

МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОВИМІРНИХ І ТРИВИМІРНИХ ПОТОКІВ РІДКОГО ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ПРОМИСЛОВОМУ ВІДЦЕНТРОВОМУ КОМПРЕСОРІ

Воробйова Г.С., Фесенко К.В., Дегтярьов О.Д.

***Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Харків***

Основними перевагами використання вуглекислого газу як робочої рідини енергетичних установок є прийнятні значення ККД при відносно низьких температурах (до 700 °C), а також компактність турбомашин, яка пов'язана з високими тисками в контурі. Оптимальну ефективність енергетичного циклу можна досягти, працюючи близько до ділянки рідина-газ, де CO_2 є надкритичною рідиною (S-CO_2). Проте цикл S-CO_2 та інші пов'язані з ним надкритичні цикли мають значні труднощі зі стисненням як механічно, так і газодинамічно при роботі з рідиною високої густини, яка перевищує 70 % густини води.

В роботі проаналізовано можливість використання відцентрового компресора у контурі стиснення для рідинних умов на вході в компресор. Показано, що промисловий відцентровий компресор може ефективно працювати з робочою рідиною CO_2 на рідинній та паровій сторонах кривої насичення, дуже близько та вище критичної точки і навіть на кривій насичення. Робоча рідина CO_2 може знаходитися у різних фазах в залежності від температури та тиску. Також робоча рідина може виконувати фазовий перехід всередині компресора.

Оригінальне рівняння стану Редліха-Квонга-Анг'є модифіковано введенням додаткового параметра – масштабного коефіцієнту для тиску, який можна вибирати не лише для рідкої області, але й для близько-критичних областей для отримання точних результатів біля критичної точки. Модифіковане рівняння описує весь діапазон температури робочої рідини CO_2 від 220 К до 300 К для ізотерм від мінімального до максимального об'ємів рідини відповідно до кожної температури.

В програмному пакеті AxSTREAM® (США) створена 3D модель ступеня відцентрового компресора на базі геометричних параметрів зі звіту Sandia National Laboratories. Далі модель імпортовано в програмний пакет для 3D CFD розрахунків AxCFD® (США) для подальшого аналізу робочої рідини в області рідкого CO_2 на вході в компресор і в надкритичній області на виході з компресора. Модифіковане рівняння стану Редліха-Квонга-Анг'є для розрахунку робочої рідини CO_2 у ступені відцентрового компресора впроваджено в 3D AxCFD®. На основі створеної моделі проведено розрахунки одновимірних та тривимірних потоків CO_2 у ступені відцентрового компресора. Також порівняно характеристику ступеня відцентрового компресора, розраховану в 1D AxSTREAM®, з робочою точкою, розрахованою в 3D AxCFD®, та робочою точкою, взятою з експерименту. Робоча точка, яка розрахована в 3D AxCFD®, і робоча точка, що взята з експерименту, добре збігаються (менше 5 % розбіжності).