



SY0100870

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



**REPORT ON SCIENTIFIC INFORMATIC STUDY
DEPARTMENT OF PHYSICS**

**DEVELOPING HYDMN CODE TO INCLUDE THE
TRANSIENT OF MNSR**

DR. M. AL- BARHOUM

AECS - PH /RSS 352

NOVEMBER 2000

3 2 / 2 4



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

تقرير عن دراسة علمية حاسوبية قسم الفيزياء

تطوير الكود الهيدروحراري HYDMN ليشمل الحالة العابرة للمفاعل MNSR

الدكتور محمد البرهوم

تشرين الثاني ٢٠٠٠

هـ ط ذ س - ف / ت د ع ٣٥٢

الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرية

قسم الفيزياء

تطوير الكود الهيدروحراري HYDMN ليشمل الحالة العابرة للمفاعل MNSR

الدكتور محمد البرهوم

تشرين الثاني ٢٠٠٠

هـ ط ذ س - ف / ت د ع ٣٥٢

حقوق النشر:

يسمح بالنسخ والنقل عن هذه المادة العلمية للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما
النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح بهما إلا بموافقة خطية مسبقة من إدارة الهيئة .

لقد قام السيد سلمان محمد في هذا العمل ب:

- دراسة النموذج النظري المقترح من قبل الصينيين و التحقق من صحة الحسابات الرياضية فيه،
- المساعدة في إعداد خيار الكود هايدمن المتعلق بإظهار نموذج الحالة العابرة على شاشة الحاسب.

المستخلص:

في هذا التقرير وصف للإضافات التي نفذت لتطوير الكود الهيدروحراري HYDMN من كود يعنى بالحالة المستقرة (أو شبه المستقرة لأن الإستقرار بشكله المطلق غير وارد في المفاعل MNSR على الأقل) هيدروليكيًا للمفاعل MNSR إلى كود بحسب الحالة المستقرة عن طريق قراءة الوضع الابتدائي للمفاعل فقط (الطاقة الحرارية مقدرة بالكيلوواط و درجة حرارة الماء عند مدخل القلب). يستطيع الكود من خلال هذا التطوير إجراء دراسة زمنية لتغير كل من درجات حرارة الماء عند مدخل القلب و عند مخرجه و تغير سرعة دفع المبرد عبر القلب و تغير درجة حرارة البركة (reactor pool) و الحاوية (reactor tank) ... الخ ، كل هذا للمفاعل MNSR بشكل عام و للمفاعل السوري بشكل خاص (مفاعل المنبع التثروني الصغير) ، لكون المعطيات المتوفرة، التصميمية و التحريية، تعود لهذا المفاعل.

يعتمد الكود في دراسة الحالة العابرة على نمذجة المفاعل حسب ما هو وارد في [1] و يقوم بحل جملة المعادلات الناتجة على الزمن بطرائق مختلفة منها طريقة اولر المعدلة (Euler) [3] و بعد الإنتهاء من حلها يقوم الكود بجملة محاكات يختار على أساسها اللحظة التي يعتبرها نهاية الحالة العابرة و بداية الحالة المستقرة. بهذا يصبح الكود HYDMN تخنياً عن أي مصدر معلومات خارجي للقيام بدراسة الوضع الهيدروحراري للمفاعل MNSR و هذا هو هدف هذه الدراسة.

قائمة المحتويات

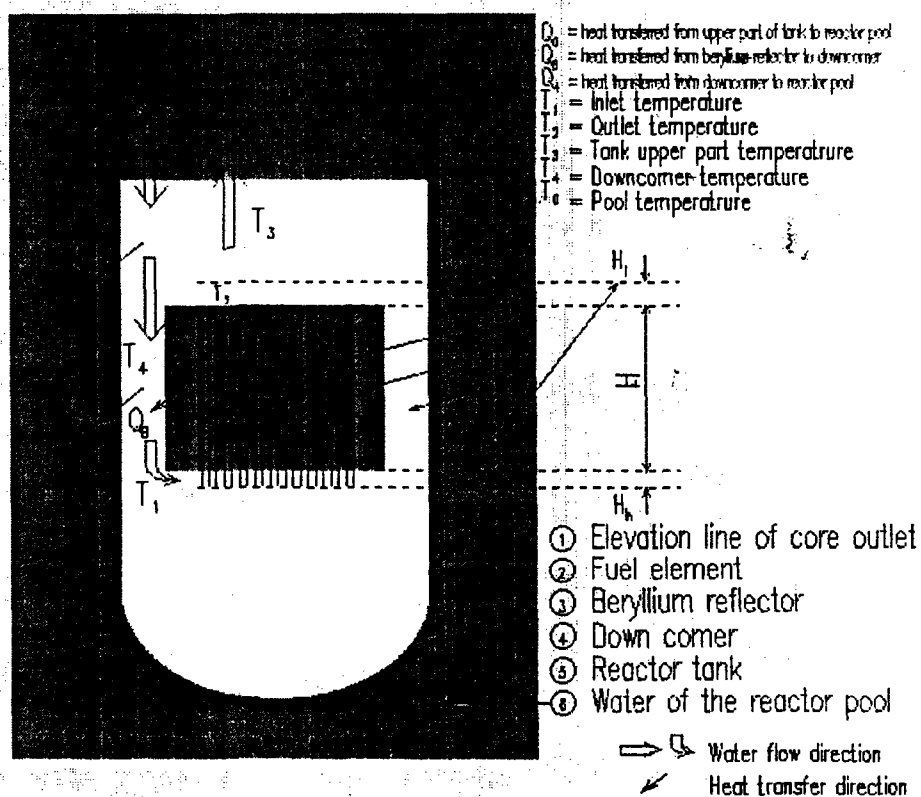
الصفحة	العنوان
1	المستخلص
2	قائمة المحتويات
3	قائمة الأشكال و الجداول
4	قائمة الرموز و المصطلحات
5	تمهيد
6	مقدمة
7	1- مسألة النقل الحراري في المفاعل MNSR
9	2- نمذجة وحل مسألة النقل الحراري في المفاعل MNSR للحالة العابرة
12	3- النتائج
14	4- المناقشة
15	5- التوصيات
16	6- المراجع
15	ملحق أ
17	1- الرسم التخطيطي للنمذجة
20	2- النمذجة الرياضية و حلولها
24	3- المعطيات النظرية الصينية
29	4- المعطيات التجريبية السورية

- 5 1- الشكل (1) : رسم تخطيطي لنموذج الحالة العابرة للمفاعل MNSR
- 7 2- الشكل (2): مقطع أفقي حسب الكود HYDMN في المفاعل MNSR
- 8 3- الشكل (3): مقطع شاقولي حسب الكود HYDMN في المفاعل MNSR
- 4- الشكل (4): مقارنة بين القيم المحسوبة بطريقة رانج- كوتا لدرجة حرارة
- 12 دخل المفاعل و القيم التجريبية للمفاعل السوري
- 5- الشكل (5): مقارنة بين القيم المحسوبة بطريقة اولر لدرجة حرارة
- 13 دخل المفاعل و القيم التجريبية للمفاعل السوري
- 6- الشكل (6): مقارنة بين القيم المحسوبة بطريقة بتشر لدرجة حرارة
- 13 دخل المفاعل و القيم التجريبية للمفاعل السوري
- 7- الشكل (7): مقارنة بين القيم المحسوبة بطريقة رانج- كوتا لدرجة حرارة
- 14 خرج المفاعل و القيم التجريبية للمفاعل السوري
- 8- الشكل (8) نتائج حسابات الحالة المستقرة للكود HYDMN لتوزيع درجة
- 15 حرارة القناة 4 في المفاعل والمعتمدة على نتائج حسابات الحالة العابرة.

قائمة الرموز والمصطلحات والتعاريف

- MNSR مفاعل المنبع التتروبي الصغير
- HYDMN و هو كود (برنامج مكتوب بلغة الفورتران 77 و مترجم بالترجم Microsoft 5.1) هيدروحراري (يحتوي على الكود سيركو-1 (النيتروني) لحساب المنبع الحراري[5]) و يستطيع معالجة المفاعل MNSR حرارياً و هيدروليكيًا للحصول على توزيعات درجة الحرارة و سرعة المبرد في المفاعل المذكور في الحالة المستقرة للمفاعل (أي بعد الإقلاع بمدة زمنية كافية) [2].
- الحالة العابرة : و هي حالة المفاعل ابتداء من لحظة تشغيله و حتى لحظة الوصول إلى ما يشبه الإستقرار. (راجع المقدمة ص:6)

بعد القيام بإنشاء الكود الهيدرودينامي HYDMN للمفاعل السوري MNSR [2] لوحظ أن اعتماد الكود على قاعدة بيانات، تعتمد هذه الأخيرة على نتائج حسابات باحثين صينيين [1] ، أمر غير مأمون الجانب لأن المفاعل الذي أجريت له دراسة الحالة العابرة قد يكون مختلفاً و لو قليلاً عن المفاعل MNSR السوري [4]. و إذا ما حصل التطابق بين المفاعلين فإن الشروط الابتدائية قد تكون مختلفة في المفاعلين. كما أن الكود في هذا الوضع يفتقر قليلاً إلى العمومية في طابعه و هذا أيضاً أمر غير مستحب. من جهة أخرى فقد كتب الكود HYDMN و في الحسبان أنه سيستخدم لإجراء حسابات المفاعل MNSR المعدل. و هذا الأمر يفرض ثانية على الكود أن يتميز بالعمومية التي تمكنه من دراسة أوضاع مختلفة للمفاعل في ظروف مختلفة أيضاً مع مراعاة النمذجة (انظر الشكل 1) التي قام على أساسها الكود و مدى صلاحيتها في الظروف المختلفة. و على هذا الأساس فقد كتب الجزء من هذا الكود الذي يدرس الحالة العابرة للمفاعل MNSR و يستخدم نتائجها في دراسة الحالة المستقرة للمفاعل نفسه.



الشكل (1) رسم تخطيطي لنمذجة الحالة العابرة للمفاعل NMNSR

تتميز الجمل الديناميكية عموماً ، والمفاعلات النووية خصوصاً ، بعدم وصولها إلى حالة استقرار تام (عدم تغير أي من متحولات الجملة بتغير الزمن). إلا أنه من جهة أخرى لا يمكن القول أن هذه الجمل لا تمكن دراسة وضع مستقر لها لأن ذلك يعني أن هذه الجملة غير قابلة للتحكم بها (جمل مرفوضة هندسياً) و الحل في هذه الحالة هو أن نقول أن الجملة قد وصلت إلى وضع الإستقرار عندما تنحصر تغيرات متحولاتها ضمن مجالات اصطلاحية تعتمد على مدى الدقة المطلوبة لتؤدي هذه الجمل عملها بشكل صحيح (حوالي 5% - في النسخة الحالية للكود (إصدار 1999) يأخذ الكود القيمة 5% تماماً كدقة يحدد على أساسها نهاية الحالة العابرة و بداية الحالة المستقرة).

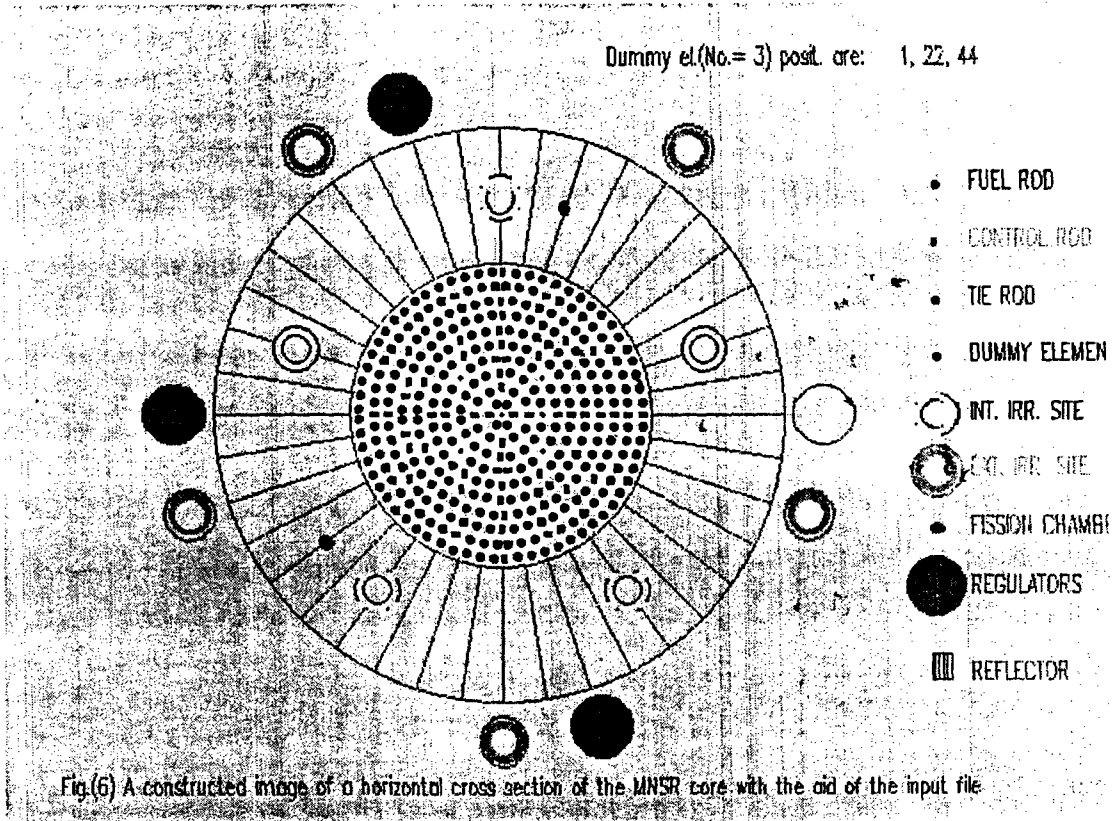
و دراسة الحالات العابرة تتمثل عموماً في حل جملة من المعادلات التفاضلية التابعة للزمن عددياً ، و تدرس الحلول الناتجة زمنياً و تُختار الأزمنة التي تصبح عندها تغيرات المتحولات المدروسة من الدقة المذكورة لتكون نهاية للحالة العابرة و بداية للحالة المستقرة. و قد شكل عدم توفر البرمجيات اللازمة لحل مسألة الحالة العابرة في المفاعل MNSR الدافع الأول في قيامنا بهذا العمل مع أننا استطعنا الإفادة مما كتبه الصينيون نظرياً لحل هذه المسألة، كما استفدنا من تواجد المفاعل MNSR لدينا لمعرفة القيم الفعلية لبعض المتغيرات و الوسيطات و لاختيار الشروط الابتدائية و تجريب الكود عليها.

كان من الممكن من حيث المبدأ تصور نموذج كامل من قبلنا دون الأخذ بعين الإعتبار ما كتبه الصينيون على الإطلاق إلا أن كثرة المجاهيل و طبيعة قلب المفاعل المغلق و التي لا تسمح بإجراء جميع التجارب اللازمة للتحقق من قيم هذه المتحولات الكثيرة أرغمتنا على البحث عن الإستفادة من خبرة مصنعي هذا المفاعل في الإستدلال على النموذج الأبسط و المؤدي للغرض بنفس الوقت دون تعقيد كبير للنمذجة.

و ليست هذه هي المرة الأولى التي تقف فيها طبيعة المفاعل المغلق حائلاً أمام إجراء تجارب استقصاء خصائص القلب و المفاعل بشكل عام و ينسحب الأمر نفسه على عدم إمكانية قياس التدفق في غير أمكنة التشعيع (5 مواقع داخلية - في العاكس- و 5 مواقع تشعيع خارجية)- خارج قلب المفاعل كلياً أي في النهاية لدينا موقعان نظرياً لإمكانية قياس التدفق فقط على طول قدره 30 سم . (انظر الشكل 2)

1- مسألة النقل الحراري في المفاعل MNSR

مفاعل المنبع التتروني الصغير (MNSR) هو مفاعل بحث ذو استطاعة اسمية تقدر بحوالي 30 كيلواط حراري من النوع حوض في بركة حيث يبلغ نصف قطر الحوض 30 سم و قطر القلب حوالي 23 سم و كذلك ارتفاعه، أما ارتفاع ماء الحوض فيبلغ حوالي 5400 سم . يبين الشكل (2) مقطعاً أفقياً في الحوض ، كما يبين الشكل (3) مقطعاً شاقولياً في الحوض نفسه.



الشكل (2) مقطع أفقي حسب الكود HYDMN في المفاعل MNSR

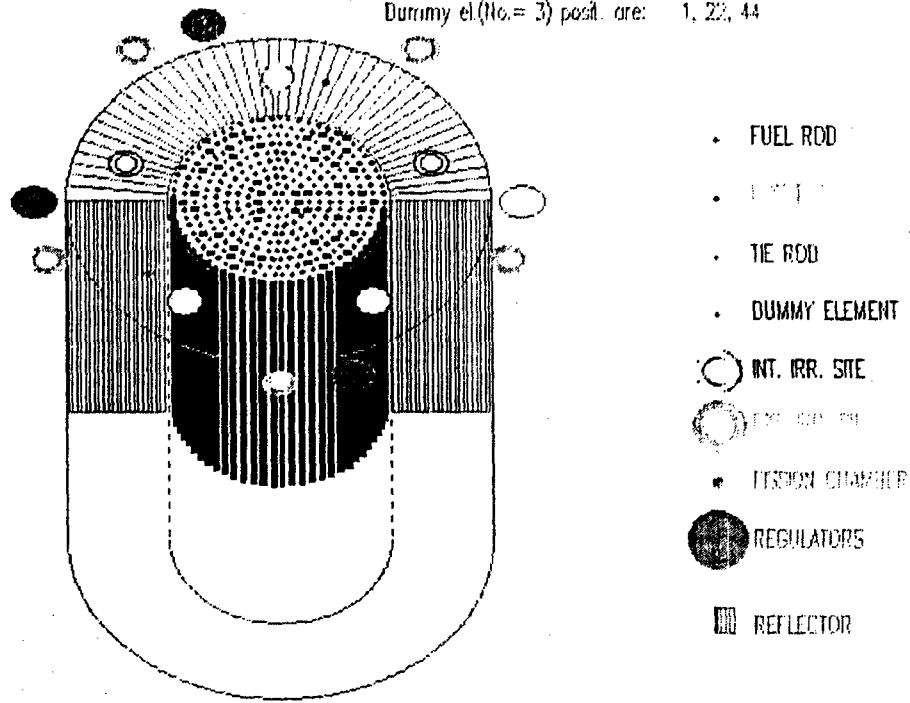


Fig. 7: A constructed image of the MNSR core with the surrounding reflector with the aid of the input file

الشكل (3) مقطع شاقولي حسب الكود HYDMN في المفاعل MNSR

و بملاحظة الشكل (1) نجد أن قلب المفاعل مغمور في الجزء الأسفل من الحاوية المملوءة بالماء والتي يبلغ حجمها حوالي 1.5 م³. يحيط بالحاوية بركة المفاعل والتي تنتهي إليها عملياً كامل الحرارة المولدة في القلب بعد إيقاف تشغيل المفاعل بزم من كاف. يبلغ حجم الماء في البركة حوالي 27 م³. عند تشغيل المفاعل يبدأ توليد الحرارة في القلب و بسبب توليدها ارتفاعاً محلياً في درجة حرارة المبرد، مما يؤدي إلى انخفاض كثافة المبرد في القلب و يندفع المبرد نحو الأعلى بحركة خفيفة و تأتي المياه من خارج القلب لتحل مكان المياه الخارجة من القلب و هكذا تبدأ بالتشكل دورة للمبرد تبدأ في مدخل القلب حيث يكون المبرد بدرجة حرارة T_1 و من ثم يسخن المبرد خلال مروره بالقلب إلى الدرجة T_2 عندما يصل إلى مخرج القلب و عندها تتابع المياه الخارجة من القلب مسيرها قليلاً خارج القلب و في الجزء العلوي من الحوض لتسخن مياه هذا الجزء قليلاً لتصبح درجة حرارتها T_3 و يعود جزء منها إلى الأسفل على جانبي قلب المفاعل في الفراغ الموجود بين سطح العاكس و السطح الداخلي للحوض (النازل) حيث تنخفض درجة حرارتها قليلاً و تصبح درجة حرارتها T_4 و تعود لتدخل في القلب من جديد بدرجة T_1 (مختلفة عموماً عن T_1 الدرجة التي كانت قد دخلت بها عند بدء الدورة و لكن T_1 لا تختلف عملياً عن T_4)، و هكذا تكتمل الدورة و يستقر هذا الوضع بعد حوالي ثلاث ساعات من بدء تشغيل المفاعل. في هذه الحالة تنتقل الحرارة بالوصلية من الوقود إلى غلاف الوقود و بالحمل الطبيعي من الغلاف إلى المبرد، و تنتقل الحرارة بانتقال المادة الحارة من المبرد إلى الجزء العلوي من الحوض، و من هناك تنتقل الحارة مرة أخرى من الحوض إلى البركة و من العاكس إلى النازل (Downcomer) بالحمل الطبيعي أيضاً، و كذلك انتقال الحرارة من النازل إلى البركة التي نطلق اسم T_0 على درجة حرارتها.

تكمّن مسألة النقل الحراري هنا في معرفة الدرجات T_1, T_2, T_3, T_4, T_0 وكذلك U سرعة السائل المبرد و T_{fm} درجة الحرارة الوسطية للمبرد ($T_{fm} = (T_1 + T_2)/2$) خلال الفترة الفاصلة ما بين لحظة تشغيل المفاعل و لحظة الإستقرار لهذه القيم كتابع للزمن.

2- نمذجة وحل مسألة النقل الحراري في المفاعل MNSR للحالة العابرة:

لحل مسألة النقل الحراري المعروضة في البند 1 نتخذ النموذج المقترح في [1] و هو:

1- افتراض توزيع متجانس للطاقة على قضيب الوقود ($Q_v = f(t)$) ، و بناء على معطيات طاقم تشغيل المفاعل MNSR السوري فقد اعتبرت $Q(t)$ تابعاً خطياً للزمن في الدقائق الثمانية الأولى حيث تستقر بعدها الطاقة على قيمتها الإسمية (و لتكن 30 كيلواط مثلاً. انظر (function spot ص 22).

2- تغيير درجة حرارة المبرد الوسطية بشكل خطي على طول قلب المفاعل ($T_{fm} = f(t)$)

3- لا تتغير سرعة المبرد U في قلب المفاعل.

4- لا يوجد فرق في درجة الحرارة بين الوقود و غلاف الوقود ($T_f = T_c$)

بمذه الافتراضات تكون المعادلات التفاضلية الممثلة للحالة هذه هي :

$$G_u (G_u C_u + G_c C_c) \frac{dT_c}{dt} = Q_u(t) - F_s h (T_c(t) - T_{fm}(t)) \quad (1) \quad [1]$$

G_u : total mass of fuel meat (kg) , in core,
 C_u : specific heat capacity of fuel meat (J/kg.C°) ,
 G_c : total mass of cladding (kg) , in core,
 C_c : specific heat capacity of cladding (J/kg.C°) ,
 Q_u : reactor power (w) ,
 F_s : total surface area of fuel elements in core (m²) ,
 T_c : average temperature of fuel element (C°) ,
 T_f : average temperature of coolant (C°) ,
 h : heat transfer coefficient (W/ m² C°) .

$$h = f(Gr, Pr) \quad (1')$$

where :

Gr : Grashof number

Pr : Prandtl number

h هو تابع لعددي غراشوف و براند و يحسب في كل خطوة زمنية من الكود HYDMN نفسه [2] .

$$HC_{pf} \rho_{fm} \frac{dT_{fm}}{dt} = \frac{F_s}{A_f} h(T_c - T_{fm}) - C_{pf} u \rho_{fm} (T_2 - T_1) \quad (2)[1]$$

Where:

A_f : total cross section area of flow channel in core (m^2),

$$\rho_{fm} = \frac{1}{H} \int_0^H \rho_f dz$$

H : height of core (m)

T1: Coolant temperature at the inlet of core,

T2: Coolant temperature at the outlet of core.

$$T_2 = 2T_{fm} - T_1 \quad (3)[1]$$

$$2(H + H_1) \rho_{fm} \frac{dU}{dt} = gh(\rho_f(t) - \rho_{fm}) + gH_1(\rho_{f1} - \rho_{f2}) - \left(\frac{fH}{2D_c} + \frac{\xi}{2} \right) \bar{\rho}_f u^2 \quad (4)$$

[1]

where:

f : resistance coefficient;

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (\text{for laminar flow. [6]})$$

R_{f1} : $\rho\rho$ Coolant density at the inlet of the core (kg/m^3)

R_{f2} : $\rho\rho$ Coolant density at the outlet of the core (kg/m^3)

H_1 : Equal temperature height above the core (m)

ξ : form resistance coefficient.

$$\xi = a \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right] \quad (\text{ see [7]})$$

where :

a : a coefficient with value between 0.4 and 0.5.

A_2 : the cross section of the sub-channel above the upper grid.

A_1 : the cross section of the sub-channel below the upper grid.

$$G_3 G_{pf} \frac{dT_3}{dt} = A_{up} G_{pf} u (R_{f2} T_2 - R_{f3} T_3) - Q_0 \quad (5) [1]$$

G_3 : ρρWater mass in the upper part of the tank (kg),
 A_{up} : ρρThe flowing up coolant cross section (m²),
 Q_0 : The heat transferred from the upper part of the tank to the pool.

$$Q_0 = hS(T_3 - T_0) \quad (5^1)$$

where:

h : heat transfer coefficient between the tank and the pool,
 S : the heat transfer surface between the tank and the pool,
 T_3 : Temperature of the upper part of the tank (C°),
 T_0 : ρρThe temperature of the pool water (C°).

$$G_0 G_{pf} \frac{dT_0}{dt} = Q_0 + Q_4 \quad (6) \quad [1]$$

$$Q_4 = hS(T_1 - T_0) \quad (6^1)$$

where:

h : as above,
 S : heat transfer surface between the down-comer and the pool,
 G_0 : ρThe mass of the pool water (kg),
 Q_0 : the heat transferred from the upper part of the tank to the pool.

$$G_4 C_{pf} \frac{dT_1}{dt} = A_{down} C_{pf} u (\rho_{f3} T_3 - \rho_{f1} T_1) - Q_4 + Q_B \quad (7) \quad [1]$$

$$Q_4 = hS(T_{fm} - T_1)$$

where:

h : as above,
 S : heat transfer surface between the reflector and the downcomer.

المعادلات الآتفة الذكر من (1) إلى (7) تم حلها بطرائق عدة مثل: طريقة اولر و طريقة رانج-كوتا و طريقة بتشر ، وبامكان المستخدم اختيار أي منها لإجراء حساباته (مع العلم أن كلاً منها يمثل تقريباً مختلفاً و قد اخترنا طريقة رانج-كوتا كطريقة افتراضية للحل).

إن أبسط هذه الطرائق هي طريقة أولر [3] و تلخص فيما يلي :

إذا كان لدينا معادلة تفاضلية من الشكل:

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y) \quad (8)$$

فإن حلها في النقطة (i+1) هو:

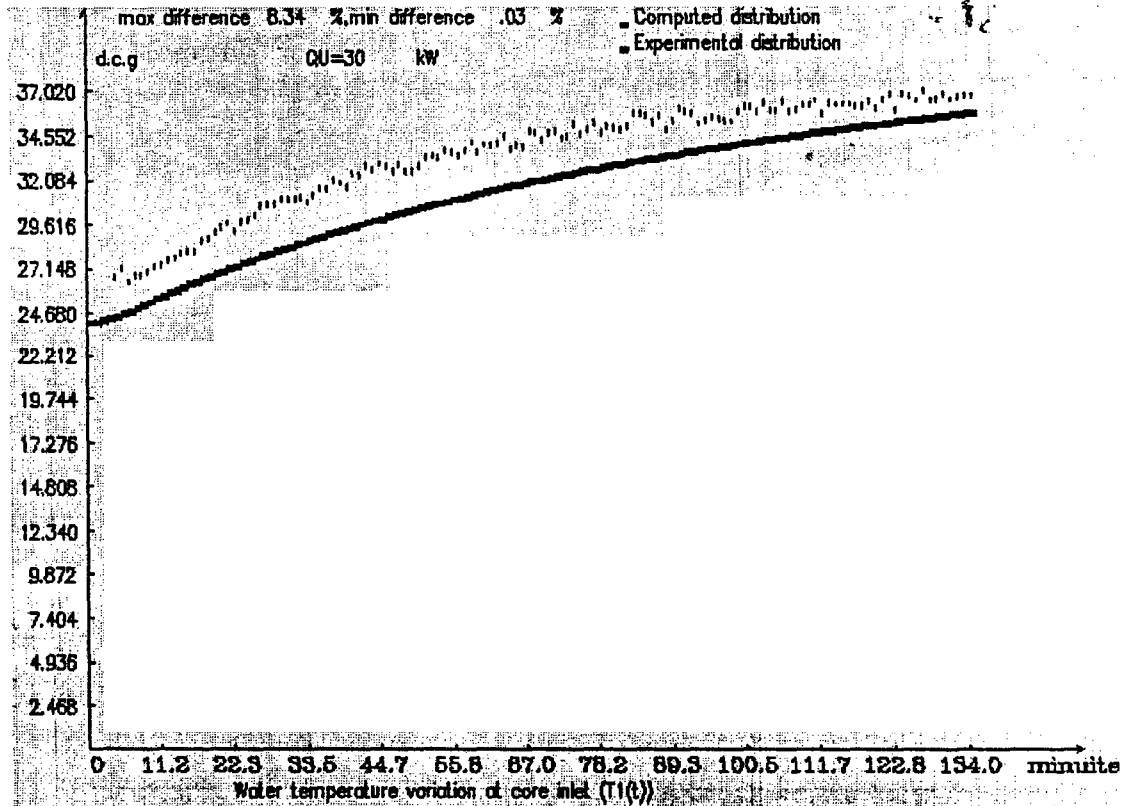
$$y_{i+1} = y_i + f(x_i, y_i)h \quad (9)$$

أي أن حلها يساوي قيمة التابع f في النقطة (x_i, y_i) مضروبة في الخطوة (h) + قيمة التحول في النقطة (I). على هذا الأساس تمت برجة المعادلات السبع السابقة و أضيفت إلى الكود (HYDMN انظر الملحق (أ)).

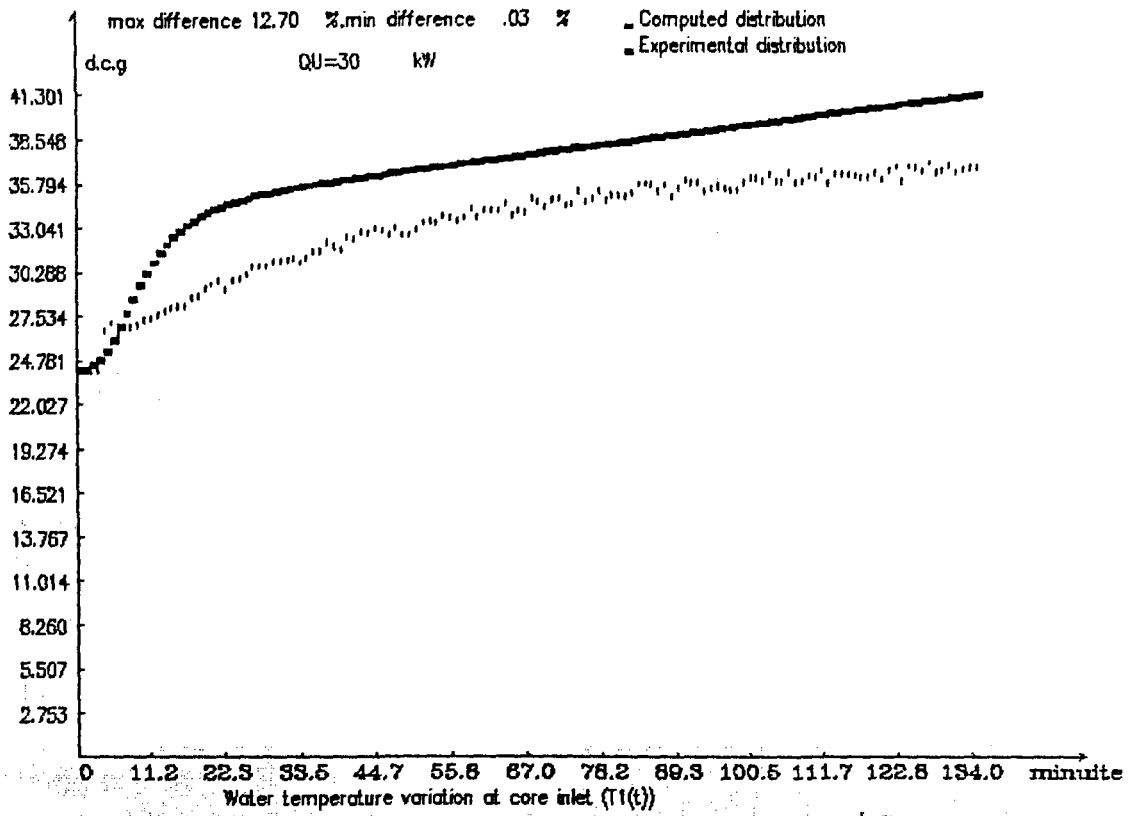
و قد أضيفت أيضاً إلى الكود نتائج الحسابات التي قام بها الصينيون عند تشغيل المفاعل بطاقات مختلفة (للإطلاع)، كما أضيفت نتيجة القياسات التجريبية التي زدنا بها مشكوراً طاقم المفاعل (الملحق أ).

3- النتائج:

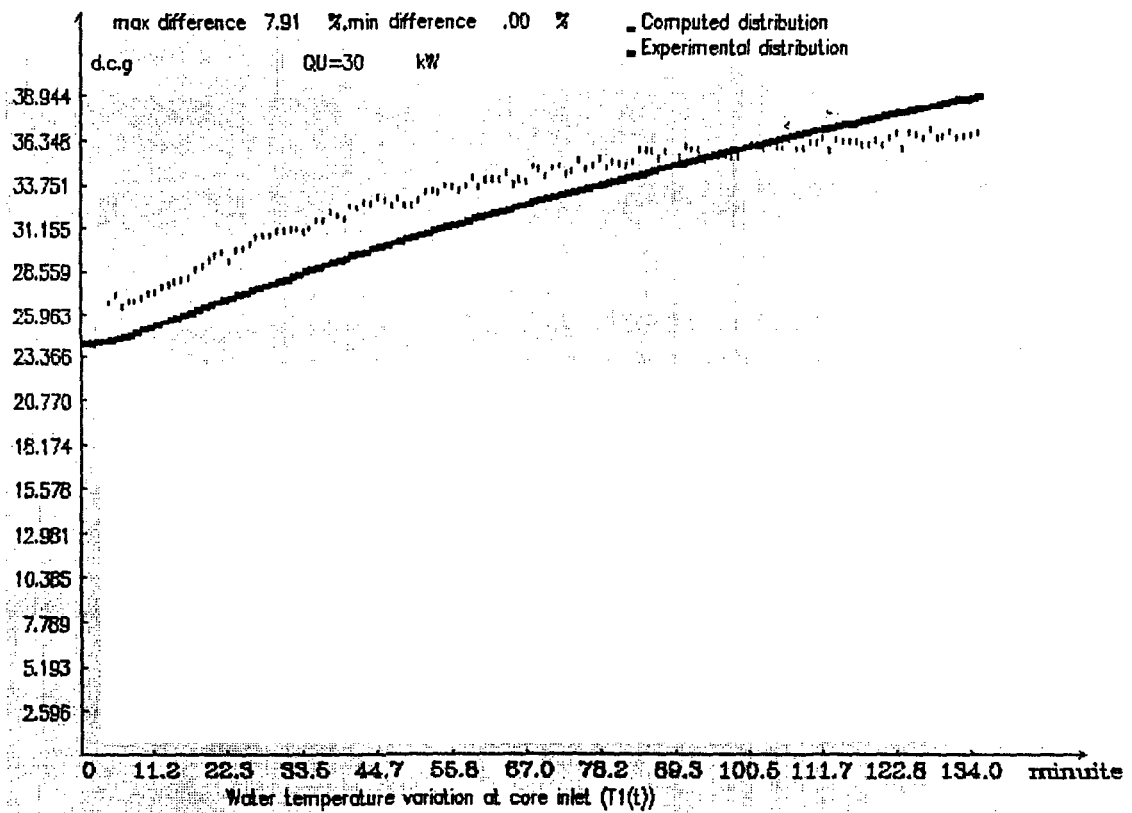
بتشغيل الكود و باختيار طريقة Runge-Kutta من المرتبة الرابعة نحصل على النتائج المبينة في الشكلين (4) و (5): حيث يبين الشكل (4) مقارنة بين القيم المحسوبة لدرجة حرارة الدخل (T_1) و التجريبية المأخوذة من خرج المفاعل MNSR السوري (حسب قراءات الأجهزة الموصولة بالمفاعل)، كما يبين الشكل (5) المقارنة ذاتها في حال درجة حرارة الخرج (T_2).



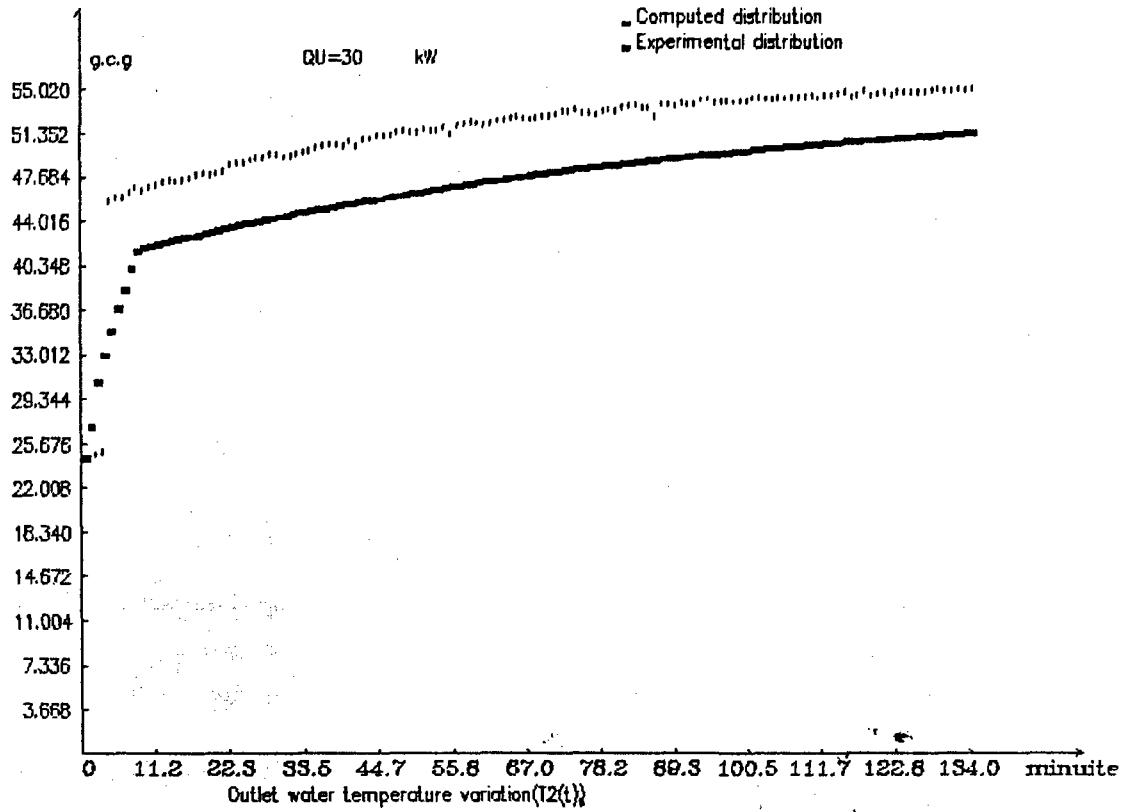
الشكل (4): مقارنة بين القيم المحسوبة بطريقة رانج-كوتا لدرجة حرارة دخل المفاعل و القيم التجريبية للمفاعل السوري.



الشكل (5) مقارنة بين القيم المحسوبة بطريقة اولر لدرجة حرارة دخل المفاعل و القيم التجريبية للمفاعل السوري.



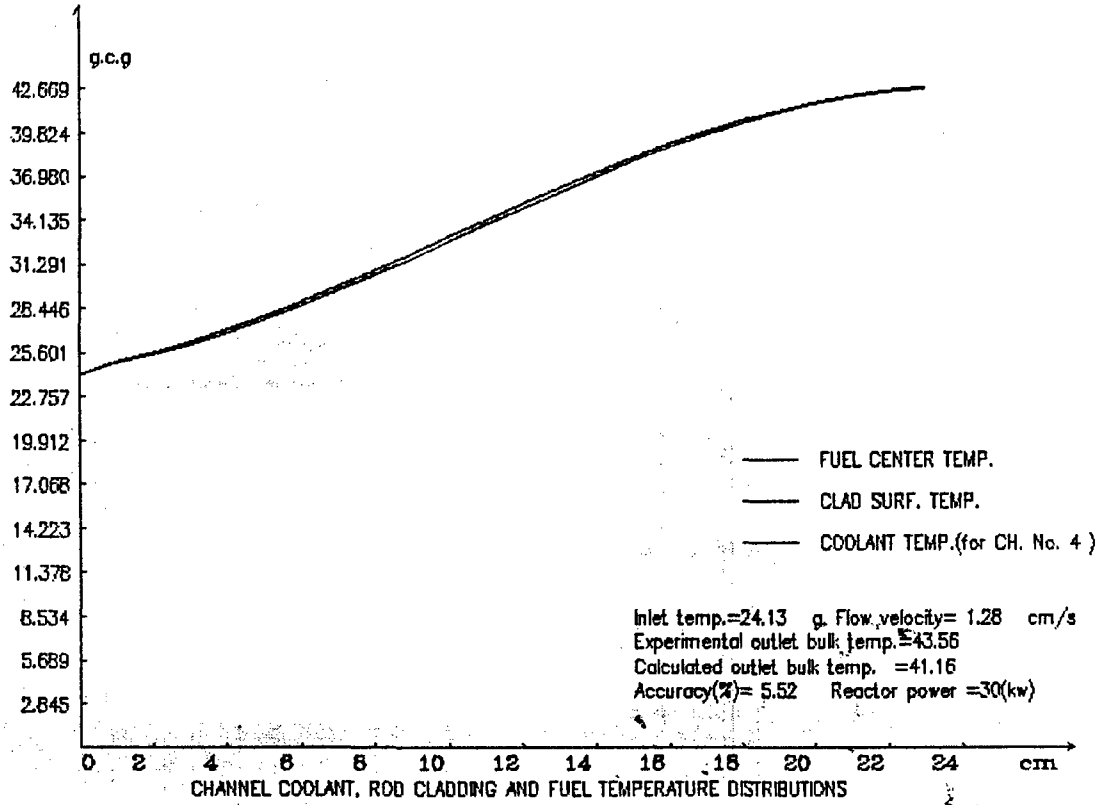
الشكل (6) مقارنة بين القيم المحسوبة بطريقة بتشر لدرجة حرارة دخل المفاعل و القيم التجريبية للمفاعل السوري.



الشكل (7) مقارنة بين القيم المحسوبة بطريقة رانج-كوتا لدرجة حرارة خرج المفاعل و القيم التجريبية للمفاعل السوري.

4- المناقشة:

بالعودة إلى النتائج الملخصة في الفقرة السابقة نلاحظ أن الاختلاف في النتائج بين القيم التحريبية و القيم المحسوبة لدرجة حرارة الدخول T_1 تختلف من طريقة إلى أخرى و رغم أن القيمة الأعظمية للإختلاف في النتائج هي أصغر في حالة طريقة بتشر (انظر الشكل (6)) إلا أننا نعتبر طريقة رانج كوتا هي الطريقة المفضلة للحالة العابرة لأن الحلول الناتجة عنها تسير المعطيات التحريبية حتى و لو اختلفت عنها بالقيم (بنسبة شبة ثابتة). و في مختلف الطرائق تبقى الإختلافات مقبولة و تنبع درجة تقرب الطريقة التي تتحسن ابتداء من طريقة اولسر و انتهاء بطريقة بتشر بالتدرج. بملاحظة الشكل (7) يبدو لنا أن الإختلاف في هذا السياق في قيم T_2 أيضاً هو أيضاً مقبول ، مما يمكننا من اعتبار القيم المحسوبة مرضية و محققة لهدف هذا العمل. أما بالنسبة إلى سرعة تدفق الماء في المفاعل فلا توجد قيم تجريبية لذلك لا نستطيع مقارنة النتائج الحسابية مع تلك النظرية إلا أن حسابات الكود للحالة المستقرة للمفاعل المعتمدة على نتائج حسابات الحالة العابرة للمفاعل تعطي فرقاً في قيمة درجة حرارة الخرج الوسطية لماء المفاعل لا يتجاوز 6% عن القيمة التحريبية (انظر الشكل (8)).



الشكل (8) نتائج حسابات الحالة المستقرة للكود HYDMN لتوزيع درجة حرارة القناة 4 في المفاعل و المعتمدة على نتائج حسابات الحالة العابرة.

5- التوصيات

بعد الإنتهاء من دراسة المفاعل في الحالتين المستقرة و العابرة هيدروليكيًا في هذا الكود يمكن اقتراح تطوير الكود ليدرس الحالات العابرة ترونياً في عمل جديد ، و ذلك كي يصبح بمقدور الكود هايدمن متابعة سلوك المفاعل الديناميكي و في هذه الحالة يمكن ربط الكود بالمفاعل و يمكننا الكود في الوضع هذا من أخذ صور حقيقية لتوزيع درجات الحرارة ضمن المفاعل في أزمنة شبه حقيقية.

MNSR Thermal Hydraulics
China Institute of Atomic Energy
Hao Laomi
MNSR Training Material

2- تطوير الكود الهيدروديناميكي HYDMN بما يلائم حالة المفاعل MNSR المستقرة

د. محمد البرهوم ، السيد سلمان محمد

تقرير عن دراسة حاسوبية قيد الإخراج.

-3

Numerical Methods for Engineering
Steven C. Chapra, Raymond P. Canale
Mc- Graw-Hill editions, 1988

-4

Safety Analysis Report for Miniature Neutron Source Reactor (MNSR)
China Institute of Atomic Energy
CodeMNSR-GN-2

5- الكود الفطن سيركو-1 كود المفاعل وحيد البعد و المعتمد على حل معادلة الانتشار

د. محمد البرهوم ، المهندس علي عيد ، السيد سلمان محمد

تقرير عن دراسة علمية حاسوبية - قسم الفيزياء - ه ط ذ س - ف/ت د ع 218 - نيسان 1998

-6

Engineering Fluid Mechanics
John A. Roberson , Clayton T. Crowe
Washington State University, Pullman , 1975

-7

Ebiollizione

Dalle lezioni del Prof. Ing. Enrico Lorenzini
Università degli Studi di Bologna

Pitagora Editrice Bologna

الملحق أ

يتضمن هذا الملحق نص البرنامج المستعمل في إظهار الرسم التخطيطي لنمذجة المفاعل MNSR في حالته العابرة، كما يتضمن الملحق هذا أيضاً النص الذي يحل معادلات النمذجة التفاضلية بطريقة أولر، بالإضافة إلى فقرات أخرى تفيد في الحصول على تفاصيل للعمل هذا.

1-الرسم التخطيطي للنمذجة:

و هو مأخوذ من [1] و مرسوم باستخدام أدوات و برامج لا يحتويها المترجم Microsoft Fortran 5.1 . و هو هذا:

```
SUBROUTINE TRMODEL(NC)
INCLUDE 'FGRAPH.FD'
INTEGER*2 NEWX,NEWY,STATUS,TECFO
RECORD/XYCOORD/XY
DIMENSION NNCL(7),ARL(5)
CHARACTER STAR*2, DS(6)*30,TDED(5)*2,QDED(3)*2,HDED(3)*3,
ROW*80 ,QIN*24,PFONT*16,OPT(5)*60
COMMON /XX/ XOR,F,XOF
COMMON /FH/ FR
DATA NNCL /7,15,11,10,4,14,9/
DATA PI /3.141592654/
DATA DEDS /'Elevation line of core outlet','Fuel
elemennt','Beryllium reflector','Down comer','Reactor tank','Water of
the reactor pool'/
DATA TDED /'T1','T2','T3','T4','T0'/
DATA QDED /'Q0','QB','Q4'/
DATA HDED /'H','H1','Hin'/
DATA ARL /130.,70.,30.,10.,193./
*-----*
*
OPT(1)=' '
CALL WRT(3,'Enter zooming factor(1 is dvisable)?',1,OPT,1,0,14)
READ(*,*) F
CALL CLEARSCREEN($GCLEARSCREEN)
CALL STCOLOR(2)
XOR=320.
XOF=XOR*F
YOR=430.
YNY=20.*F
YNI=20.*F
XDASH=100.*F
XAD=300.*F
call setvieworg(newx(int2(70)),newy(int2(900)),xy)
*
* drawing the rectangles
*
TECFO=SETFONT(PFONT)
DO 200 I=1,4
X1= XYX(I)
Y1=YXY(I)
AD=0
IF(I.EQ.2) AD=Y1/2.
STATUS=SETCOLOR(NNCL(NSER(I)))
IF(I.NE.2) GOTO 150
STATUS=ELLIPSE($Gfillinterior,NEWX(INT2(XOR-x1)), - NEWY
+ (INT2(YOR-y1+AD)), NEWX(INT2(XOR+x1)), -NEWY(INT2(YOR-y1-AD)))
150 STATUS=RECTANGLE($Gfillinterior,NEWX(INT2(XOR-x1)), - NEWY
+ (INT2(YOR-y1)), NEWX(INT2(XOR+x1)), -NEWY(INT2(YOR+y1)))
200 CONTINUE
*
* drawing fuel elemets
*
```

```

STATUS=SETCOLOR(NNCL(5))
DO 300 J=5,25
X1= XYX(J)
Y1=YXY(J)
CALL MOVETO(NEWX(int2(XOR-X1)), -NEWY(INT2(YOR-Y1-YN1)), XY)
status=lineto(newx(int2(XOR-X1)), -newy(int2(YOR+Y1)))
300 CONTINUE
*
*drawing the lower grid
*
STATUS=SETCOLOR(NNCL(6))
STATUS=RECTANGLE($GFILLINTERIOR, NEWX(INT2(XOR-XYX(4)-YN1)), -
+ NEWY(INT2(YOR-YXY(4)-YN1)), NEWX(INT2(XOR+XYX(4)+YN1)), -
+NEWY(INT2(YOR-YXY(4)-2.*YN1)))
*
* Quotations
*
CALL SETLINESTYLE(#FOFO)
*
*drawing lower dashed lines
*
STATUS=SETCOLOR(NNCL(7))
DO 400 J=1,2
YC=YN1
IF(J.EQ.1) YC=0.
CALL MOVETO(NEWX(int2(XOR-XYX(4))), -NEWY(INT2(YOR-YXY(3)-
YC)), XY)
status=lineto(newx(int2(XOR+XYX(4)+XAD)), -newy(int2(YOR-YXY(3)-
+ YC)))
400 CONTINUE
CALL SETGTEXTVECTOR(0,1)
*
*drawing upper dashed lines
*
DO 600 J=1,2
YC=(YN1+8.)*F
IF(J.EQ.1) YC=0.
CALL MOVETO(NEWX(int2(XOR-XYX(4))), -
NEWY(INT2(YOR+YXY(3)+YC)), XY)
status=lineto(newx(int2(XOR+XYX(4)+XAD)), -newy(int2(YOR+YXY(3)+
+YC)))
600 CONTINUE
*
* continuous quotation arrows
*
CALL FRECH(YXY(3), 90., 1., XOR+XYX(1)+XDASH, YOR, 1, 0.0, 15., 1., 0., 10.
+ , 0., 0., 9)
CALL FRECH(YXY(3), 270., 1., XOR+XYX(1)+XDASH, YOR, 1, 0.0, 15., 0., 0.,
+ 10., 0., 0., 9)
CALL TXWR(HDED(1), ' ', ' ', 1, 0, 0, 0, 0, 0, XOR+XYX(1)+XDASH-30.,
+YOR, F, 1, 9)
*
*Continuous small quotation arrows
*
CALL FRECH(30*F, 90., 1., XOR+XYX(1)+XDASH, YOR-YXY(3)-(30.+YN1)*F,
+ 1, 0.0, 15., 0.0, 0., 10., 0., 0., 9)
CALL TXWR(HDED(3) (1:1), HDED(3) (2:3), ' ', 1, 1, 1, -1, 0, 0, 0, XOR+
+ XYX(1)+XDASH-30.*F, YOR-YXY(3) -(5.+YN1)*F, .8*F, 0, 9)
CALL FRECH(30*F, 270., 1., XOR+XYX(1)+XDASH, YOR+YXY(3)+(40.+YN1)*F,
+ 1, 0.0, 15., 0., 0., 10., 1., 0., 9)
CALL TXWR(HDED(2) (1:1), HDED(2) (2:2), ' ', 1, 1, 1, -1, 0, 0, 0, XOR+
+ XYX(1)+XDASH-30.*F, YOR+YXY(3) +(50.+YN1)*F, .8*F, 0, 9)
*
*drawing arrows
*
XFV=XOR-(XYX(2)+XYX(3))/2.

```

```

YFV=YOR+(YXY(2)+YXY(3))/2.
XF1=XOR-(XYX(3)+XYX(4))/1.5
XF2=XOR-(XYX(3)+XYX(4))/.95
* heat transfer arrows
CALL FRECH(70.*F,225.,1.,XFV, YFV,1,0.,20.,0.,0.,15.,1.,0.,4)
CALL TXWR(QDED(1)(1:1),QDED(1)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XFV-
+70.*F,YFV+10.*F,F,0,4)
STATUS=SETCOLOR(4)
CALL FRECH(60.*F,225.,1.,XFV,YOR,1,0.,20.,0.,0.,15.,1.,0.,4)
CALL TXWR(QDED(2)(1:1),QDED(2)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XFV-
+15.*F,YOR-20.*F,F,0,4)
CALL FRECH(40.*F,225.,1.,XOR-
(XYX(3)+XYX(4))/2.,YOR,1,0.,20.,0.,
+0.,15.,1.,0.,4)
CALL TXWR(QDED(3)(1:1),QDED(3)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XFV-
+70.*F,YOR,F,0,4)
* water direction arrows
CALL FRECH(100.*F,270.,1.,XF1,YOR+(YXY(2)+YXY(3))/1.1,2,0.,30.,
+0.,10.,30.,1.,1.,5)
CALL FRECH(100.*F,270.,1.,XF1,YOR+(YXY(2)+YXY(3))/4.+70.*F,2,0.
+30.,0.,10.,30.,1.,1.,5)
CALL TXWR(TDED(4)(1:1),TDED(4)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XF1-
23.*F
+ ,YOR+(YXY(2)+YXY(3))/4.-30.*F,F,0,5)
CALL TXWR(TDED(5)(1:1),TDED(5)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XF2-
23.*F
+ ,YOR+(YXY(2)+YXY(3))/4.-30.*F,F,0,5)
*curved water arrow
CALL FRECH(70.*F,270.,2.,XF1,YOR-YXY(4)+37.*F,2,1.,30.,.4,10.
+,15.,-1.,1.,5)
CALL TXWR(TDED(1)(1:1),TDED(1)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XOR-
+(XYX(3)+XYX(4))/1.6-20.*F,YOR-YXY(4)-10.*F,F,0,5)
*up-ward water direction arrows
CALL FRECH(100.*F,90.,1.,XOR-XYX(4)+28.*F,YOR-30.*F,2,0.,30.,
+0.,10.,30.,10.,1.,5)
CALL FRECH(100.*F,90.,1.,XOR-XYX(4)+28.*F,YOR+170.*F,2,0.,30.,
+0.,10.,30.,0.,1.,5)
CALL TXWR(TDED(2)(1:1),TDED(2)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XOR-
+XYX(4)+15.*F,YOR+YXY(3)+26.*F,.6*F,0,5)
CALL TXWR(TDED(3)(1:1),TDED(3)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XOR-
+XYX(4)+50.*F,YOR+YXY(4)+120.*F,F,0,5)
*
*
** drawing circles
*
RR=15.*F
DO 1000 K=1,5
EL=5.
GRA=200.
IF(K.EQ.5) GRA=60.
XN=XOR+XYX(2)+RR+40.*F
YN=YOR+YXY(3)-20.*F-(K-1)*40.*f
XF = XN+RR*COS(GRA*PI/180.)
YF = YN+RR*SIN(GRA*PI/180.)
WRITE(STAR,'(I2)') K
CALL TXWR(STAR,' ',' ',1,0,0,0,0,0,0,XN-10.*F,YN+5.*F,F/2.,0,3)
CALL CIRC(RR,1.,XN,YN,0.,9)
IF(K.EQ.4) EL=0.
CALL FRECH((ARL(K)+30.)*F,GRA,1.,XF,YF,1,0.,20.,0.,0.,8.,EL,0.0,9)
1000 CONTINUE
*
* Caption
*
DO 1200 J=1,6
XN=XOR+XYX(1)+RR+10.*F
YN=YOR-YXY(3)-YN1*4-(j-1)*40.*F
WRITE(STAR,'(I2)') J

```

```

CALL CIRC(RR,1.,XN,YN,0.,9)
IF(J.EQ.6) CALL FRECH(100.*F,180.,1.,XN-RR,YN,1,0.,20.,0.,0.,
+ 20.*F,1.,1.,9)
CALL TXWR(STAR,' ',' ',1,0,0,0,0,0,XN-10.*F,YN+5.*F,F/2.,0,3)
CALL TXWR(DEDS(J),' ',' ',
',1,0,0,0,0,0,XN+10.*F+RR,YN+20.*F,F,0
+ ,3)
1200 continue
DO 1400 J=1,3
CALL TXWR(QDED(J)(1:1),QDED(J)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XOR+
+XYX(1)+5.*F,900.-27.*F*J,.8*F,0,12)
QIN='= heat transferred from '
IF(J.EQ.1)ROW=QIN//'upper part of tank to reactor pool'
IF(J.EQ.2)ROW=QIN//'beryllium reflector to downcomer'
IF(J.EQ.3)ROW=QIN//'downcomer to reactor pool'
CALL TXWR(ROW,' ',' ',1,0,0,0,0,0,XOR+XYX(1)+30.*F,900.-
30.*F*J
+ ,.61*F,0,12)
1400 continue
DO 1600 J=1,5
CALL TXWR(TDED(J)(1:1),TDED(J)(2:2),' ',1,1,1,-1,0,0,0,XOR+
+XYX(1)+5.*F,819.-27.*F*J,.8*F,0,9)
IF(J.EQ.1)ROW='= Inlet temperature'
IF(J.EQ.2)ROW='= Outlet temperature'
IF(J.EQ.3)ROW='= Tank upper part temperaturure'
IF(J.EQ.4)ROW='= Downcomer temperature'
IF(J.EQ.5)ROW='= Pool temperaturure'
CALL TXWR(ROW,' ',' ',1,0,0,0,0,0,XOR+XYX(1)+30.*F,819.-
30.*F*J
+ ,.75*F,0,9)
1600 continue
XN=XOR+XYX(1)+RR+10.*F
CALL FRECH(35.*F,0.0,2.,XN+50.*F,YOR-YXY(3)-340.*F,2,0.,30.,
+ .4,10.,15.,1.,1.,5)
CALL FRECH(35.*F,270.,2.,XN+100.*F,YOR-YXY(3)-320.*F,2,1.,30.,
+ .4,10.,15.,-1.,1.,5)
CALL TXWR('Water flow direction',' ',' ',
',1,0,0,0,0,0,XN+130.*F,
+YOR-YXY(3)-330.*F,.75*F,0,8)
CALL FRECH(30.*F,225.,1.,XN+90.*F,YOR-YXY(3)-370*F,1,0.,20.,0.,
+ 0.,15.,1.,0.,4)
CALL TXWR('Heat transfer direction',' ',' ',1,0,0,0,0,0,XN+
+ 130.*F,YOR-YXY(3)-370.*F,.75*F,0,8)
READ(*,*)
RETURN
END

```

-2 النمذجة الرياضية و حلولها:

و هي موضحة التفاصيل في البرنامج التالي في حالة طريقة Runge-Kutta من المرتبة الرابعة:

```

SUBROUTINE TRANS1(ncomp)
DIMENSION QU(190)
COMMON /HHF/ HF1,HF2
COMMON/PN/ TC(190),TM(190),T1(190),T2(190),UV(190),TO(190),
+ T3(190)
COMMON /SORDAT/ NZ,NIP(5),MTP
COMMON /XMN/ NRDZ(30),NRDSEQ(150),NRDZT(150),NBACK(30),
+ELD(10,14),NNED(10,15),DENS(10,25),ADEN(10),ELDENS(8,15),ZDENS
+(5,12),RODD(10,8),RZXS(31,10),ELSD(10,12)
COMMON /ORDAT/ SXSMR(2,2,30),DIFOR(2,30),RPI(5,10),
1 RNIOR(30,2),SNIOR(2,30),ZR(30),OZR(30)
COMMON /NR/ NRZ(10),NDESC(8,15),NREG,NFISS,NFE(15)
COMMON/RSRDAT/CORR,RR,CORH,RH,P THERM,FACMULT,RELRA P,REACVOL,

```



```

ECORH, CORVOL
common /othe/ nel, nrods
COMMON/ CONT/  CONTL, CHXS(15), AVQV(30), UFAC
COMMON /DFAR/  FISSCH(15), REG(15)
COMMON /NOF/  NOFR(4), NZROD(30), NREAL
COMMON /TIN /TINLET, STEP, GC, GU, PI, FS, AF, GAC, AUP, ADOWN, H1
COMMON /CONAN/ NCANS, NMCH, NTR
COMMON /COND/  CONDIN(3)
COMMON /RE/  REYN

```

```

-----
      OPEN (2, FILE='REAC.OUT', STATUS='UNKNOWN')

```

```

* 1st equation with Runge-Kutta method (FUEL)
* TC = temperature of the cladding
* TM = average = = = coolant
* T1 = inlet temp.
* T2 = outlet temp.
* UV = coolant velocity
* TO = temp. of the pool
* T3 = = = upper part of the tank
* T4 = = = the downcomer
*

```

```

      STEP=1.
      MTP=180
      print*, 'Enter initial Inlet temperature'
50      read(*, *, err=50) T1(1)
          T2(1)=T1(1)+.3
          T3(1)=T2(1)-.3
          TO(1)=T1(1)
          UV(1)=1.E-4
          TC(1)=T1(1)
          TM(1)=(T2(1)+T1(1))/2.
          TT1=T1(1)
          TT2=T2(1)
          TT3=T3(1)
          TTO=TO(1)
          UUV=UV(1)
          TTC=TC(1)
          TTM=TM(1)
          CONDIN(1)=TT1
          CONDIN(2)=TT2-TT1
          CONDIN(3)=UUV
          EH=3.7
          GO=27000.
          PSI= PPSI(1)
          H1=.75
          CU=698.8543
          CC=920.92
          RTIND=GU*CU+GC*CC
*!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
      DO 500 I=1, MTP-1
      DO 400 J=1, 60
*1ST EQ
      FTER=FT2(I, FLOAT(J), RTIND)
      CALL HCAL(0, 0, COLH, I)
      STER= FS*COLH/RTIND
*K1
      TER1= FTER-STER*(TTC-TTM)
      FTER=FT2(I, J+.5, RTIND)
      TER2=FTER-STER*(TTC+.5*TER1-TTM)
      TER3=FTER-STER*(TTC+.5*TER2-TTM)
      FTER=FT2(I, FLOAT(J+1), RTIND)
      TER4=FTER-STER*(TTC+TER3-TTM)
      TTC=TTC+(TER1+2.*TER2+2*TER3+TER4)/6.
*
*2nd equation
      ROMED=(WDS(TT2)+WDS(TT1))/2.
      FTER=FS*COLH/(AF*CORH*CIPI(TTM)*ROMED*1.E-2)

```

```

THT=(TT2- TT1)
FOTER=TTC-TTM
TER1=(FTER*FOTER- UUV*THT/(CORH*1.E-2))
FOTER=TTC-TTM-.5*TER1
TER2=(FTER*FOTER- UUV*THT/(CORH*1.E-2))
FOTER=TTC-TTM-.5*TER2
TER3=(FTER*FOTER- UUV*THT/(CORH*1.E-2))
FOTER=TTC-TTM-TER3
TER4=(FTER*FOTER- UUV*THT/(CORH*1.E-2))
TTM=TTM+(TER1+2.*TER2+2*TER3+TER4)/6.
*3d equation
TT2=2.*TTM-TT1
*4th equation
CALL FT11 (FTER, THT, UUV, TTM, TT1, ROMED, PSI, AUXT1, TT2, TT3)
STER=GAC*H1* (WDS (TT3)-WDS (TT2)) *1.E-2/AUXT1
TER1=(FTER+STER-THT*(UUV**2))
TER2=(FTER+STER-THT*((UUV+.5*TER1)**2))
TER3=(FTER+STER-THT*((UUV+.5*TER2)**2))
TER4=(FTER+STER-THT*((UUV+TER3)**2))
UUV=UUV+(TER1+2.*TER2+2*TER3+TER4)/6.
*
* 5th equation
*
CALL FIFEQ (EH, COLH, TT3, TTO, UUV, FTER, STER)
TER1=(FTER*(WDS (TT2)*TT2-WDS (TT3)*TT3)-STER)
CALL FIFEQ (EH, COLH, TT3+.5*TER1, TTO, UUV, FTER, STER)
TER2=(FTER*(WDS (TT2)*TT2-WDS (TT3+.5*TER1)*(TT3+.5*TER1)-STER))
CALL FIFEQ (EH, COLH, TT3+.5*TER2, TTO, UUV, FTER, STER)
TER3=(FTER*(WDS (TT2)*TT2-WDS (TT3+.5*TER2)*(TT3+.5*TER2)-STER))
CALL FIFEQ (EH, COLH, TT3+TER3, TTO, UUV, FTER, STER)
TER4=(FTER*(WDS (TT2)*TT2-WDS (TT3+TER3)*(TT3+TER3)-STER))
TT3=TT3+(TER1+2.*TER2+2*TER3+TER4)/6.
*
* 6th EQUATION
*
TER1= SIXEQ (COLH, TT3, TTO, TT1, G0)
TER2= SIXEQ (COLH, TT3, TTO+.5*TER1, TT1, G0)
TER3= SIXEQ (COLH, TT3, TTO+.5*TER2, TT1, G0)
TER4= SIXEQ (COLH, TT3, TTO+TER3, TT1, G0)
TTO=TTO+(TER1+2.*TER2+2*TER3+TER4)/6.
* 7th equation
*
TER1= SEVEQ (TT1, COLH, TTM, UUV, Q4, TT3)
TER2= SEVEQ (TT1+.5*TER1, COLH, TTM, UUV, Q4, TT3)
TER3= SEVEQ (TT1+.5*TER2, COLH, TTM, UUV, Q4, TT3)
TER4= SEVEQ (TT1+TER3, COLH, TTM, UUV, Q4, TT3)
TT1=TT1+(TER1+2.*TER2+2*TER3+TER4)/6.
400 CONTINUE
T1(I+1)=TT1
T2(I+1)=TT2
T3(I+1)=TT3
TO(I+1)=TTO
UV(I+1)=UUV
TC(I+1)=TTC
TM(I+1)=TTM
450 write(2,*) 'T1', T1(I+1), 'T2', T2(I+1), 'T3', T3(I+1), 'TO', TO(I+1),
+ 'TC', TC(I+1), 'TM', TM(I+1), 'UV', UV(I+1), 'I', I
500 CONTINUE

RETURN
END
*****
*
FUNCTION QPOT (I, RJ)
COMMON/RSRDAT/CORR, RR, CORH, RH, P THERM, FACMULT, RELRAP,
REACVOL, E CORH, CORVOL
*-----
IF (I.GT.8) THEN

```

```

QPOT=PTHERM*1000.
RETURN
ELSEIF(I.LE.8) THEN
QPOT=(PTHERM*1000.*(I-1)/8.+PTHERM*1000.*RJ/(8.*60.))
RETURN
ENDIF
RETURN
END
*****
FUNCTION FT2(I,RJ,RTIN)
POT=QPOT(I,RJ)
FT2=POT/RTIN
RETURN
END
*****
*
SUBROUTINE FT1(FTER,THT,UUV,TTM,TT1,ROMED,PSI,AUXT1)
COMMON/PN/ TC(190),TM(190),T1(190),T2(190),UV(190),TO(190),
+ T3(190)
COMMON /SORDAT/ NZ,NIP(5),MTP
COMMON/RSRDAT/CORR,RR,CORH,RH,PTHERM,FACMULT,RELRAP,
REACVOL,ECORH,CORVOL
COMMON/ CONT/ CONTL,CHXS(15),AVQV(30),UFAC
COMMON /DFAR/ FISSCH(15),REG(15)
COMMON /NOF/ NOFR(4),NZROD(30),NREAL
COMMON /TIN /TINLET,STEP,GC,GU,PI,FS,AF,GAC,AUP,ADOWN,H1
COMMON /RE/ REYN
COMMON /TM/ TOUTMED,FLOWR,FCOOL,DEQUI(10),G,FDEQ,THTEMP
*-----
AUXT1=2.*CORH*1.E-2
EQ= 4.*AF*CORH*1.E-2/FS
REYN=WDS(TTM)*UUV*EQ/DVISC(TTM)
FACF=64./REYN
FTER=GAC*CORH*(WDS(TT1)-ROMED)*1.E-2/(AUXT1*ROMED)
THT=(CORH*(1.E-2)*FACF/(2.*EQ) + PSI/2.)/AUXT1
RETURN
END
*****
SUBROUTINE FIFEQ(EH,COLH,TT3,TTO,UUV,FTER,STER)
COMMON /ORDAT/ SXSMR(2,2,30),DIFOR(2,30),RPI(5,10),
1 RNIOR(30,2),SNIOR(2,30),ZR(30),OZR(30)
COMMON/PN/ TC(190),TM(190),T1(190),T2(190),UV(190),TO(190),
+ T3(190)
COMMON /SORDAT/ NZ,NIP(5),MTP
COMMON/RSRDAT/CORR,RR,CORH,RH,PTHERM,FACMULT,RELRAP,
REACVOL,ECORH ,CORVOL
COMMON/ CONT/ CONTL,CHXS(15),AVQV(30),UFAC
COMMON /DFAR/ FISSCH(15),REG(15)
COMMON /NOF/ NOFR(4),NZROD(30),NREAL
COMMON /TIN /TINLET,STEP,GC,GU,PI,FS,AF,GAC,AUP,ADOWN,H1
COMMON /QZ/ QZERO
*-----
SUR=EH*2.*PI*ZR(NZ)*1.E-2
VOL=SUR*ZR(NZ)*1.E-2/2.
QZERO=COLH*SUR*(TT3-TTO)
G3=VOL*WDS(TT3)
FTER=UUV*AUP/G3
STER=QZERO/(G3*CIPI(TT3))
RETURN
END
*****
FUNCTION SIXEQ(COLH,TT3,TTO,TT1,G0)
COMMON/PN/ TC(190),TM(190),T1(190),T2(190),UV(190),TO(190),
+ T3(190)
COMMON /ORDAT/ SXSMR(2,2,30),DIFOR(2,30),RPI(5,10),RNIOR(30,2),
+ SNIOR(2,30),ZR(30),OZR(30)
COMMON /SORDAT/ NZ,NIP(5),MTP
COMMON/RSRDAT/CORR,RR,CORH,RH,PTHERM,FACMULT,RELRAP,

```

```

REACVOL, ECORH , CORVOL
COMMON/ CONT/ CONTL, CHXS (15), AVQV (30), UFAC
COMMON /DFAR/ FISSCH (15), REG (15)
COMMON /NOF/ NOFR (4), NZROD (30), NREAL
COMMON /TIN /TINLET, STEP, GC, GU, PI, FS, AF, GAC, AUP, ADOWN, H1
COMMON /QZ/ QZERO
*-----
SUR= (CORH+2.*H1)*2.*PI*ZR (NZ)*1.E-4
Q4=COLH*SUR* (TT1-TTO)
SIXEQ= (QZERO+Q4)/ (G0*CIPI (TTO))
RETURN
END
*****
FUNCTION SEVEQ (TT1, COLH, TTM, UUV, Q4, TT3)
COMMON/PN/ TC (190), TM (190), T1 (190), T2 (190), UV (190), TO (190),
+ T3 (190)
COMMON /SORDAT/ NZ, NIP (5), MTP
COMMON/RSRDAT/CORR, RR, CORH, RH, P THERM, FACMULT, RELRAP,
REACVOL, ECORH, CORVOL
COMMON/ CONT/ CONTL, CHXS (15), AVQV (30), UFAC
COMMON /DFAR/ FISSCH (15), REG (15)
COMMON /NOF/ NOFR (4), NZROD (30), NREAL
COMMON /TIN /TINLET, STEP, GC, GU, PI, FS, AF, GAC, AUP, ADOWN, H1
COMMON /ORDAT/ SXSMR (2, 2, 30), DIFOR (2, 30), RPI (5, 10), RNIOR (30, 2),
+ SNIOR (2, 30), ZR (30), OZR (30)
*-----
SUR= (CORH+H1)*2.*PI*ZR (NZ-1)*1.E-4
VOL=PI*CORH* (ZR (NZ)**2-ZR (NZ-1)**2)*1.E-6
G4=WDS (TT1)*VOL
QB=COLH*SUR* (TTM-TT1)
FTER=ADOWN*UUV/G4
STER= (QB-Q4)/ (G4*CIPI (TT1))
THT=WDS (TT3)*TT3
FOTER=WDS (TT1)*TT1
SEVEQ= (FTER* (THT-FOTER)+STER)
RETURN
END
*****

```

3- المعطيات النظرية الصينية:

و هذه يستطيع الكود إظهارها و مقارنتها بالقيم المحسوبة عن طريق البرنامج التالي:

```

SUBROUTINE EXD (NQTR, NCOMP)
INCLUDE 'FGRAPH.FD'
COMMON/XEXX/ XL (71), Y1 (114), Y2 (174), Y3 (138), XD (30), YD (180),
+ MNE (3), FXNF (3)
CHARACTER STAR*8 , OPT (5)*60, YCR (5)*70, QY (6)*8
INTEGER*2 newx, newy, status
RECORD /XYCOORD/ XY
COMMON /NEX/ NEXO, NSELECT, NSYR
COMMON /TIN /TINLET, STEP, GC, GU, PI, FS, AF, GAC, AUP, ADOWN
COMMON /COND/ CONDIN (3)
COMMON /XMOH/ XFAC, YFAC, YIND, XNC, YNC
COMMON /XGH/ XGMAX, YGMAX, YCORF (3), ELVY (3), XGEXT, YGEXT
COMMON/PN/ TC (190), TM (190), T1 (190), T2 (190), UV (190), TO (190),
+ T3 (190)
COMMON/RSRDAT/CORR, RR, CORH, RH, P THERM, FACMULT, RELRAP, REACVOL
, ECORH , CORVOL
COMMON /SORDAT/ NZ, NIP (5), MTP
COMMON /xmat/ XLOC (300), YLOC (3, 125)
DATA XL/0., 10., 15., 20., 25., 30., 35., 40., 45., 50., 55., 60., 65., 70.
+ , 80., 90., 100., 110., 127., 0., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12.
+ , 13., 14., 15., 20., 25., 30., 35., 40., 45., 50., 60., 70., 80., 90., 100.,
+ 110.
+ , 129., 0., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 13., 16., 20., 25., 30., 34.,

```

```

+39.,45.,55.
+,70.,90.,110.,135./
DATA ELVY /0.,50.,200./
DATA YCR /'Water temperature variation at core inlet (T1(t))',
+ 'Temperature difference variation between core inlet and
outlet(T
+2-T1)', 'Water velocity variation in core (U(mm/s))', 'Outlet
water
+temperature variation(T2(t))', 'Pool temperature variation
TO(t))' /
DATA FXNF/1.417,1.395,1.333/
DATA MNE /19,29,23/
DATA YCORF /33.56687947,19.87482,11.94606/
DATA QY /'QU=5 kW', 'QU=10 kW', 'QU=15 kW', 'QU=20 kW', 'QU=25 kW',
+ 'QU=30 kW' /
*
*-----*
DATA Y1 /0. ,5. ,9. ,12.,15.,17.5,20.,22.,24.5,26.,27.5,29.0
*Y5
+ ,30., 31.5,34.,35.,37.,38.,40.,
*Y10
+ 0. ,10.,17.,23.,28.,32.5,37.,40. ,43.5,46.,49.,51.,53.
+ ,55.,58.,60.,62.,64.,66.,
*Y15
+ 0.,15. ,25.,33. ,40.,46.5,52.,57.,61.,64.5,67.,70.,73.
+ ,75.,78.5,81. ,83.,85.,88.,
*Y20
+ 0.,20,32,43,52,60,66.5,72,78,81,85,88,90.5,93,97,100,102
+,104,107.,
*y25
+ 0.,25,40,53,63,72,80,87,92.5,97.,101,104,107,109,114,117
+ ,120,122,125.,
* y30
+ 0.,29,47,62,74,84,92.5,99,106,111,116,120,122,125.,
+129,133,136,138,142./
* y35/
DATA Y2 /0.,15.,30.,40.,49.,51.,51.,51.,51.,51.,51.,51.,
+51.,51.,51.,50.5,50.5,50.5,50.,50.,50.,50.,50.,50.,49.5,49.,50.,
+50.,
* dATA y40/
+ 0.,33.,65,74,78,79.5,79,79,79.,78.6,78.6,78.5,78.5,
+
78.5,78.5,77.5,77.5,77.5,77,77,76.5,76.5,76,76,76,75.5,75.5,76.,
*y45 /
+0.,33.,85.,95.,100.,101.5,101.5,101.5,101.5,101.5,101.2,
+101.2,101.2,101.2,101.,101.,100.5,99.5,99.,98.5,98.,97.6,97.,96.5,
+96.,96.,96.,96.,96.5,
*DATA y50/
+0.,33,105,115,120,122.5,122.5,122.2,122.2,122,121.5,
+ 121.5,121,121,121,120,119,118,118,117.5,117,116.5,116,115,115
+,115,115.5,114.5,114.5,
*DATA y55/
+ 0.,33.,105.,135.,140.,141.,141.3,141.,140.2,140.2,140.,140.,
+ 139.5,139.2,139.,137.5,136.5,135.,134.5,133.5,133.,132.2,132.,
+132.,131.5,130.5,130.,130.,130.,
*DATA y60/
+ 0.,33,105,150,156,158,157,156.1,156,155.4,155,155.,154.5,
+ 154,153.5,152,151,149.5,149,148,147,147,146,146,145.5,145.5,
+145,145,145./
*=====
*DATA y65/
DATA Y3/0.,36.5,62.,63.,63.,63.5,63.5,63.5,63.5,63.5,63.5,
+63.5,63.5,63.5,63.5,64.,64.5, 64.5,64.5,65.,65.,65.,
*DATA y70/
+ 0.,36.5,75,79,79.5,80,80.5,80.5,80.5,80.9,81,81,81.5,
+81.5,81.5,82,82.5,83,83,84,84,84.5,85 ,

```

```

*DATA y75/
+ 0,36.5,75,92,92.5,93,93.5,93.9,94,94,94,94.5,95,95,
+ 96,96.5,97,97.5,98,98,99,99.5,100.,
*DATA y80/
+0.,36.5,75,92,103,103.5,104,104,104,104,105,105.5,106,
+ 107,107.5,108,108.5,109.5,110,111,111.5,112,112.5 ,
*DATA y85/
+0.,36.5,75,92,111.5,112,112.5,113,113.,113.5 ,114,115,
+ 116,117,118,119,119.5,120.5,121,122, 122.5,123,124.,
*DATA y90/
+ 0.,36.5,75.,92.,119.,120.,121.,121.5,122.,122.,123.,124.,
+ 125.5,126.5,127.,128.,129.,130.,130.5,131.5,132.5,133.,133./

```

-----*

```

---
      IF(NCOMP.EQ.0. OR. NCOMP.EQ.1) THEN
      INDG=0
      STEP=1.
      IF(NQTR.GT.0) THEN
      NSELECT=NQTR
      GOTO 60
      ENDIF
50    OPT(3)='3 = Water velocity source variation in the core'
      OPT(1)='1 = Inlet temperature variation in the core'
      OPT(2)='2 = Temperature difference between core inlet and
outlet'
      OPT(4)='other keys= Exit'
      CALL WRT(1,'What do you want to plot?',4,OPT,1,0,14)
55    READ(*,*) NSELECT
60    NEXO=NSELECT
      NEWQ=0
      DO 75 K=1,NSELECT-1
      NEWQ=NEWQ+MNE(K)
75    CONTINUE
      NYOR=6*MNE(NSELECT)
      NXOR=MNE(NSELECT)
*
      DO 100 J=1,NXOR
      XD(J)=XL(NEWQ+J)*FXNF(NSELECT)
100   CONTINUE
*
      DO 200 J=1,NYOR
      IF(NSELECT.EQ.1) THEN
      YD(J)=Y1(J)*FXNF(NSELECT)
      GOTO 200
      ELSEIF(NSELECT.EQ.2) THEN
      YD(J)=Y2(J)*FXNF(NSELECT)
      GOTO 200
      ELSEIF(NSELECT.EQ.3) THEN
      YD(J)=Y3(J)*FXNF(NSELECT)
      GOTO 200
      ENDIF
200   CONTINUE
      GOTO 220
      ELSEIF(NCOMP.EQ.2) THEN
      CALL EXMNSR(NQTR)
      GOTO 220
      ENDIF

220   IF(NCOMP.EQ.1) THEN
      CALL DMAXR(YD,YEXT,YMAX,NYOR)
      CALL DMAXR(XD,XEXT,XMAX,NXOR)
      GOTO 240
      ELSEIF(NCOMP.EQ.2) THEN
      CALL DMAXR(YD,YEXT,YMAX,135)
      CALL DMAXR(Y2,XEXT,XMAX,135)
      GOTO 240
      ENDIF

```

```

240  XGMAX=XMAX
      YGMAX=YMAX
      XGEXT=XEXT
      YGEXET=YEXT
      XFAC=800./XMAX
      YFAC=800./YMAX
      IF(NCOMP.EQ.1) THEN
        DO 300 I=1,30
          XD(I)=XD(I)*XFAC
300   CONTINUE
        DO 400 I=1,NYOR
          YD(I)=YD(I)*YFAC
400   CONTINUE
        GOTO 430
      ELSEIF(NCOMP.EQ.2) THEN
        DO 420 I=1,135
          Y2(I)=Y2(I)*XFAC
          YD(I)=YD(I)*YFAC
420   CONTINUE
        GOTO 430
      ENDIF
430   CALL GRAPHICSMODE
      CALL STCOLOR(2)
      IF(NCOMP.EQ.1) THEN
        CALL AXES(MNE(NSELECT),NSG,NFX,NTR)
        GOTO 450
      ELSEIF(NCOMP.EQ.2) THEN
        NSYR=1.
        CALL AXES(135,NSG,NFX,NTR)
        GOTO 450
      ENDIF
450   call setvieworg(newx(int2(70)),newy(int2(900)),xy)
=====
      IF(NCOMP.EQ.1) THEN
        DO 800 I=1,6
          NV=0
          NEWYV=(I-1)*NXOR
          IF((I.EQ.1) .AND. (NSELECT.EQ.1)) NEWYV=0
          DO 600 J=NEWYV+1,I*NXOR
            NV=NV+1
            STATUS=SETCOLOR(9)
            STATUS=RECTANGLE($Gfillinterior,NEWX(INT2(XD(NV)+3.)),
+- NEWY(INT2(YD(J)-3.)),NEWX(INT2(XD(NV)+3.))
+, -NEWY(INT2(YD(J)+3.)))
            IF(J.EQ.(NEWYV+1)) GOTO 600
            STATUS=SETCOLOR(12)
            CALL MOVETO(NEWX(int2(XD(NV-1))),-NEWY(INT2(YD(J-1))),XY)
            status=lineto(newx(int2(INT(XD(NV)))),-newy(int2(YD(J))))
*           READ(*,*)
600   CONTINUE
        CALL MOVETO(NEWX(int2(400)),-NEWY(INT2(150.+ELVY(NSELECT)+
+ I*100)),XY)
        CALL OUTGTEXT(QY(I))
800   CONTINUE
*
      ELSEIF(NCOMP.EQ.2) THEN
*
*Comparison with Syrian data
*
        STATUS=SETCOLOR(4)
        DO 820 J=1,135
          STATUS=RECTANGLE($Gfillinterior,NEWX(INT2(Y2(J)+3.)),
+- NEWY(INT2(YD(J)-3.)),NEWX(INT2(Y2(J)+3.))
+, -NEWY(INT2(YD(J)+3.)))
          IF(J.EQ.1) GOTO 820
*         CALL MOVETO(NEWX(int2(Y2(J-1))),-NEWY(INT2(YD(J-1))),XY)
*         status=lineto(newx(int2(INT(Y2(J)))),-newy(int2(YD(J))))

```

```

820  CONTINUE
      STATUS=RECTANGLE($Gfillinterior,NEWX(INT2(490.-3.)),
+- NEWY(INT2(850.-3.)),NEWX(INT2(490.+3.))
+, -NEWY(INT2(850.+3.)))
      CALL MOVETO(NEWX(int2(500.)), -NEWY(INT2(870.)),XY)
      CALL OUTGTEXT('Experimental distribution')
      ENDIF
      CALL MOVETO(NEWX(int2(130)),NEWY(INT2(40)),XY)
      CALL OUTGTEXT(YCR(NQTR))

```

```

* computed temperatures and quantities
*

```

```

      IF(NCOMP.EQ.2) MTP=135
      DO 1000 KH=1,MTP
      XLOC(KH)=KH
      IF(KH.LE.120) THEN
        IF(NQTR.EQ.1) THEN
          YLOC(1,KH) =T1(KH)
          GOTO 1000
        ELSEIF(NQTR.EQ.2) THEN
          YLOC(1,KH) =T2(KH)-T1(KH)
          GOTO 1000
        ELSEIF(NQTR.EQ.3) THEN
          YLOC(1,KH) =UV(KH)
        ELSEIF(NQTR.EQ.4) THEN
          YLOC(1,KH) =T2(KH)
        ELSEIF(NQTR.EQ.5) THEN
          YLOC(1,KH) =TO(KH)

```

```

*
      GOTO 1000
      ENDIF
      ELSEIF(KH.GT.120) THEN
        IF(NQTR.EQ.1) THEN
          YLOC(2,KH-120) =T1(KH)
          GOTO 1000
        ELSEIF(NQTR.EQ.2) THEN
          YLOC(2,KH-120) =T2(KH)-T1(KH)
          GOTO 1000
        ELSEIF(NQTR.EQ.3) THEN
          YLOC(2,KH-120) =UV(KH)
        ELSEIF(NQTR.EQ.4) THEN
          YLOC(2,KH-120) =T2(KH)
        ELSEIF(NQTR.EQ.5) THEN
          YLOC(2,KH-120) =TO(KH)

```

```

*
      GOTO 1000
      ENDIF
      ENDIF

```

```

1000 CONTINUE

```

```

      IF(NCOMP.EQ.2) GOTO 1100
901  FORMAT(A1)
      RELF=800./(YCORF(NSELECT)-CONDIN(NSELECT))
      IF(NSELECT.EQ.3) RELF=RELF*1000.

```

```

1100 DO 1220 I=1,MTP
      XLOC(I)=XLOC(I)*XFAC
      IF(I.LE.120) THEN
        if(ncomp.eq.1) then
          YLOC(1,I)=(YLOC(1,I)-CONDIN(NSELECT))*RELF
          GOTO 1220
        elseif(ncomp.eq.2) then
          YLOC(1,I)=YLOC(1,I)*yfac
          GOTO 1220
        endif
      ELSEIF(I.GT.120) THEN

```



```

        if(ncomp.eq.1) then
        YLOC(2,I-120)=(YLOC(2,I-120)-CONDIN(NSELECT))*RELF
        GOTO 1220
        elseif(ncomp.eq.2) then
        YLOC(2,I-120)=YLOC(2,I-120)*yfac
        GOTO 1220
        endif
        ENDIF
1220  CONTINUE

1250  STATUS=SETCOLOR(2)

        DO 1440 I=1,MTP
        IF(NCOMP.EQ.1) THEN
        YN1=YLOC(1,I)-YLOC(1,1)
        YN2=YLOC(2,I-120)-YLOC(1,1)
        GOTO 1300
        ELSEIF(NCOMP.EQ.2) THEN
        YN1=YLOC(1,I)
        YN2=YLOC(2,I-120)
        GOTO 1300
        ENDIF
1300  IF(I.LE.120) THEN
        STATUS=RECTANGLE($Gfillinterior,NEWX(INT2(XLOC(I)-3.)),
        +- NEWY(INT2(YN1-3.)),NEWX(INT2(XLOC(I)+3.)),
        NEWY(INT2(YN1+3.)))
        GOTO 1440
        ELSEIF(I.GT.120) THEN
        STATUS=RECTANGLE($Gfillinterior,NEWX(INT2(XLOC(I)-3.)),
        +- NEWY(INT2(YN2-3.)),NEWX(INT2(XLOC(I)+3.)),
        NEWY(INT2(YN2+3.)))
        GOTO 1440
        ENDIF
1440  CONTINUE
*      ENDIF
        STATUS=RECTANGLE($Gfillinterior,NEWX(INT2(490.-3.)),
        +- NEWY(INT2(880.-3.)),NEWX(INT2(490.+3.))
        +,-NEWY(INT2(880.+3.)))
        CALL MOVETO(NEWX(int2(500.)),-NEWY(INT2(900.)),XY)
        CALL OUTGTEXT('Computed distribution')

        CALL MOVETO(NEWX(int2(200.)),-NEWY(INT2(850.)),XY)
        WRITE(STAR,'(I2)') INT(PTHERM)
        CALL OUTGTEXT('QU='//STAR//'kW')
1500  READ(*,*)
        RETURN

```

-4 المعطيات التجريبية السورية:

و هذه يستطيع الكود إظهارها و مقارنتها بالقيم المحسوبة عن طريق البرنامج الجزئي التالي:

```

SUBROUTINE EXMNSR (NTT)
dimension tim(142),TEIN(142),TEUT(142),TEPOL(142)
COMMON/XEXX/ XL(71),Y1(114),Y2(174),Y3(138),XD(30),YD(180),
+ MNE(3),FXNF(3)

```

```

-----
DATA TIM/0.,1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.,8.,9.,10.,11.,12.,
+13.,14.,15.,16.,17.,18.,19.,20.,21.,22.,23.,24.,25.,26.,27.,
+28.,29.,30.,31.,32.,33.,34.,35.,36.,37.,38.,39.,40.,41.,42.,
+43.,44.,45.,46.,47.,48.,49.,50.,51.,52.,53.,54.,55.,56.,57.,
+58.,59.,60.,61.,62.,63.,64.,65.,66.,67.,68.,69.,70.,71.,72.,
+73.,74.,75.,76.,77.,78.,79.,80.,81.,82.,83.,84.,85.,86.,87.,
+88.,89.,90.,91.,92.,93.,94.,95.,96.,97.,98.,99.,100.,101.,102.,
+103.,104.,105.,106.,107.,108.,109.,110.,111.,112.,113.,114.,115.,
+116.,117.,118.,119.,120.,121.,122.,123.,124.,125.,126.,127.,128.,
+129.,130.,131.,132.,133.,134.,135.,136.,137.,138.,139.,140.,141./
*

```

DATA TEIN /24.13,24.16,24.02,24.18,26.69,27.13,26.46,26.8,
+6.81,26.99,27.28,27.39,27.66,27.78,28.,28.12,28.15,28.71,28.84,
+29.19,29.52,29.74,29.25,29.78,29.88,30.21,30.62,30.7,30.69,31.01,
31.02,31.06,31.18,30.91,31.2,31.64,31.6,32.14,31.93,31.71,32.47,
+32.39,32.81,32.63,33.02,32.87,32.55,32.99,32.56,32.56,32.88,33.38,
+33.47,33.34,33.72,33.66,33.46,33.71,34.19,33.66,34.07,34.03,34.11,
+34.49,33.79,34.05,33.94,34.83,34.67,34.3,34.75,34.82,34.41,34.52,
+35.21,34.63,34.89,35.28,34.71,35.08,35.02,34.9,35.11,35.77,35.75,
+35.68,35.29,35.7,34.9,35.42,36.02,35.84,35.79,35.23,35.44,35.58,
+35.51,35.36,35.35,35.84,36.13,36.14,35.9,36.34,35.98,35.96,36.44,
+35.85,35.92,36.27,36.19,36.5,35.81,36.37,36.32,36.32,36.28,36.13,
+36.13,36.44,36.08,36.53,36.81,35.92,36.81,36.74,36.51,37.02,36.49,
+36.6,36.87,36.48,36.64,36.72,36.78,36.64,36.79,36.4,36.23,35.77
+,35.48,35.22 /

DATA TEUT/24.43,24.41,24.8,25.08,45.6,45.98,45.98,46.4,
+46.78,+46.61,46.8,46.95,47.23,47.43,47.38,47.41,47.55,47.81,48.,
+47.92,47.95,48.1,48.73,48.8,48.84,49.08,49.25,49.26,49.56,
+49.56,49.38,49.42,49.57,49.74,49.86,50.1,50.3,50.48,50.37,50.3,
+50.7,50.26,50.87,50.95,51.15,51.2,51.2,51.38,51.52,51.42,51.41,
+51.74,51.56,51.61,51.8,51.36,51.97,52.15,52.3,52.24,52.,52.1,
+52.4,52.45,52.63,52.72,52.63,52.5,52.56,52.81,52.71,52.87,53.18,
+53.18,53.24,52.99,53.,52.85,53.13,53.3,53.21,53.44,53.56,53.76,
+53.42,53.45,52.79,53.75,53.66,53.63,53.83,53.74,53.7,54.09,54.25,
+53.88,53.99,54.02,53.97,54.02,54.01,54.22,54.28,54.22,54.17,
+54.35,54.25,54.36,54.35,54.37,54.44,54.22,54.51,54.5,54.61,54.74
+,54.35,54.46,54.86,54.43,54.64,54.7,54.42,54.72,54.7,54.74,54.75
+,54.81,54.91,54.97,54.88,54.93,54.96,54.93,55.02,48.9,42.26,
+40.33,39.27,38.39,37.82,37.38/

DATA TEPOL/24.45,24.39,24.35,24.38,23.92,23.91,23.92,23.92,
+23.87,23.84,23.82,23.85,23.8,23.82,23.87,23.84,23.86,23.85,23.85,
+23.86,23.83,23.84,23.85,23.85,23.87,23.9,23.86,23.85,23.89,23.89,
+23.9,23.92,23.96,23.97,24.0,23.98,23.99,24.04,24.06,24.07,24.05,
+24.06,24.07,24.1,24.07,24.12,24.14,24.1,24.19,24.17,24.21,24.21,
+24.22,24.24,24.28,24.28,24.27,24.31,24.3,24.33,24.33,24.32,
+24.37,24.37,24.37,24.39,24.45,24.43,24.45,24.46,24.44,24.45,
+24.5,24.52,24.52,24.55,24.54,24.54,24.57,24.59,24.59,24.6,24.6,
+24.6,24.59,24.68,24.73,24.66,24.68,24.71,24.72,24.72,24.74,24.74,
+24.74,24.74,24.76,24.82,24.81,24.81,24.79,24.85,24.88,24.83,
+24.86,24.89,24.91,24.92,24.95,24.95,24.96,24.96,24.98,24.99,
+24.96,24.96,25.01,25.06,25.05,25.06,25.11,25.11,25.12,25.15,
+25.17,25.19,25.19,25.16,25.23,25.22,25.26,25.2,25.29,25.27,
+25.27,25.49,25.67,25.74,25.79,25.8,25.84,25.87/

```

-----
DO 100 I=1,135
  Y2(I)=TIM(I)
  IF(NTT.EQ.1) THEN
    YD(I)=TEIN(I)
    GOTO 100
  ELSEIF(NTT.EQ.2) THEN
    YD(I)=TEUT(I)-TEIN(I)
    GOTO 100
  ELSEIF(NTT.EQ.4) THEN
    YD(I)=TEUT(I)
    GOTO 100
  ELSEIF(NTT.EQ.5) THEN
    YD(I)=TEPOL(I)
    GOTO 100
  ENDIF
100 CONTINUE
  RETURN
  END

```

.....

FUNCTION PPSI(NM)

```

COMMON /NR/ NRZ (10), NDESC (8, 15), NREG, NFISS, NFE (15)
COMMON /SORDAT/ NZ, NIP (5), MTP
COMMON /XMN/ NRDZ (30), NRDSEQ (150), NRDZT (150), NBACK (30),
+ELD (10, 14), NNED (10, 15), DENS (10, 25), ADEN (10), ELDENS (8, 15), ZDENS
+ (5, 12), RODD (10, 8), RZXS (31, 10), ELSD (10, 12)
COMMON /ORDAT/ SXSMR (2, 2, 30), DIFOR (2, 30), RPI (5, 10), RNIOR (30, 2),
+ SNIOR (2, 30), ZR (30), OZR (30)
COMMON /TIN /TINLET, STEP, GC, GU, PI, FS, AF, GAC, AUP, ADOWN, H1
COMMON /NOF/ NOFR (4), NZROD (30), NREAL
*-----
SUM=0.
ZF= (4./2.75)
ZF2= (6./2.75)
DO 50 I=2, NZ-2
SUM=SUM+ (OZR (I) -OZR (I-1))
50 CONTINUE
PCH=SUM*10./ (NZ-3)
XLF= (1.4/10.95)*PCH
AR2=PCH**2- (PI*DENS (1, 2*NRZ (1))**2)*100.
AR1= (PCH-2.*XLF)**2-PI*(ZF2*DENS (1, 2*NRZ (1))**2
FK= (AR1/AR2-1.)**2+ (AR2/AR1-1.)**2
SUM=0.
SXL=0.
* total lengths of the circles
DO 70 KJ=3, NZ-2
SUM=SUM+2.*PI*OZR (KJ)*10.
70 CONTINUE
NTO=0
* the total no. of rods
DO 80 K=1, 4
NTO=NTO+NOFR (K)
80 CONTINUE
*
* Total thicknesses to be diminished from the total radii length
DISTO=NTO*XLF
NNCH=INT ((SUM-DISTO)/PCH)
IF (NM.EQ.1) THEN
PPSI= NNCH*FK
GOTO 100
ELSEIF (NM.EQ.2) THEN
PPSI= PCH
GOTO 100
ELSEIF (NM.EQ.3) THEN
PPSI= PCH
GOTO 100
ENDIF
100 RETURN
END

```