

УДК 004.42:519.85

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «БОРТ-Т» ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО РАСЧЕТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. А. Болнов, А. В. Давыдов, В. Г. Демуров, М. В. Зотова, Р. В. Козлов, А. Г. Эзекоев

Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И. И. Африкантова,
Нижний Новгород

Описывается программный комплекс «Борт-Т», предназначенный для высокопроизводительных расчетов нормальных и аварийных режимов в двухконтурных ядерных энергетических установках с водо-водяными реакторами и проведения анализа устойчивости нейтронно-физических и теплогидравлических процессов в реакторе, расчета режимов с изменением пространственной ориентации объекта.

Ключевые слова: программная реализация, распараллеленный расчет, методика распараллеливания.

В настоящее время, для улучшения технических характеристик и снятия излишнего консерватизма при проектировании ЯЭУ, требуется повышение точности и глубины математического моделирования теплогидравлических и нейтронно-физических процессов (более детальная и подробная нодализация расчетной схемы, учет изменения пространственной ориентации объекта), что приводит к значительному усложнению и увеличению расчетной модели, а также значительному увеличению времени, требующемуся для проведения расчетов, особенно многовариантных.

Увеличение скорости расчета можно достичь за счет внедрения методики высокопроизводительных вычислений на многопроцессорных системах (кластерах).

В АО «ОКБМ Африкантов» разрабатывается программный комплекс (ПК) «Борт-Т», являющийся дальнейшим развитием и модернизацией аттестованного ПК «РАСНАР - 2.1», предназначенный для высокопроизводительных расчетов нормальных и аварийных режимов в двухконтурных ядерных энергетических установках с водо-водяными реакторами и проведения анализа устойчивости нейтронно-физических и теплогидравлических процессов в реакторе, расчета режимов с изменением пространственной ориентации объекта.

ПК «Борт-Т» построен по блочному принципу, включает управляющий программный блок, теплогидравлический блок, блок расчета активной зоны, блок кинетики, блок моделирования системы управления, блок моделирования электроэнергетической системы. Состав моделируемого оборудования включает все основные элементы и оборудование установок в объеме ЯЭУ – реакторной и паротурбинной установок, электроэнергетической системы и системы управления.

Разработана методика распараллеливания ПК «Борт-Т», выполнена программная реализация данной методики. Алгоритм распараллеливания реализован с использованием средств библиотеки передачи межпроцессорных сообщений, удовлетворяющих стандарту MPI и OpenMP, входящей в состав MPICH2 (свободно распространяемое бесплатное ПО).

Структурная схема ПК «Борт-Т» приведена на рис. 1. Управление расчетом осуществляется из головного модуля, откуда происходит вызов (в последовательном или параллельном режиме) расчетных модулей теплогидравлики, расчета активной зоны, теплотехнического канала, точечной кинетики, вызов блока для обмена данными с внешними программами, блоков сбора данных и синхронизации потоков, блока расчета нейтронной физики.

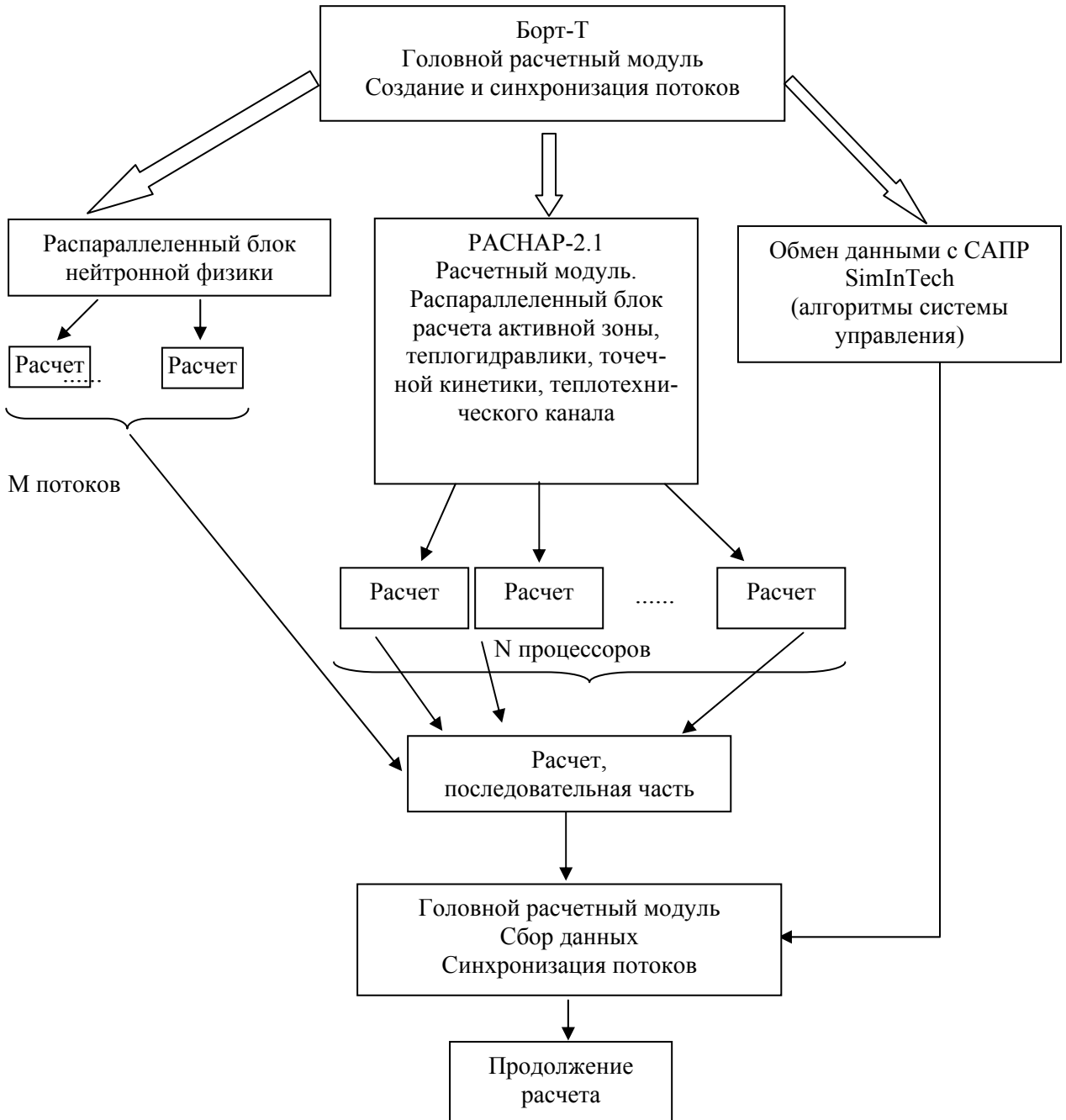


Рис. 1. Структурная схема ПК «Борт-Т»

Кроссплатформенная версия ПК «Борт-Т» позволяет проводить распараллеленный расчет на ПЭВМ под управлением ОС Windows, ОС Linux с расчетом на суперЭВМ.

Эффективность перехода к расчетам на многопроцессорных вычислительных системах продемонстрирована на тестовом примере полномасштабной модели РУ, количество моделируемого оборудования приведено в табл. 1, в табл. 2 приведены величины полученного ускорения процесса счета на различном числе процессоров.

Таблица 1

Моделируемое оборудование полномасштабной модели РУ

Перечень моделируемого оборудования	Количество
Расчетные каналы в активной зоне	183
Расчетные участки по высоте активной зоне	53
Теплотехнический канал: - расчетные участки по высоте твэл - расчетные слои по сечению твэл - расчетные ячейки	50 10 672
Расчетные узлы	393
Гидравлические связи	582
Расчетные участки в элементе типа «труба»	673
Регуляторы СУ	~ 40

Таблица 2

Ускорение процесса счета для различного числа процессоров

Число процессоров	Ускорение, отн. ед.
1	1
2	1,84
4	3,12
6	3,81
12	4,79

Реализованные возможности распараллеленных вычислений по ПК «Борт-Т» обеспечивают его применение для решения широкого круга задач, требующих больших затрат процессорного времени для проведения расчетного анализа режимов работы установки на ЕЦ, ПЦ с изменением пространственной ориентации объекта.

Применение распараллеленной версии ПК «Борт-Т» позволит ускорить выполнение расчетов для строящихся, модернизируемых и перспективных ЯЭУ, требующих использования подробных расчетных схем для детального описания конструкторских особенностей установок.

DEVELOPMENT OF «BORT-T» SOFTWARE FOR HIGH PERFORMANCE ANALYTICAL MODELING

V. A. Bolnov, A. V. Davydov, V. G. Demurov, M. V. Zotova, R. V. Kozlov, A. G. Ezekov

JCS «Africantov Design Bureau of Machine Building», Nizhny Novgorod

The program «Bort-T» appropriated for high-efficiency calculations normal and emergency operation in water- water reactor plants and carrying out stability analysis of the neutronic and thermal-hydraulic processes in a reactor, calculation of operating conditions with change of spatial orientation of object.

Keywords: software support, multiprocessor calculation, computational procedure.