

## СЕКЦИЯ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ И ЭКОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

---

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ ANSYS WORKBENCH

Брусницын А.П., Киселев Е.В.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

*В настоящее время применяются пакеты прикладных программ, которые позволяют облегчить изучение сложных процессов, в том числе газодинамики. Одним из таких пакетов является ANSYS Workbench.*

*ANSYS CFX (входящий в состав пакета ANSYS Workbench) обладает расширенным набором разнообразных математических моделей, позволяющих с высокой точностью моделировать различные задачи, начиная с расчета течения жидкостей и газов в трубопроводах и проточных трактах турбомашин и заканчивая моделированием тепломассобмена в сложных термогазодинамических процессах в струйных и пленочных многокомпонентных течениях, или моделированием ламинарно-турбулентного перехода в задачах внешней аэродинамики ЛА (летательных аппаратов).*

*Currently used software packages that allow you to facilitate the study of complex processes, including gas dynamics. One such package is ANSYS Workbench.*

*ANSYS CFX (part of the package ANSYS Workbench) has an expanded set of different mathematical models to accurately simulate a variety of tasks, ranging from the calculation of the flow of liquids and gases in pipes and flow paths of turbo machinery, and ending with modeling heat and mass transfer processes in complex gas- and thermodynamic in inkjet and film multi component flows, or simulation of laminar-turbulent transition in the problems of external aerodynamics aircraft (flying machines).*

С помощью данного пакета смоделирован процесс газодинамики в лабораторной установке для исследования закономерности движения газов (в данном случае воздуха).

Моделирование в ANSYS Workbench осуществляется при помощи различных проектов. Проект состоит из пяти этапов: Geometry, Mesh, Setup, Solution, Results. П е р в ы й э т а п – это создание геометрии. В пакете ANSYS имеется Geometry Design, который содержит необходимое количество инструментов для построения нужной геометрии. Предусмотрен вариант переноса из других пакетов САПР (Систем автоматизированного проектирования). В т о р о й э т а п – построение сетки. Этот этап состоит из двух действий: построение сетки, проверка качества сетки. Существуют различные методы построения сетки, описанные в лекционных материалах. Т р е т и й э т а п – задание граничных условий. Здесь указываются входы/выходы, стены, области и т.д., а также задаются различные параметры. Ч е т в е р т ы й э т а п – решение. На данном этапе производится расчет процесса. П я т ы й э т а п – обработка результатов. В нем можно визуализировать процессы, показать распределение различных показателей.

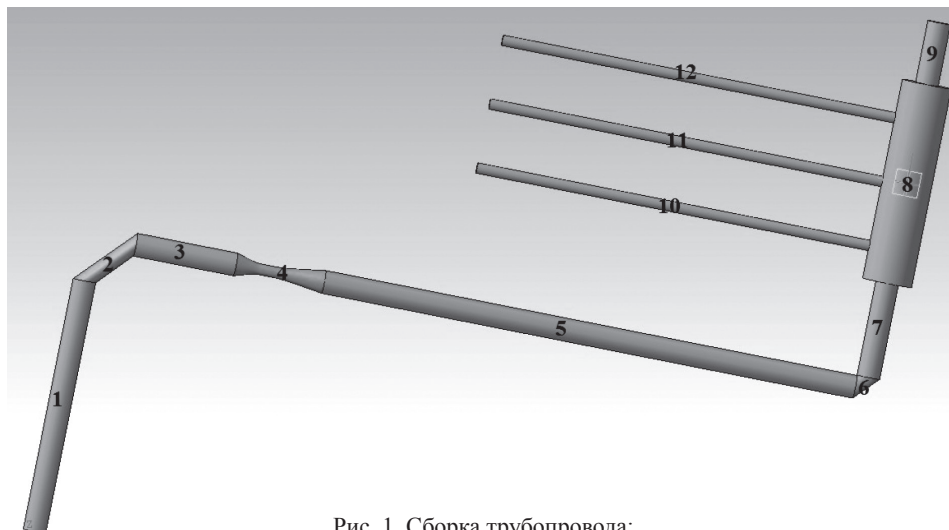


Рис. 1. Сборка трубопровода:  
1, 3, 5, 7, 9 – трубопровод диаметром 46 мм; 2, 6 – колено; 8 – коллектор диаметром 100 мм; 10–12 – трубопровод диаметром 21 мм; 4 – труба Вентури

Геометрия (рис. 1) построена в Компасе 3D и перенесена с помощью встроенной функции импорта в ANSYS Workbench.

Сетка (рис. 2) является важной составляющей всего проекта, поэтому крайне важно проследить, чтобы сетка была качественной. Качество сетки влияет на конечные показатели после расчета. Если расхождений нет или они небольшие, то можно переходить к заданию граничных условий.

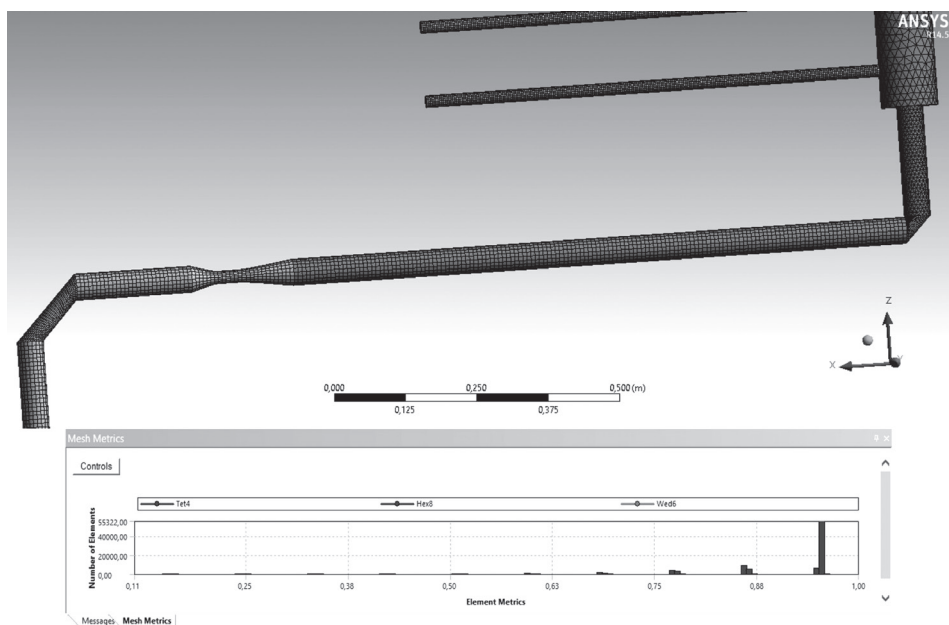


Рис. 2. Вид сетки и график качества сетки

Граничные условия задаются в пункте Setup проекта. Здесь необходимо определить вход и выход, задать параметры.

**Рекомендуемые конфигурации**

- Наиболее надежная: скорость/массовый расход на входе; статическое давление на выходе. Полное давление на входе будет результатом расчета.
- Надежная: полное давление на входе; скорость/массовый расход на выходе. Статическое давление на выходе и скорость на входе – результат решения.
- Чувствительная к начальным предположениям: полное давление на входе; статическое давление на выходе. Массовый расход системы – результат решения.
- Очень ненадежная: статическое давление на входе; статическое давление на выходе. Данная комбинация не рекомендуется, так как и уровень полного давления на входе и массовый расход – неявный результат расчета (эта комбинация ГУ (граничных условий) очень слабо влияет на систему).

Процесс расчета идет в реальном времени. Слева строится график зависимости кинетической энергии, массы и турбулентности во времени. Справа выводится количественное значение параметров в определенные промежутки времени (рис. 3).

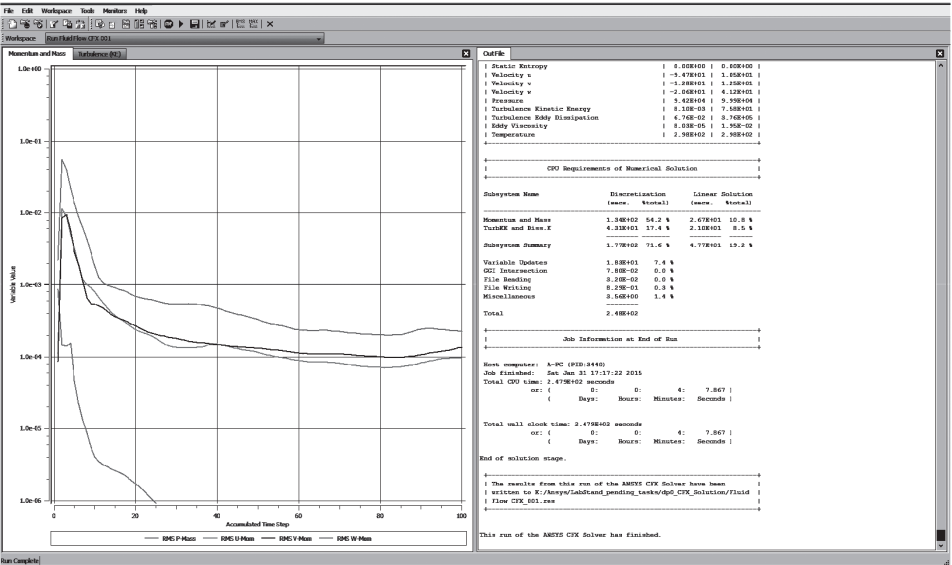


Рис. 3. Процесс решения задачи

После того, как решатель закончил свою работу, можно начать обработку результатов.

На этом этапе можно показать скорость потока или, например, распределение давление по объему (рис. 4).

На рис. 4 показано распределение давления, когда открыта только труба 9 (см. рис. 1). На рис. 5 показано распределение скорости при тех же условиях.

В дальнейшем планируется проверка адекватности модели с использованием экспериментальных данных, полученных на лабораторных установках, и результатов моделирования, по определению коэффициентов местных сопротивлений, и определению коэффициентов потерь напора на трение в трубах, имеющих разную шероховатость.

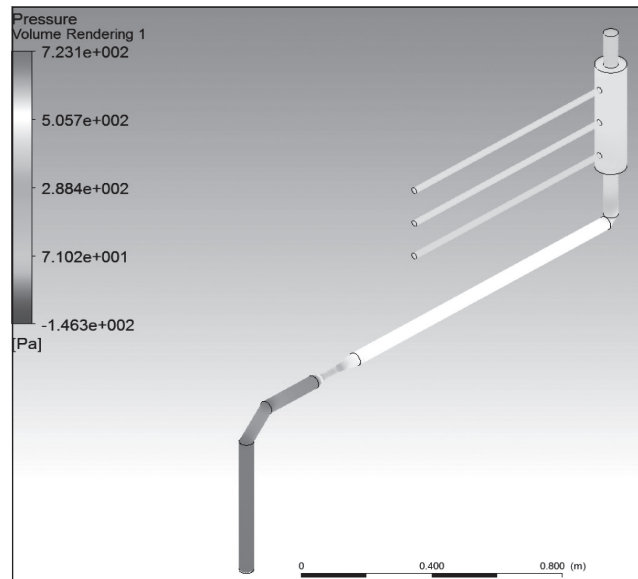


Рис. 4. Распределение давления по объему трубопровода

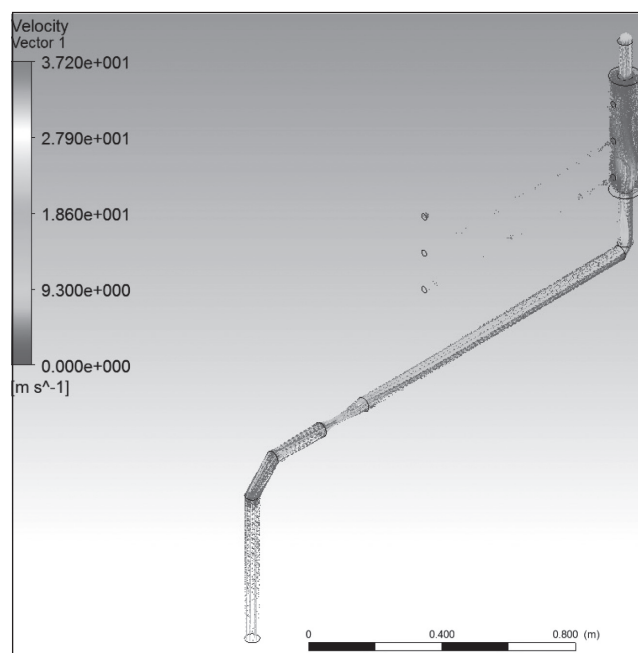


Рис. 5. Распределение скорости движения потока

#### Список использованных источников

1. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учеб. пособ. / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова [и др.]. – Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.
2. Механика жидкостей и газов: лаборатор. практикум. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 37 с.
3. ANSYS Help.
4. ANSYS Meshing, лекции, семинары – Делкам.
5. ANSYS CFX basic, лекции, семинары – Делкам.