



Development of Multiphase Flow Thermal-Hydraulics Models for Nuclear Reactor Fuel Assemblies

Recent advances in mathematical modeling and computer technology have combined to produce a fundamental change in the field of multiphase fluid flow problems with increased interest in industrial processes. Until recently, the primary interest of mathematical and numerical tools related to multiphase flows is to simply provide user-friendly and user-extensible mathematical and numerical framework for such applications. Specifically, within the energy industry such as nuclear reactor fuel assemblies which include phase transition or non-equilibrium phenomenon. We aim to propose and establish the new multi-disciplinary investigation into the understanding of multiphase flows of open framework nuclear reactor fuel assemblies yet attempted. It is believed that the results from this study will mark a key leap forward into our understanding of modeling aspects and our ability to develop our understanding to produce new models with unique properties and application within nuclear reactor fuel assemblies. In the literature, several models have been developed to investigate multiphase flows within nuclear reactor fuel assemblies. The majority of these models have been aimed mainly at either (i) the discovery of new multiphase flow structures, (ii) modification or improvement of existing multiphase flow models or (iii) process development to enable such models to be produced successfully on nuclear reactor fuel assemblies. The effort so far on multiphase flows within nuclear reactor fuel assemblies has many successful results but also many unanswered questions, for example: (i) the detailed mechanism of non-equilibrium phenomena (ii) the identity of multiphase flow regimes and (iii) whether the relative velocity between phases occurs by additional equation or relaxation. The present research is focused on the application of the theory of thermodynamically compatible systems of hyperbolic conservation laws to the development of models of multiphase flows comprising: hyperbolicity and conservativity characters, phase interaction and transition, non-equilibrium phenomenon within nuclear reactor fuel assemblies. A significantly better understanding of multiphase flow thermal-hydraulics models for nuclear reactor fuel assemblies is likely to give important economic benefits, for example, better electrical power production, increased efficiency in power converters and transformer, improved reproducibility and the capacity to modify or tailor products for specific applications. Maybe most important of all would be the ability to develop models to as-yet unknown structures and compositions which have been predicted on theoretical basis to have beneficial characteristics. Such a step forward to a new level of primary understanding would open the way to innovative applications in applied and computational mathematics, multiphase flows and nuclear industry.

مع زيادة الاهتمام في العمليات الصناعية تصافرت التطورات الحديثة في مجال النمذجة الرياضية وتكنولوجيا الحاسوب لتنتج تغييرا جوهريا في مجال مشاكل تدفق السائل متعدد المراحل. حتى هذا الوقت ، فإن الفائدة الرئيسية للأدوات الرياضية والعديد المتعلقة بالتدفقات متعددة المراحل هي ببساطة توفير إطار رياضي و عددي سهل الاستعمال واستخدام الطرق الرياضية و العديده لمثل هذه التطبيقات. على وجه الخصوص في قطاع الطاقة، كتجمعات وقود المفاعل النووي التي تتضمن مرحلة انتقالية أو ظاهرة عدم التوازن.



على وجه التحديد، نهدف إلى اقتراح وإنشاء بحث جديد متعدد التخصصات في قطاع الطاقة كتجمعات وقود المفاعل النووي التي تتضمن مرحلة انتقالية أو ظاهرة عدم التوازن لمحاولة فهم التدفقات متعددة المراحل في إطار أوسع و اشمل. ويعتقد أن نتائج هذه الدراسة ستمثل نقلة رئيسية إلى الأمام في فهمنا لجوانب النمذجة وقدرتنا على تطوير فهمنا لإنتاج نماذج وتطبيقات جديدة ذات صائص فريدة في مركبات وقود المفاعل النووي، وقد وضعت عدة نماذج لتحقيق تدفق متعدد المراحل في مركبات وقود المفاعل النووي. ومن الاهداف الأساسية لهذه النماذج ما يلي:

- (1) اكتشاف هياكل تدفق متعدد المراحل جديدة،
- (2) تطوير و تحسين نماذج تدفق متعدد المراحل الحالية أو
- (3) تطوير العملية لتمكين إنتاج هذه النماذج بنجاح في مركبات وقود المفاعل النووي.

الجهود البحثية على التدفقات متعددة المراحل في مركبات وقود مفاعلات النووية لديها العديد من النتائج الناجحة ولكن لديها الكثير من علامات الاستفهام، على سبيل المثال: (1) الآلية التفصيلية لظواهر عدم التوازن (2) هوية نظم التدفق المتعدد المراحل و (3) إذا كانت السرعة النسبية التي تحدث بين المراحل بمعادلة إضافية أو استر اء.

ويركز هذا البحث على تطبيق نظرية النظم المتوافقة مع الديناميكا الحرارية من قوانين الحفظ القطعي لتطوير نماذج للتدفقات المتعددة المراحل التي تضم: صائص قوانين مقاومة التغيير و صائص قوانين القطع الزائد المحافظه، ظاهرة التفاعل والتحول، ظاهرة عدم التوازن في مركبات وقود المفاعل النووي.

ومن المرجح أن يضيف هذا البحث فهماً جيداً للتدفق متعدد المراحل في النماذج الحرارية الهيدروليكية لمركبات وقود المفاعل النووي و فوائد اقتصادية مهمة كإنتاج أفضل للطاقة الكهربائية، وزيادة الكفاءة في محولات الطاقة، وتحسين الاستنساخ وقدرة التعديل على منتجات مصممة صيصاً لتطبيقات محددة. ربما الأهم من ذلك أن تكون القدرة على تطوير نماذج لهياكل وتراكيب غير معروفة والذي كان متوقفاً على الأساس النظري للحصول على صائص مفيدة كخطوة جديدة الى الامام من مستوى من الفهم الأساسي والذي سيفتح الطريق الى تطبيقات مبتكرة في الرياضيات التطبيقية والحاسوبية والتدفقات المتعددة المراحل والصناعات النووية.