي حل معادلة الانتقال طيفاً دقيقاً التدفق النيوتروني في المفاعل ، لذلك فهي تستخدم عادة في الحسابات التصميمية الدقيقة للمفاعلات النووية.

يقربُ توزيع طيف التدفق النيوتروني السريع في المفاعل أحياناً باستخدام طيف النيوترونات السريعة الناتجة عن انشطار اليورانيوم-235 . لقد أثبتت هذه الدراسة انسجام التوزيع التقريبي لطيف التدفق النيوتروني السريع الذي يمكن الحصول عليه باستخدام العلاقة نصف التجريبية لتوزيع النيوترونات الناتجة عن انشطار اليورانيوم-235 مع نتائج الكود WIMSD4 عندما تكون الطاقة الحركية للنيوترونات أكبر من 1 MeV ، بينما يفشل هذا التوزيع و لا ينسجم مع التوزيع الفعلي الذي نحصل عليه باستخدام الكود WIMSD4 عندما تكون الطاقة الحركية للنيوترونات بين 0.5 و 1 MeV .

كما استخدم الكود WIMSD4 أيضاً لحساب المقطع الفعال المجهري لانشطار اليورانيوم-238 باستخدام ست مجموعات طاقة حيث استخدمت خلية واحدة من اليورانيوم-238 ، لأن الرقاقة التي تستخدم في التشعيع لقياس التدفق النيوتروني السريع هي من اليورانيوم-238 . حسب المقطع الفعال المجهري للانشطار لليورانيوم-238 أولاً و من ثم حسب المقطع الفعال المجهري للانشطار لليورانيوم-238 بمعرفة الكثافة الذرية لليورانيوم-238 .

الكلمات المفتاحية : المفاعل منسر ، الطيف الطاقوي للنيوترونات السريعة ، موقع التشعيع الداخلي.

Calculation of the fast neutron flux spectrum in the MNSR inner irradiation site using the WIMSD4 code.

K. Khattab

Nuclear Engineering Department, Atomic Energy Commission, Damascus, Syria
P. O. Box 6091

Abstract

The Miniature Neutron Source Reactor (MNSR) in Syria has five inner irradiation sites in the annulus Beryllium reflectors to analyze the unknown samples using the Neutron Activation Analysis technique and to produce medium and short half life isotopes. The fast neutron flux spectrum has a special importance in the MNSR reactor physics where this spectrum is required to measure the fast neutron flux in the MNSR inner irradiation sites. Hence, calculation of the fast neutron flux spectrum in the MNSR inner irradiation site is conducted in this work using the WIMSD4 code. The energy range is divided in the WIMSD4 to 69 energy groups. The first six energy groups represent the fast neutron ranging from 0.5 to 10 MeV. To calculate the fast neutron flux spectrum in the MNSR inner irradiation site using the WIMSD4 code, the MNSR is modeled as a super unit cell. This cell consists of three regions which are: the homogenized core, annulus Beryllium, and water.

The fast neutron spectrum is calculated also using the U^{235} fission neutron spectrum approximation. The U^{235} fission neutron spectrum agrees very good with the WIMSD4 results when neutron energy exceeds 1 MeV, but it fails when the neutron energy ranges from 0.5 to 1 MeV.

The WIMSD4 code is used as well to calculate the microscopic fission cross sections for the U^{238} using six energy groups where a unit cell of U^{238} is used since the U^{238} is usually used to measure the fast neutron flux in the reactor. The macroscopic fission cross sections for the U^{238} are calculated first then the microscopic fission cross sections are calculated knowing the U^{238} atomic density.

Key Words: MNSR, fast flux spectrum, inner irradiation site.

1- المقدمة

يتألف مفاعل البحث منسر (الشكل 1) من خزان مغلق مملوء بالماء يتوضع ضمن حوض مائي ذو قطر قدره 2.7 متر وعمق قدره 6.5 متر. يستخدم في المفاعل الماء العادي كمهدئ والبيريليوم كعاكس ، كما يستخدم الحمل الطبيعي لتبريد القلب و جرف الحرارة المتولدة في قلب المفاعل إلى ماء الخزان و منه إلى ماء الحوض . تبلغ الاستطاعة الاسمية لهذا المفاعل 30 كيلو واط و يصل التدفق النتروني في قناة التشعيع الداخلية إلى قيمة أعظمية عند هذه الاستطاعة قدره $1 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$.

ينقسم المفاعل منسر إلى عدة أقسام رئيسية هي : وعاء المفاعل ، القلب ، عواكس البيريليوم ، الكواشف المتنوعة ، والحوض [1] . يتألف وعاء المفاعل من اسطوانة من سبيكة الألمنيوم تنقسم إلى قسمين رئيسيين : قسم علوي و قسم سفلي يحتوي على قلب المفاعل . يوجد قلب المفاعل داخل القسم السفلي لوعاء المفاعل و يتألف من : قفص الوقود ، وقضبان الوقود ، ودليل قضيب التحكم ، وقضيب التحكم . يتألف القفص من شبكة علوية و شبكة سفلية تربطهما أربعة قضبان للربط من الستانلس ستيل . يتركب الوقود في المفاعل من خليطه اليورانيوم و الألمنيوم $\text{UAl}_4\text{-Al}$ بإغناء قدره ^{235}U 89.87 % . يحوي القلب حوالي 1 كغ من اليورانيوم-235 . يوجد دليل قضيب التحكم في مركز قفص الوقود و هو على شكل أنبوب من الألمنيوم يحوي بداخله الماء إذا كان قضيب التحكم خارج القلب ويتسع لمرور قضيب التحكم عندما يكون القضيب داخل القلب . يحتوي المفاعل منسر على قضيب تحكم مركزي وحيد يقع في مركز قفص الوقود . يتركب قضيب التحكم من مادة الكادميوم و غلاف من الستانلس ستيل . يحوي المفاعل منسر على ثلاثة أقسام من عواكس البيريليوم هي: العاكس الحلقي ، العاكس السفلي ، و العاكس العلوي .

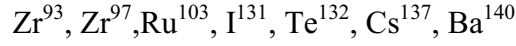
يحتوي العاكس الحلقي على خمسة مواقع تشعيع داخلية صغيرة تستخدم لتحليل العينات المجهولة باستخدام تقنية التحليل بالتنشيط النتروني . يحاط العاكس الحلقي بخمسة مواقع تشعيع كبيرة تستخدم لتحليل العينات المجهولة أو إنتاج بعض النظائر المتوسطة أو قصيرة العمر . لقياس التدفق النيتروني في المفاعل هناك غرفتا انشطار تقعان على الحلقة في منتصف جدار البيريليوم الحلقي للمفاعل . كما توجد مزدوجات كهروحرارية لقياس درجة حرارة الدخول و الخروج لماء المفاعل . كما يحتوي المفاعل على مقاييس لقياس الجرعة الإشعاعية و مقاييس لقياس المقاومة النوعية لماء الخزان و الحوض . أما الحوض فهو عبارة عن حوض اسطواني مملوء بالماء يحتوي بداخله وعاء المفاعل . إن المهمة الرئيسية للحوض هي تبريد قلب المفاعل و الحجب الإشعاعي للنترونات و أشعة غاما الصادرة من القلب . يمثل الشكل 1 مقطعاً عرضياً في المفاعل منسر يظهر الأقسام الرئيسية التي تدخل في تركيب المفاعل .

2- الطريقة

لحساب الطيف الطاقي للتدفق النتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية في المفاعل منسر أهمية كبيرة في فيزياء المفاعل . حيث يستخدم هذا الطيف مباشرة في قياس تدفق النترونات السريعة في المفاعل . لقياس تدفق النترونات السريعة في مكان ما من المفاعل ، تغطي عادة رقاقة من اليورانيوم-238 بطبقة رقيقة من الكادميوم لإلغاء مساهمة النترونات الحرارية و امتصاصها في طبقة الكادميوم . ترسل الرقاقة

للتشعيع لاحقاً إلى المكان المرغوب قياس التدفق النتروني السريع فيه و تشعع بالنترونات لمدة معينة من الزمن يسمى زمن التشعيع .

تنشط نوى اليورانيوم-238 بالنترونات السريعة و تتحرر نواتج الانشطار المشعة . تطلق نواتج الانشطار أشعة غاما المميزة لكل نواة ناتجة عن الانشطار . من أهم النوى الناتجة عن الانشطار التي تستخدم عادة لقياس تدفق النترونات السريعة في المفاعل نواتج الانشطار التالية [6] :



بقياس النشاط الإشعاعي لأحد نواتج الانشطار المذكورة سابقاً ، يمكن حساب تدفق النترونات السريعة في المكان المرغوب من المفاعل وفق الطريقة التالية:

يعبر عن تغير في عدد نوى ناتج الانشطار المشع عادة بالمعادلة التالية [2, 3]:

$$\frac{dx}{dt} = \gamma\alpha - \lambda x \quad (1)$$

حيث :

γ = حصيللة الانشطار لنواتج الانشطار المختار .

α = معدل التنشيط (التوليد) activation rate لنواتج الانشطار

λx = معدل التفكك لنواتج الانشطار

x = عدد النوى المشعة لنواتج الانشطار الناتجة عن التنشيط

λ = احتمال التفكك لنواتج الانشطار .

بمكاملة المعادلة السابقة باعتبار $x(0) = 0$ نجد:

$$x(t) = \frac{\alpha\gamma}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t}) \quad (2)$$

يعطى النشاط الإشعاعي لنواتج الانشطار بعد زمن تشعيع قدرة t_i بما يلي :

$$A(t) = \alpha\gamma(1 - e^{-\lambda t_i})e^{-\lambda t} = A(0)e^{-\lambda t} \quad (3)$$

حيث :

$$A(0) = \alpha\gamma(1 - e^{-\lambda t_i}) \quad (4)$$

بقياس عدد العدادات C خلال زمن تجميع الطيف t_c ، يمكن حساب المقدار المجهول $A(0)$ و بالتالي حساب معدل التنشيط α باستخدام المعادلة التالية :

$$C = \frac{A(0)\epsilon\gamma}{\lambda} e^{-\lambda t_{col}} [1 - e^{-\lambda t_c}] \quad (5)$$

حيث:

C = عدد العدادات المسجلة خلال الزمن التجميع t_c .

ϵ = مردود الكاشف

γ = نسبة التفرع لاشعة غاما المعودة

t_{col} = زمن التبريد

t_c = زمن التجميع (العد) .

يرتبط معدل التنشيط للرقاقة المستخدمة بتدفق النيوترونات السريعة المجهول و المراد حسابة بالمعادلة التالية [2,3]:

$$\alpha = \int_{E_f}^{\infty} \phi(E)\sigma_f(E)dE = \overline{\phi_f}\sigma_f \quad (6)$$

حيث :

E_f = الحد الطاقى الأدنى للنيوترونات السريعة (0.5 MeV) .

$\overline{\phi_f}$ = تدفق النيوترونات السريعة .

σ_f = متوسط المقطع الفعال المجهرى لانشطار اليورانيوم-238 و الذي يحسب عادة باستخدام المعادلة التالية:

$$\overline{\sigma_f} = \frac{\int_{0.5}^{10} \phi(E) \sigma_f(E) dE}{\int_{0.5}^{10} \phi(E) dE} = \frac{\sum_{i=1}^6 \sigma_{fi} \phi_i \Delta E_i}{\sum_{i=1}^6 \phi_i \Delta E_i} \quad (7)$$

حيث :

σ_{fi} = المقطع الفعال المجهري للانشطار للرقاقة للمجموعة الطاقية i .

ϕ_i = الطيف الطاقى للنترونات السريعة المتدفقة من المجموعة i الذي سنحاول البحث عنه في هذه الدراسة .

Δ_i = العرض الطاقى للمجموعة i .

N = العدد الكلى للمجموعات السريعة.

بحساب الطيف الطاقى للنترونات السريعة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل و المقطع الفعال المجهري لانشطار اليورانيوم-238 باستخدام الكود WIMSD4 ، يمكن حساب المقطع الفعال الوسطى لانشطار $\overline{\sigma_f}$ باستخدام المعادلة (7). باستبدال القيمة المقاسة لمعدل التنشيط و قيمة المقطع الفعال الوسطى لانشطار في المعادلة (6) ، يمكن حساب التدفق النتروني السريع ($\overline{\phi_f}$) في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل .

من خلال المعادلات السابقة نلاحظ أهمية معرفة طيف النترونات السريعة المتدفقة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل أولاً لايجاد تدفق النترونات السريعة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل . يقسم الطيف الطاقى للتدفق النتروني و الذي يرمز اليه عادة بالرمز $\phi(E)$ اعتماداً على الطاقة الحركية للنترونات الى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

1- طيف النترونات الحرارية

2- طيف النترونات فوق الحرارية

3- طيف النترونات السريعة

يمتد طيف النترونات الحرارية من 0.0 إلى 1 eV . و يمتد طيف النترونات فوق الحرارية من 1 eV إلى 0.5 MeV . و يمتد الطيف الطاقى للنترونات السريعة من 0.5 MeV الى 10 MeV .

سيتم في هذه الدراسة العلمية حساب الطيف الطاقى للنترونات السريعة المتدفقة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل بنمذجة المفاعل منسرخ بخلية واحدة عملاقة باستخدام الكود WIMSD4 [7] . حيث تتألف هذه الخلية الواحدة العملاقة من المناطق التالية:

1- الوقود المتجانس للقلب

2- عاكس البيريليوم

يقسم المجال الطاقى للنترونات السريعة في الكود WIMSD4 إلى 6 مجموعات طاقية كما يلي :

- 1- المجموعة الطاقية الأولى و تمتد من 10 MeV إلى 6.06 MeV .
- 2- المجموعة الطاقية الثانية و تمتد من 6.06 MeV إلى 3.7 MeV .
- 3- المجموعة الطاقية الثالثة و تمتد من 3.7 MeV إلى 2.23 MeV .
- 4- المجموعة الطاقية الرابعة و تمتد من 2.23 MeV إلى 1.353 MeV .
- 5- المجموعة الطاقية الخامسة و تمتد من 1.353 MeV إلى 0.821 MeV .
- 6- المجموعة الطاقية السادسة و تمتد من 0.821 MeV إلى 0.5 MeV .

3- النتائج و المناقشة

1.3 حساب طيف النترونات السريعة المتدفقة باستخدام الكود WIMSD4

يبلغ نصف قطر قلب المفاعل منسر 11.5 cm و يبلغ ارتفاعه 23 cm . يحتوي قلب المفاعل على 374 قضيب وقود ، و قضيب تحكم ، و أربعة قضبان ربط لربط الشبكة العلوية مع الشبكة السفلية لقفص الوقود ، و ثلاثة قضبان خلية من الألمنيوم في الدائرة العاشرة لقفص الوقود . تم في أبحاث سابقة و ضع نموذج فيزيائي ثلاثي الأبعاد (R, θ , Z) للمفاعل منسر و تم حساب الكثافات الذرية لكافة مكونات قلب المفاعل و عاكس البيريليوم و الماء [4, 5] .

لإيجاد الطيف الطاقى للنترونات السريعة المتدفقة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل منسر، فقد تم نمذجة المفاعل بخلية واحدة عملاقة تتألف من ثلاثة مناطق هي: المنطقة المتجانسة لقلب المفاعل و التي تبلغ نصف قطرها 11.5 cm ، منطقة عاكس البيريليوم بسماكة قدرها 10.0 cm ، و منطقة الماء المحيط بعاكس البيريليوم و بسماكة قدرها 15.0 cm . يبين الشكل 2 شكل و الأبعاد الهندسية للخلية الواحدة العملاقة المستخدمة في النمذجة.

استخدمت الكثافات الذرية المحسوبة سابقاً للوقود ، و الماء ، و قضبان الربط ، و القضبان الخلية لحساب الكثافات الذرية المتجانسة لقلب المفاعل. و من ثم جرت معالجة الكثافات الذرية لكل من مكونات القلب على الحجم الكلي لقلب المفاعل . حيث استخدمت الكثافات الذرية المتجانسة لقلب المفاعل في المنطقة الأولى للخلية الواحدة العملاقة للمفاعل منسر . كما استخدمت الكثافات الذرية للبيريليوم في المنطقة الثانية و الكثافات الذرية للماء في المنطقة الثالثة للخلية الواحدة العملاقة للمفاعل منسر .

استخدمت الأبعاد الهندسية و الكثافات الذرية للخلية الواحدة العملاقة للمفاعل منسر في ملف الدخل للكود WIMSD4 باستخدام 69 مجموعة طاقية . يستخدم الكود WIMSD4 الحل المباشر لمعادلة الانتقال Neutron Transport Equation لحساب توزيع التدفق النتروني و الطيف الطاقى للتدفق النتروني الدقيق في الخلية الواحدة باستخدام 69 مجموعة طاقية . تم كتابة ملف الدخل للخلية الواحدة العملاقة للمفاعل

منسر و تم استثمار الكود WIMSD4 لحساب التدفق النتروني لكل مجموعة طاقة كتابع للبعد عن مركز المفاعل R . تم استخلاص التدفق النتروني للمجموعات الطاقية السريعة الست من ملف الخرج للكود WIMSD4 في منتصف ثخانة العاكس الحلقي للمفاعل المطابق لمكان موقع التشعيع الداخلي في المفاعل و ذلك لحساب الطيف الطاقى للتدفق النتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل ، فقد تم تقسيم التدفق النتروني لكل مجموعة من المجموعات الست على العرض الطاقى لكل مجموعة طاقة و التي يمكن أن تلاحظ في الجدول 1:

الجدول 1 التدفق النتروني السريع و طيف التدفق النتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل .

المجموعات	المجال الطاقى MeV	عرض المجموعة الطاقى MeV	طاقاتها الوسطية MeV	التدفق n/cm ² .s	طيف التدفق n/cm ² .s.MeV
1	10-6.065	3.935	8.032	4.112E-2	1.045E-2
2	6.065-3.679	2.386	4.872	1.486E-1	0.623E-1
3	3.679-2.231	1.448	2.955	2.718E-1	1.877E-1
4	2.231-1.353	0.878	1.792	6.547E-1	7.457E-1
5	1.353-0.821	0.532	1.087	5.019E-1	9.436E-1
6	0.821-0.5	0.321	0.660	5.549E-1	17.289E-1

لايجاد توزيع طيف التدفق النتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل منظماً إلى وحدة التدفق ، يتوجب تنظيم النتائج السابقة إلى الواحد كما يلي :

$$1 = A \sum_{i=1}^6 \phi_i(E) \Delta E \quad (8)$$

باستخدام المعادلة السابقة يمكن حساب ثابتة التنظيم A و المساوية A= 0.460 . بضرب نتائج الجدول السابق بثابتة التنظيم يمكن الحصول على توزيع طيف التدفق النتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل منظماً إلى وحدة التدفق و التي تلاحظ في الجدول 2.

الجدول 2 التدفق النتروني السريع و طيف التدفق النتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل منظماً إلى وحدة التدفق النتروني .

المجال الطاقى MeV	العرض الطاقى MeV	الطاقة الوسطية MeV	التدفق n/cm ² .s	طيف التدفق n/cm ² .s.MeV
10-6.065	3.935	8.032	1.891E-2	0.481E-2
6.065-3.679	2.386	4.872	0.683E-1	0.286E-1
3.679-2.231	1.448	2.955	1.250E-1	0.863E-1
2.231-1.353	0.878	1.792	3.011E-1	3.430E-1
1.353-0.821	0.532	1.087	2.309E-1	4.341E-1
0.821-0.5	0.321	0.660	2.552E-1	7.953E-1

لايجاد توزيع طيف النيوترونات السريعة المتدفقة فعلياً في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل انطلاقاً من نتائج الكود WIMSD4 ، يتوجب تنظيم نتائج طيف الكود WIMSD4 باستخدام القيمة المقاسة لتدفق النيوترونات السريعة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل و هي [6] :

$$\phi = 2.5 \times 10^{11} \text{ n/cm}^2.\text{s}$$

باستخدام المعادلة التالية:

$$2.5 \times 10^{11} = A \sum_{i=1}^6 \phi_i(E) \Delta E_i \quad (9)$$

باستخدام العلاقة السابقة يمكن حساب ثابتة التنظيم (normalization constant) A و المساوية :
 $A=1.150 \times 10^{11}$. بضرب قيم طيف التدفق النيوتروني للمجموعات الطاقية الست الواردة في الجدول 1 بثابتة التنظيم هذه يمكن الحصول على الطيف الفعلي للتدفق النيوتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل والتي يمكن تلخيصها في الجدول 3 :

الجدول 3 الطيف الفعلي للتدفق النيوتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل.

المجال الطاقى MeV	الطاقة الوسطية MeV	طيف تدفق النيوترونات السريعة الفعلي n/cm ² .s.MeV
10-6.065	8.032	1.201E9
6.065-3.679	4.872	0.716E10
3.679-2.231	2.955	2.158E10
2.231-1.353	1.792	8.575E10

1.353-0.821	1.087	10.851E10
0.821-0.5	0.660	19.882E10

يبين الشكل 3 الخط البياني لطيف التدفق النتروني السريع الفعلي في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل كتابع للطاقة الحركية للنترون .

لحساب المقطع الفعال المجهري لانشطار اليورانيوم-238 باستخدام ست مجموعات طاقة ، تم استخدام الكود WIMSD4 للخلية الواحديّة من اليورانيوم-238 ذات الكثافة الذرية البالغة $4.834E-2$ atoms/b.cm . حسب المقطع الفعال المجهري لانشطار اليورانيوم-238 أولاً ثم حسب لاحقاً المقطع الفعال المجهري لانشطار اليورانيوم-238 بمعرفة الكثافة الذرية لليورانيوم-238 . يلخص الجدول 4 المقاطع الفعالة لانشطار لليورانيوم-238.

الجدول 4 المقطع الفعال لانشطار لليورانيوم-238 .

المجال الطاقى MeV	المقطع الفعال المجهري barn	المقطع الفعال الجهري cm^{-1}
10-6.065	0.94202	0.45539E-1
6.065-3.679	0.55311	0.26738E-1
3.679-2.231	0.53213	0.25724E-1
2.231-1.353	0.44401	0.214643E-1
1.353-0.821	0.03382	0.16349E-2
0.821-0.5	0.00179	0.86532E-4

2.3 حساب طيف النترونات السريعة المتدفقة باستخدام تقريب طيف النترونات الناتجة عن

انشطار اليورانيوم-235:

يقرب الطيف الطاقى للنترونات السريعة في المفاعل عادة باستخدام طيف النترونات الناتجة عن انشطار اليورانيوم-235 و الذي يعطى بالعلاقة نصف التجريبية التالية [8]:

$$\phi(E) \approx \chi(E) = 0.453e^{-1.036E} \sinh \sqrt{2.29E} \quad (10)$$

لمقارنة توزيع طيف النيوترونات السريعة الذي تم الحصول عليه باستخدام الكود WIMSD4 مع توزيع طيف التدفق باستخدام العلاقة نصف التجريبية ، فقد تم تنظيم العلاقة نصف التجريبية باستخدام القيمة المقيسة للتدفق النيوتروني السريع في موقع التشعيع الداخلي للمفاعل كما تم سابقاً و تم حساب ثابتة التنظيم A كما يلي :

$$2.5 \times 10^{11} = \int_{0.5}^{10} \phi(E) dE = A \int_{0.5}^{10} 0.453 e^{-1.036E} \sinh \sqrt{2.29E} dE \quad (11)$$

بمكاملة العلاقة السابقة باستخدام البرنامج Mathematica ، يمكن حساب ثابتة التنظيم A و التي تساوي : $A = 2.883 \times 10^{11}$. بضرب توزيع التدفق النيوتروني الوارد في المعادلة (10) بالثابتة A ، يمكن الحصول على التوزيع الفعلي لطيف النيوترونات السريعة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل باستخدام العلاقة نصف التجريبية لطيف النيوترونات الناتجة عن انشطار اليورانيوم-235 و التي تعطى بالمعادلة التالية :

$$\phi(E) \approx \chi(E) = 0.453 \times 2.883 \times 10^{11} e^{-1.036E} \sinh \sqrt{2.29E} \quad (12)$$

لمقارنة توزيع النيوترونات السريعة المتدفقة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل الذي تم الحصول عليه باستخدام الكود WIMSD4 بتوزيع النيوترونات السريعة الذي تم الحصول عليه باستخدام تقريب توزيع طيف النيوترونات الناتجة عن انشطار اليورانيوم-235 . فقد تم رسم التوزيع الوارد في المعادلة (12) في الشكل 3 أيضاً للمقارنه . بالنظر إلى الشكل 3 ، نلاحظ بان العلاقة نصف التجريبية لطيف النيوترونات الناتجة عن انشطار اليورانيوم-235 تتجح في تمثيل توزيع طيف التدفق النيوتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل عندما تكون الطاقة الحركية للنيوترونات أكبر 1 MeV ، بينما يفشل هذا التوزيع في تمثيل توزيع طيف النيوترونات السريعة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل عندما تكون الطاقة الحركية للنيوترونات بين 0.5 و 1 MeV ، حيث تأخذ العلاقة نصف التجريبية بالتناقص بينما يستمر تزايد التوزيع في الكود WIMSD4 في هذا المجال من الطاقة .

4-خاتمة

تم في هذه الدراسة حساب طيف التدفق النيوتروني السريع في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل باستخدام الكود WIMSD4 . يعتمد الكود WIMSD4 في حساب توزيع التدفق النيوتروني في المفاعل على الحل المباشر لمعادلة الانتقال (Neutron Transport Equation) باستخدام 69 مجموعة من الطاقة . تعطي معادلة الانتقال حلاً دقيقاً لطيف النيوترونات المتدفقة في المفاعل ، لذلك فهي تستخدم عادة في الحسابات التصميمية للمفاعلات النووية .

يُقرَّبُ توزيع طيف النيوترونات السريعة المتدفقة في المفاعل أحياناً باستخدام طيف النيوترونات السريعة الناتجة عن انشطار اليورانيوم-235 . لقد أثبتت هذه الدراسة انسجام التوزيع التقريبي لطيف النيوترونات السريعة الذي

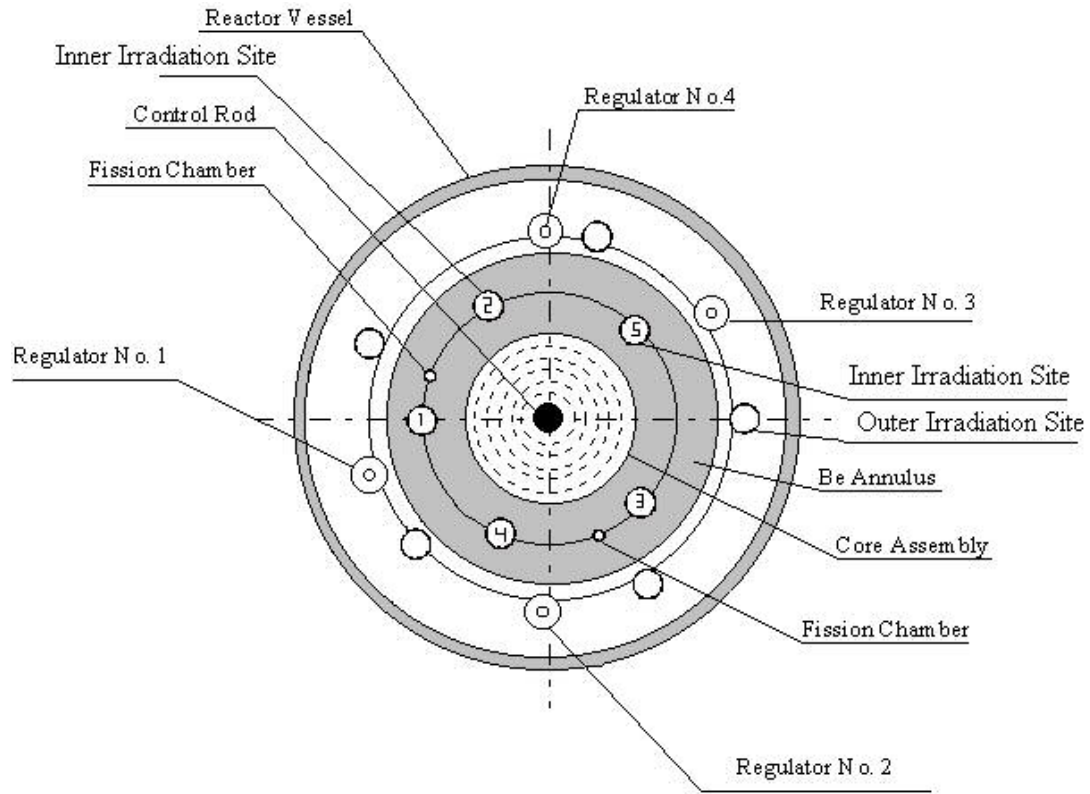
يمكن الحصول على استخدام العلاقة نصف التجريبية لتوزيع النيوترونات الناتجة عن انشطار اليورانيوم-235 مع النتائج الدقيقة للكود WIMSD4 عندما تكون الطاقة الحركية للنيوترونات أكبر من 1 MeV ، بينما يفشل هذا التوزيع و لا ينسجم مع التوزيع الفعلي الذي نحصل عليه باستخدام الكود WIMSD4 عندما تكون الطاقة الحركية للنيوترونات بين 0.5 و 1 MeV .

5- كلمة شكر

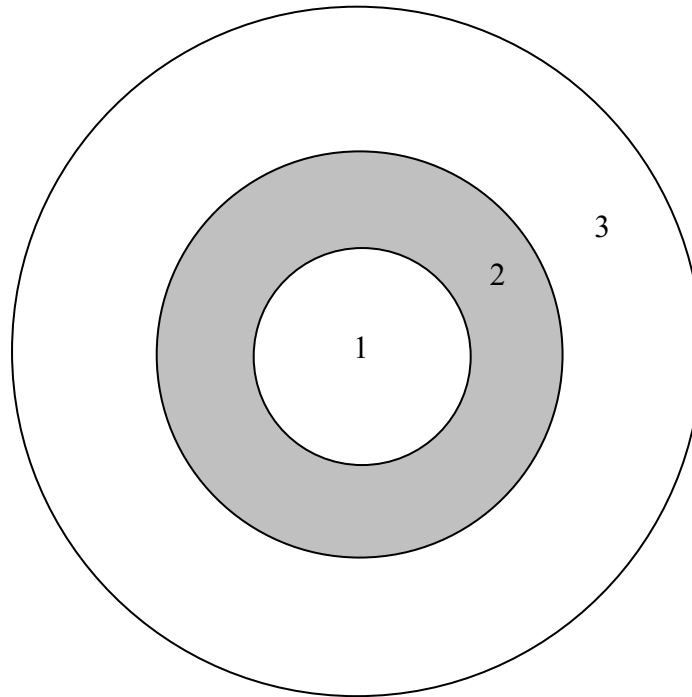
أتوجه بالشكر الجزيل للمدير العام لهيئة الطاقة الذرية على تشجيعه و دعمه المتواصل للبحث العلمي في الهيئة .

6- المراجع

1. China Institute of Atomic Energy (1993), Safety Analysis Report of the MNSR reactor, China.
2. IAEA (1970) Neutron Fluence Measurements, technical report No. 107, Vienna, Austria.
3. IAEA (1987), Hand book of Nuclear Activation Data, technical reports series No. 273, Vienna, Austria.
4. Khamis I. and Khattab K. (1999) Reactivity flooding effect of the MNSR inner irradiation sites, Annals of Nuclear Energy, 26, 845 – 851, U.K.
5. Khamis I. and Khattab K. (2000) Neutronics-design modification of the Syrian miniature neutron source reactor, Progress in Nuclear Energy, vol. 36, No. 2, pp 91-96, U.K.
6. Khamis, Khattab, and Hainoun (1999) Set of experiments in Nuclear Engineering associated with the Syrian Miniature Neutron Source Reactor, Syria.
7. Askew J.R, Fayer F.J. and Kemsell P.B (1966) A General Description of Lattice Code WIMSD. Journal of the British Nuclear Energy Society, 5, 4, 564.
8. Lamarsh J.R. (1983) Introduction to Nuclear Reactor Theory. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., USA.

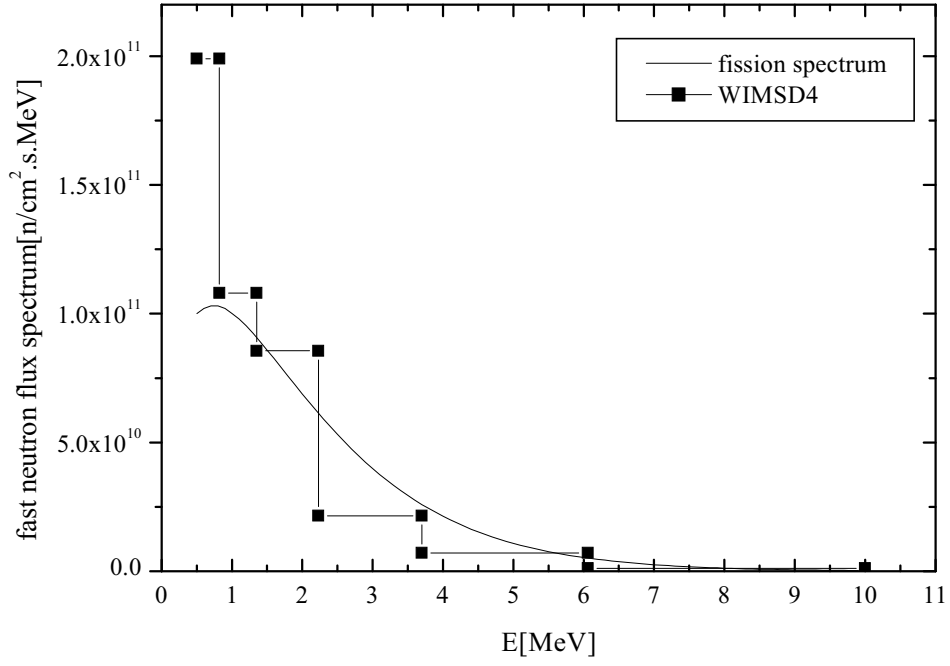


الشكل 1 مقطع عرضي في مفاعل البحث منسر.



1. Homogeneous Fuel 11.5 Cm, 2. Annulus Beryllium 10 Cm, 3. Water 15 Cm.

الشكل 2 الخلية الواحدة العملاقة للمفاعل منسر المستخدمة في الكود WIMSD4 .



الشكل 3 توزيع طيف النيوترونات السريعة المتدفقة في قناة التشعيع الداخلية للمفاعل منسر باستخدام الكود WIMSD4 و طيف النيوترونات الناتجة عن انشطار U^{235} .

حساب طيف تدفق النيوترونات السريعة في قنوات التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر باستخدام الكود
WIMSD4

د. قاسم خطاب

قسم الهندسة النووية ، هيئة الطاقة الذرية ، ص.ب 6091 ، دمشق ، سورية

خلاصة

يحتوي مفاعل البحث منسر على خمسة مواقع تشعيع داخلية ضمن عاكس البيريليوم الحلقي للمفاعل. تستخدم هذه المواقع لتحليل العينات المجهولة باستخدام تقنية التحليل بالتنشيط النيوتروني و إنتاج بعض النظائر المتوسطة و قصيرة العمر . لطيف نوترونات الانشطار السريعة في قنوات التشعيع الداخلية لمفاعل البحث منسر أهمية خاصة حيث يستخدم هذا الطيف بصورة مباشرة في قياس التدفق النيوتروني السريع في أُنوية التشعيع الداخلية للمفاعل. لذلك، فقد جرى في هذه الدراسة حساب طيف النيوترونات السريعة في قنوات التشعيع الداخلية للمفاعل باستخدام الكود WIMSD4.

الكلمات المفتاحية: المفاعل منسر ، الطيف الطاقى للنيوترونات السريعة ، موقع التشعيع الداخلي ، WIMSD4 كود .

Calculation of the fast neutron flux spectrum in the MNSR inner irradiation site using the WIMSD4 code.

K. Khattab

Nuclear Engineering Department, Atomic Energy Commission, Damascus, Syria
P. O. Box 6091

Abstract

The Miniature Neutron Source Reactor (MNSR) in Syria has five inner irradiation sites in the annulus Beryllium reflectors to analyze the unknown samples using the Neutron Activation Analysis technique and to produce medium and short half life isotopes. The fast neutron flux spectrum has a special importance in the MNSR reactor physics. Hence, calculation of the fast neutron flux spectrum in the MNSR inner irradiation site is conducted in this work using the WIMSD4 code.

Key Words: MNSR, fast flux spectrum, inner irradiation site, WIMSD4 code.



SY0501333

**SYRIAN ARAB REPUBLIC
ATOMIC ENERGY COMMISSION (AECS)
DAMASCUS, P.O.BOX 6091**



**Report on Scientific Informatic Study
Department of Nuclear Engineering**

**Calculation of the fast neutron flux spectrum in the
MNSR inner irradiation site using the WIMSD4 code**

Dr. K. Khattab

AECS – NE \ RSS 607

March 2006