

# FLOWVISION – CAE-СИСТЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*А. А. Аксёнов*

«ТЕСИС», Москва, Россия

ОИВТ РАН, Москва, Россия

Программный комплекс FlowVision [1] предназначен для численного моделирования при проектировании различных технических объектов в различных отраслях промышленности, включая ракетную, авиационную и автомобильную технику, а также атомную промышленность. Задачи численного моделирования в этих областях требуют комплексного междисциплинарного подхода, учитывающего и взаимодействующего с различными физическими процессами. В настоящее время FlowVision располагает математическими моделями тепломассопереноса и движения жидкости (уравнения Навье-Стокса), реализованными для трехмерных, несжимаемых и сжимаемых потоков [2], ньютоновских и неньютоновских жидкостей. FlowVision также имеет возможность численного решения нестационарных уравнений Максвелла для моделирования электрического тока и электромагнитных полей в сплошной среде, моделирования движения газовых разрядов, модели радиационного теплообмена, модели движения дисперсной фазы (пузырьков, капель, зерен), расчета источников аэроакустики и распространения акустических волн в среде. FlowVision имеет инструменты для моделирования сложных потоков - среди них поверхности скольжения для расчета вращающихся машин (турбин, компрессоров, насосов), моделирование несмешивающихся жидкостей с контактными поверхностями, движение тел относительно неподвижной области расчета.

FlowVision моделирует турбулентность, используя два различных подхода. Первый подход основан на усредненных уравнениях Рейнольдса (подход RANS). Вторым подходом – это метод разрешения вихрей с использованием неявного моделирования больших вихрей (ILES) или подсеточного моделирования турбулентности с помощью модели Смагоринского. Для повышения точности расчетов вихреразрешающими методами FlowVision предусматривает включение скошенной схемы для аппроксимации конвективных потоков.

Применение FlowVision для задач аэродинамического расчета в авиационной технике накладывает требование разрешения пограничных слоев для получения  $y^+ < 1$  с призматической граничной сеткой. FlowVision также позволяет моделировать обледенение самолетов, пропеллеров и компрессора двигателя с учетом работы противообледенительной системы в постоянном или импульсном режиме [3].

Для моделирования сильного взаимодействия жидкости и конструкции FlowVision имеет интеграцию с различными конечно-элементными кодами (Зенит, APM, Fidesis, Abaqus, Nastran, Эйлер), которые позволяют рассчитывать напряженно-деформированное состояние конструкций.

В докладе показаны различные практические задачи применения FlowVision в атомной промышленности.

## Литература

1. **Аксёнов, А. А.** FlowVision: Индустриальная вычислительная гидродинамика [Текст] // Компьютерные исследования и моделирование. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 5–20.
  2. **Жлуктов, С. В.** Моделирование турбулентных сжимаемых течений в программном комплексе FlowVision [Текст] / С. В. Жлуктов, А. А. Аксёнов, Н. С. Кураносов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 805–825
  3. **Aksenov, A. A.** Numerical simulation of ice accretion on airplane surface [Text] / A. A. Aksenov, P. M. Byvaltsev, S. V. Zhluktov et al. // AIP Conference Proceedings. – 2019. Vol. 2125. – P. 030013.
-