

6. <http://www.t-platforms.ru/>
7. <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-many-core-testing-lab/>
8. E. S. Fomin, N. A. Alemasov, A. S. Chirtsov and A. E. Fomin. Biophysics. 2006, 51, No. 7, 110–113.
9. J.W. Ponder and D.A. Case. Adv. Prot. Chem. 2003, 66, 27–85.
10. Yao, Z.; Wang, J.-S.; Liu, G.-R.; Cheng, M. Comp. Phys. Comm. 2004, 161, 27–35.
11. Gonnet, P.J. Comp. Chem. 2007, 28(2), 570–573.
12. Meloni S. and Rosati M. J. Chem. Phys., 2007, 126, 121102.
13. L. Verlet, Phys. Rev. 159, 98 (1967); Phys. Rev. 165, 201 (1967).
14. Kahle J.A., Day M.N., Hofstee H.P., Johns C.R., Maeurer T.R., Shippy D. // IBM Journal of Research and Development. – 2005. – Vol. 49, No. 4/5. – P. 589–604.
15. Programmer's Guide to the IBM SDK for Multicore Acceleration. Vol. 3,0. IBM. 2009.
16. Fomin E., Alemasov N. Parallel computing technologies 2009 / Malyshkin V; Springer. LNCS, Vol. 5698. 2009. P. 399–405.

Д.А. Чарнцев, А.Н. Ефремов

ОАО «НПО «Искра»», г. Пермь

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ
НА КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ШУМОТЕПЛОЗАЩИТНОГО КОЖУХА
ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ**

В последнее время большую актуальность приобрели численные трехмерные газодинамические исследования проточных трактов газоперекачивающих агрегатов. Одним из наиболее сложных с точки зрения течения воздуха и распределения газодинамических характеристик является проточный тракт системы охлаждения газотурбинной установки (ГТУ), а именно про-

странство под шумотеплозащитным кожухом (КШТ), где располагается ГТУ. На рис. 1 представлена схема системы охлаждения ГТУ одного из газоперекачивающих агрегатов, разработанных НПО «Искра».

ГТУ размещается под КШТ с целью снижения шума на территории компрессорной станции. Кроме ГТУ под кожухом устанавливается датчиковая аппаратура (датчики систем газообнаружения, пожаротушения и др.), элементы которой имеют различную температуру эксплуатации. В результате вентиляции из-под КШТ выносится горячий воздух, и вследствие этого поддерживается приемлемый для датчиковой аппаратуры температурный режим. Главной проблемой при этом является существенно неравномерное распределение температур в пространстве под КШТ, там образуются зоны с высокотемпературным воздухом. В связи с этим важно знать поле температуры для правильного размещения датчиковой аппаратуры под КШТ.

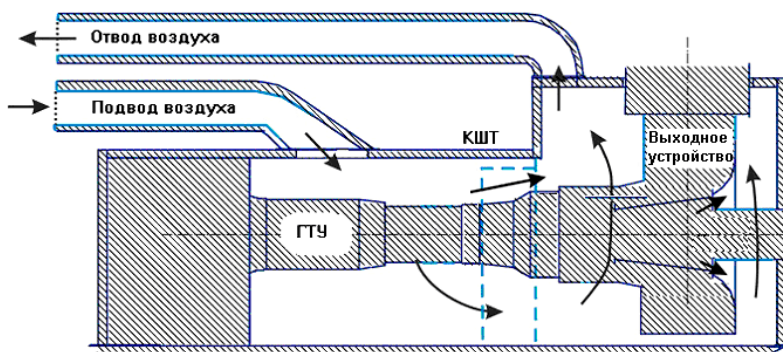


Рис. 1. Схема системы охлаждения ГТУ

Кроме того, при эксплуатации ГПА имеют место режимы работы с кратковременным (10–30 с) отключением системы охлаждения кожуха ГТУ при переключении вентиляторов на источник бесперебойного питания в случае несанкционированного отключения электроэнергии, а также при переходе с основного вентилятора на запасной при выходе вентилятора из строя. Прекращение подачи охлаждающего воздуха под кожух ГТУ при

продолжающем работать двигателе приводит к перестройке установившихся полей температуры и скорости и может повлечь существенное увеличение температуры воздуха в зонах установки аппаратуры. То есть возникает задача исследования эволюции полей газодинамических параметров с течением времени при остановке подачи воздуха под КШТ.

Для решения вышеперечисленных задач требуется трехмерное численное моделирование течения под КШТ. На кафедре ММСП ПГТУ для описания газодинамических процессов, происходящих под КШТ, была разработана математическая модель, основанная на системе уравнений Эйлера, а также программа для численного решения поставленных краевых задач газовой динамики. В качестве численного метода использовался метод крупных частиц Давыдова. Данный метод позволяет достаточно хорошо исследовать течения газа при сложной геометрии границ расчетной области в двух- и трехмерном случае. Для простоты использовалась явная конечноразностная схема. В качестве расчетной сетки использовалась однородная ортогональная сетка (рис. 2).

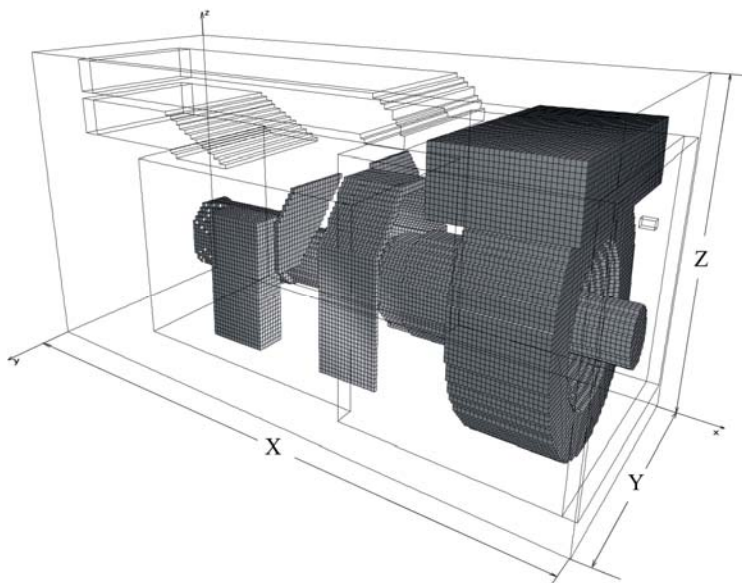


Рис. 2. Однородная ортогональная сетка

Использование такой сетки не позволяет описывать округлые поверхности так же хорошо, как в случае использования конечно-элементного триангуляционного разбиения. Однако этот недостаток можно компенсировать, с одной стороны, за счет уменьшения размеров сетки. С другой стороны, при исследовании течения воздуха под КШТ нет необходимости точно аппроксимировать округлую форму корпусов ГТУ, так как на поверхности ГТУ содержится много таких конструктивных элементов, как трубки, шланги, а также другое оборудование. Поэтому использование ортогональной сетки представляется вполне оправданным.

Нахождение полей скорости и температуры при номинальной работе системы охлаждения предусматривает стационарное решение задачи газовой динамики. Задача нахождения эволюции полей скорости и температуры при аварийном останове вентиляторов системы охлаждения ГТУ является нестационарной. Однако даже стационарное решение ищется путем установления нестационарных газодинамических процессов.

Расчетное время (время протекания газодинамических процессов), в течение которого поле температуры выходит на стационарный режим при номинальной работе системы охлаждения ГТУ, зависит от характера течения воздуха под КШТ. В среднем для конструкций систем охлаждения ГТУ, разрабатываемых ОАО НПО «Искра», время установления составляет около трех секунд. Однако некоторые конструкции требуют расчета в течение 10–12 секунд. Например, как показали расчеты, поле температуры для конструкции системы охлаждения, показанной на рис. 1, устанавливается к двенадцатой секунде. Эволюцию полей скорости и температуры при аварийном отключении вентиляторов системы охлаждения ГТУ необходимо просчитывать в течение минуты расчетного времени после остановки вентиляторов.

Вышеописанные расчеты требуют больших вычислительных ресурсов. Если учесть, что на этапе проектирования системы охлаждения ГТУ иногда требуется просчитать несколько вариантов конструкции, содержащих различные устройства для направления потоков воздуха, то поставленная задача является трудновыполнимой при решении ее на персональных компьютерах. При ограниченных вычислительных мощностях, с одной

стороны, приходится увеличивать размер ячеек расчетной сетки, что, в свою очередь, ведет к потере точности расчетов. С другой стороны, приходится сокращать количество рассматриваемых вариантов конструкций, что также приводит к потере качества проектирования системы охлаждения ГТУ.

Ранее на персональных компьютерах с помощью разработанной программы проводились расчеты для нескольких наиболее характерных конструкций системы охлаждения ГТУ. В результате этих расчетов были выявлены их сильные и слабые стороны с точки зрения равномерного обдува поверхности ГТУ. Также были проведены довольно приблизительные

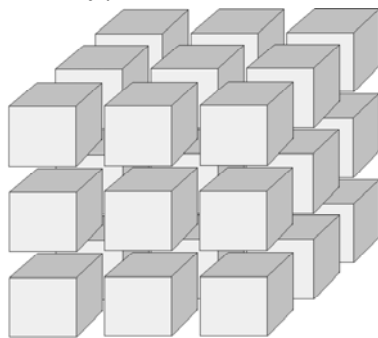


Рис. 3. Расчетная область

расчеты для случая аварийного отключения вентиляторов системы охлаждения ГТУ. Однако более глубокие исследования того, как можно доработать ту или иную конструкцию системы охлаждения ГТУ, были трудновыполнимы. Аналогичные трудности были и при выполнении более точных исследований аварийных режимов работы системы охлаждения.

Поэтому для решения вышеописанных задач актуальным стало использование высокопроизводительных кластерных систем. Распараллеливание вычислительного процесса при решении такого рода задач может в десятки раз сократить время расчетов и повысить их точность вследствие уменьшения размеров ячеек расчетной сетки. Использование конечноразностных явных схем и однородной ортогональной сетки делает процедуру распараллеливания алгоритма метода крупных частиц довольно простой. Вся расчетная область делится на подобласти, расчет каждой из которых передается одному процессору кластера (рис. 3).

Для каждой подобласти организуется обмен данными граничных слоев расчетных ячеек между ней и подобластями, непосредственно к ней прилегающими.

В соответствии с вышеизложенной процедурой распараллеливания была доработана программа трехмерного газодинамического расчета, модернизирован алгоритм метода крупных частиц, а именно в него был введен обмен данными между узлами кластера с помощью процедур MPI. В настоящее время с помощью модернизированной программы ведутся расчеты на кластере ПГТУ. Проводятся более точные расчеты различных конструкций систем охлаждения ГТУ с направляющими воздушный поток устройствами. Это позволяет оптимизировать процесс вентиляции пространства под КИШТ с целью обеспечения штатной работы датчиковой аппаратуры. Также проводятся расчеты полей температуры при аварийном выключении вентиляторов системы охлаждения для разных типов ГТУ.

Е.А. Шамов, С.С. Барышникова, Д.Н. Жариков, Д.С. Попов

Волгоградский государственный технический университет

**ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ
ДИНАМИКИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА КЛАСТЕРЕ
ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРНЫХ
УСТРОЙСТВ**

Моделирование динамики произвольных объектов является приоритетным направлением развития современной фундаментальной науки. Моделирование динамики объектов и процессов способствует генерации новых знаний, которые уже основаны на знаниях. Моделирование позволяет подтверждать или опровергать различные теории. Особенно важным фактором является то, что моделирование дает новые знания, позволяющие создавать инновационную продукцию. По данной причине наиболее развитые государства вкладывают огромные ресурсы в развитие данного направления и, что немаловажно, получают новые технологии и знания в целом, которые несут еще большую экономическую выгоду.

В мире существует огромное количество систем, позволяющих моделировать динамику различных объектов, однако