

П.В. Писарев, В.Я. Модорский

Пермский государственный технический университет

**ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОГО
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
КОНЕЧНОМЕРНОГО ЦИЛИНДРА, НАГРУЖЕННОГО
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ
НА МНОГПРОЦЕССОРНОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ**

В представленной работе моделируется взаимовлияние конструкции, представляющей собой тонкостенный цилиндр конечной длины, и потока жидкости. Материал конструкции – резина. Торцы цилиндра жестко закреплены. Начальные данные: плотность твердого тела (резины) 1100 кг/м^3 , модуль Юнга 10 МПа, коэффициент Пуассона 0,45. Давление, действующее на входе, на выходе и на наружной поверхности трубы, 101300 Па. В качестве жидкой фазы принимается вода. Температура жидкости и окружающей среды 293 К. В работе определяются изменения давления жидкости и деформации при взаимном воздействии конструкции и гидродинамического потока. Решение сопряженных задач требует вычислительных ресурсов большой мощности. Данная задача реализована на кластере Пермского государственного технического университета, имеющего следующие характеристики:

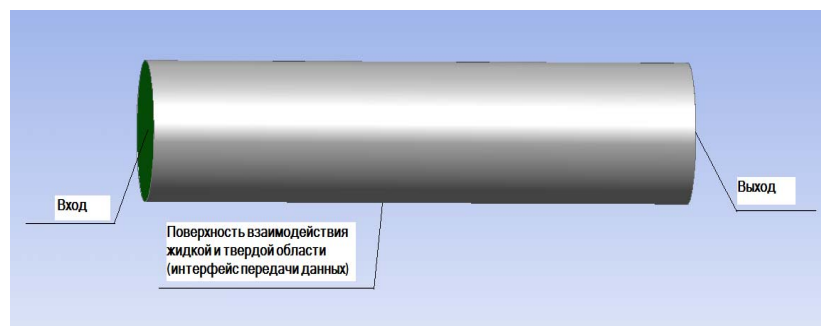


Рис. 1. Твёрдотельная модель

64 вычислительных узла;
128 четырех ядерных процессоров «Барселона-3» (всего 512 ядер);
пиковая производительность 4,096 Тфлоп;
производительность в тестовом пакете Linpack 78%;
объем системы хранения информации 12 ТБ;
объем оперативной памяти 512 Гбайт (8 Гбайт/узел).
В ходе расчетов использовались:
16 ядер для расчета гидрогазодинамической части задачи;
16 ядер для расчета НДС резиновой трубы.

Моделирование процессов производилось в многопроцессорном инженерном пакете ANSYS 12.1 на высокопроизводительном вычислительном комплексе ПГТУ. Твердотельная модель разработана в пакете Solid Works 2009 (рис.1).

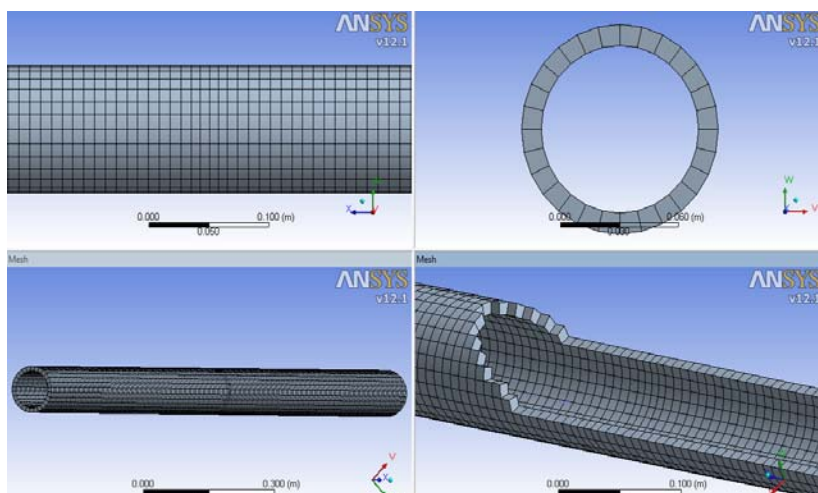


Рис. 2. Изображение расчетной сетки в плоскостях X0Y, Y0Z и изометрии

Расчетная сетка представляет собой совокупность гексаэдральных расчетных элементов, адаптированных в районе взаимодействия двух сред. Количество элементов расчетной сетки равно 6272 элементам. Изображение расчетной сетки твердого тела представлено на рис. 2. Качество и размерность

гексаэдральных элементов представлено на рис. 3. Изображение сетки для жидкой фазы представлено на рис. 4. Для достижения сходимости расчета размерность расчетных элементов твердотельной расчетной области и области жидкой фазы одинаковы.

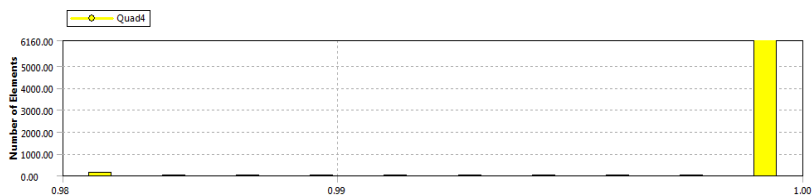


Рис. 3. Качество и размерность гексаэдральных элементов

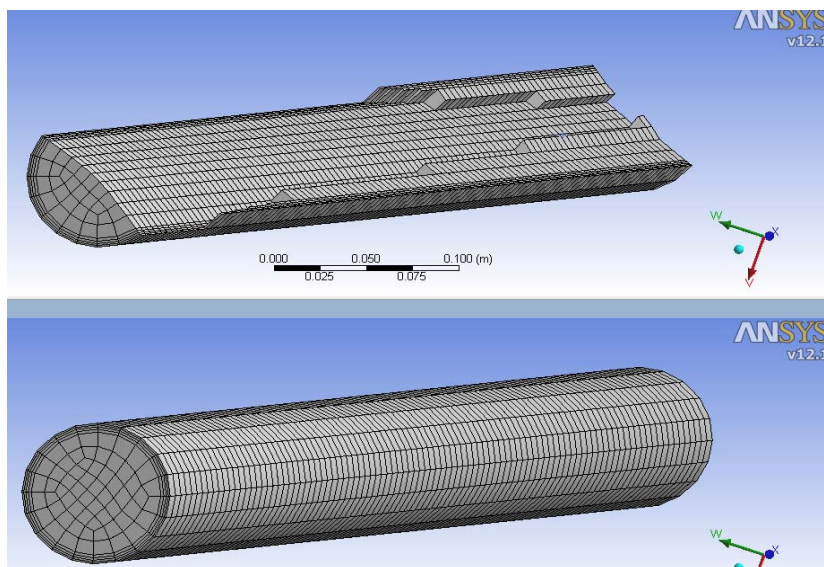


Рис. 4. Изображение сетки для жидкости

В данном расчете представлена модель несжимаемой жидкости. Эта модель позволяет исследовать течение вязкой жидкости при малых изменениях плотности и небольших числах Рейнольдса, $Re < 10^4$. Предполагается, что изменения плотности обусловлены температурными или агрегатными неоднородностями.

Так как допустимые деформации материалов могут составлять сотни процентов, нельзя пренебрегать квадратом величины деформации. Для решения задач механики использовалась динамическая постановка с учетом динамической нелинейности описания материала резины.

Применительно к классу численных расчетов трубчатых конструкций, заполненных жидкостью, был разработан алгоритм моделирования в ANSYS 12.1 связанных задач гидроупругости (рис. 5).



Рис. 5. Алгоритм моделирования связанных задач гидроупругости в ANSYS 12.1

На рис. 6 представлено поле избыточного давления, действующего по внутренней поверхности цилиндра, в режиме установившегося потока жидкости.

Видно, что максимальное избыточное давление возникает в районе входа жидкой фазы и достигает величины 374,9 Па. Минимальное избыточное давление возникает в районе выхода жидкой фазы и достигает величины 37,49 Па.

На рис. 7 представлено поле напряжений, распределенных по внутренней поверхности твердого тела. Из рис. 7 видно, что зона максимальных напряжений располагается в местах изгиба,

вблизи торцов и составляет 0,428 МПа. Минимальное напряжение возникает в районе жесткой заделки.

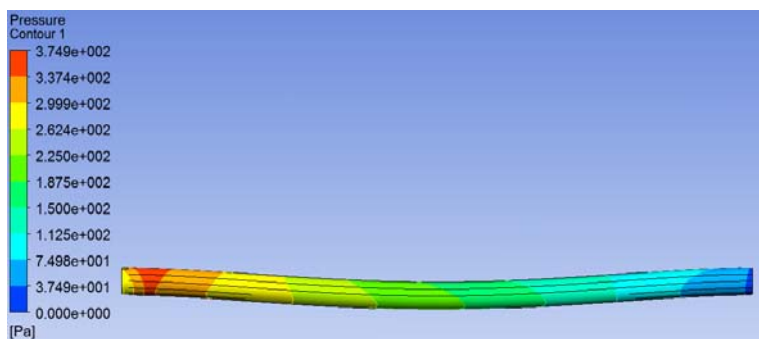


Рис. 6. Распределение давления по поверхности жидкости

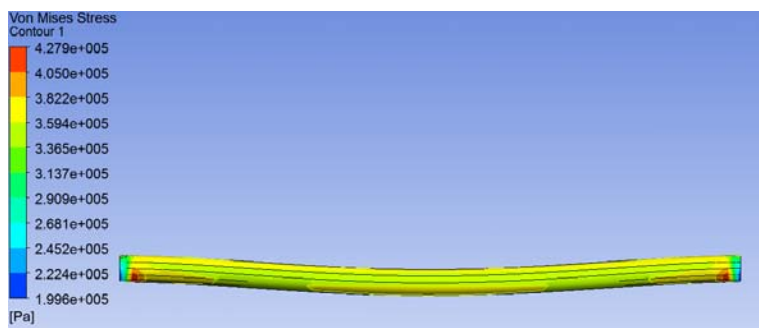


Рис. 7. Распределение напряжений по внутренней поверхности
твердого тела

При проведении численных расчетов был разработан алгоритм моделирования в ANSYS CFX и ANSYS Mechanical связанных задач гидроупругости применительно к классу трубчатых конструкций, заполненных жидкостью. Данный алгоритм позволит рассматривать аэроупругие процессы взаимодействия в динамической системе «поток газа–деформируемая конструкция».

Список литературы

1. Модорский В.Я., Соколкин Ю.В. Газоупругие процессы в энергетических установках. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 176 с.
2. Аэрогидроупругость конструкций / А.Г. Горшков [и др.]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. – 592 с.
3. Вольмир А.С. Оболочки в потоке жидкости и газа: Задачи гидроупругости. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 320 с.
4. ANSYS 12.1 Help.

П.В. Писарев, В.Я. Модорский, А.А. Писарева

Пермский государственный технический университет

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУИ ГОРЯЩЕГО ГАЗА С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОПРОЦЕССОРНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПГТУ

Эксплуатация газовых горелок зачастую связана с большими тепловыми потерями. Избежать этого можно, изолировав нагревающую установку. Вместе с тем необходимо предотвратить перегрев стенок изолирующей конструкции при ее взаимодействии с газовым потоком. Устранение прогара и повышение качества таких конструкций требует уточнения методик расчета, комплексного учета особенностей рабочего процесса. При этом требуется решение проблемы в связанной постановке. В то же время решение сопряженных задач требует вычислительных ресурсов большой мощности. Данная задача реализована на кластере Пермского государственного технического университета имеющего следующие характеристики:

64 вычислительных узла;

128 четырех ядерных процессоров «Барселона-3» (всего 512 ядер);

пиковая производительность 4,096 Тфлоп;