

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАБОЧЕГО ТЕЛА В КОНТАКТНЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УЗЛАХ

Лежин Д.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Расчет основных характеристик уплотнительных узлов подразумевает использование теплофизических свойств рабочего тела. В свою очередь, нельзя не учитывать изменение теплофизических свойств в зависимости от изменения давления и температуры. Для многорежимных уплотнительных узлов изменение последних может происходить в достаточно широких пределах. Определенную специфику вносит расчет уплотнительных узлов для криогенных сред. В подобных узлах рабочее тело, как правило, существует как в жидкой фазе (на входе в уплотнительный узел), так и в газообразной фазе – на выходе из уплотнительного узла, за счет подогрева его в паре трения.

В качестве рабочего тела в рассчитываемом примере использовался азот. Определение термодинамических свойств азота производилось с использованием [1]. При этом, данные, приведенные в виде таблиц, были обобщены, объединены и систематизированы. Рабочая область по температуре и давлению была определена в следующих пределах (на основании результатов эксперимента): давление – 0...150атм., температура – 60...400 К. В пределах этой рабочей области были подобраны экстраполирующие и интерполирующие функции (из числа возможных – экспоненциальная, логарифмическая, полиномиальная до шестой степени, степенная, линейная), наиболее точно отображающие данные таблиц. С учетом подобранных функций определялись термодинамические параметры во всей рабочей области.

Графики изменения теплоемкости, плотности, вязкости и теплопроводности в зависимости от изменения давления и температуры представлены на рисунках 1 – 4.

Работа модуля расчета термодинамических свойств рабочего тела подразумевает определение значений вязкости, плотности, теплоемкости и теплопроводности при любых значениях температуры и давления в пределах рабочей области. Это достигается использованием средств двумерной линейной и кубической интерполяции на неравномерной сетке.

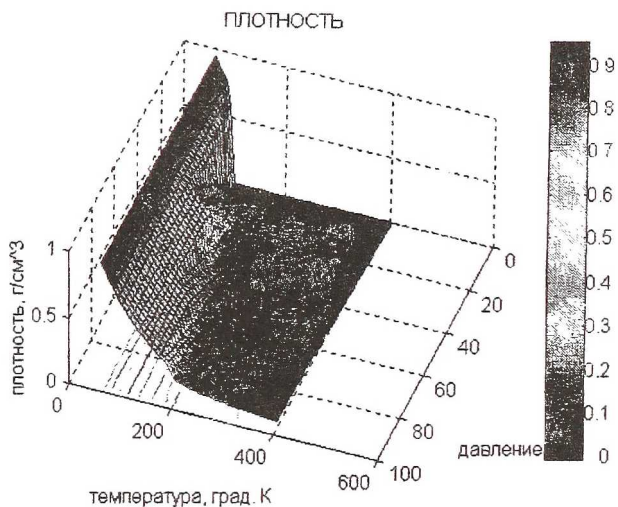


Рис. 1. Изменение плотности азота в пределах рабочей области

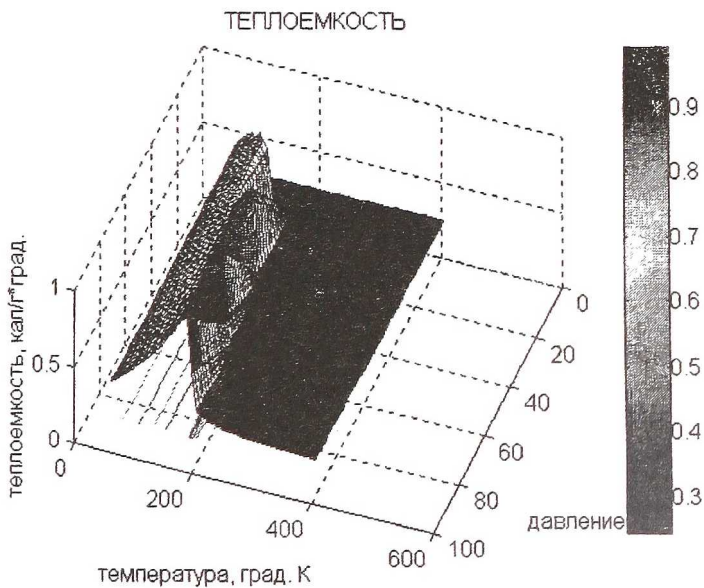


Рис. 2. Изменение теплоемкости азота в пределах рабочей области

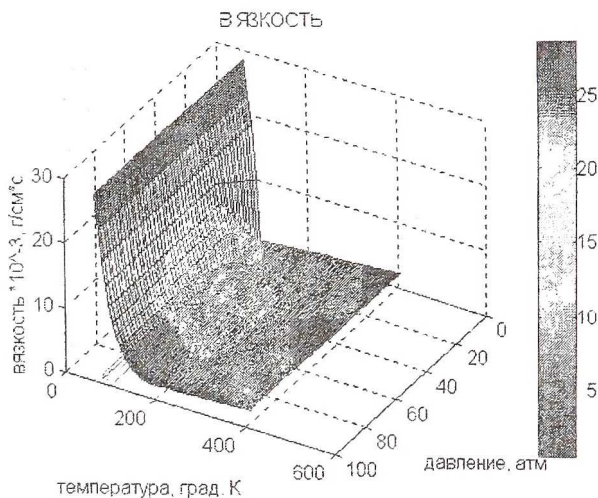


Рис. 3. Изменение вязкости азота в пределах рабочей области

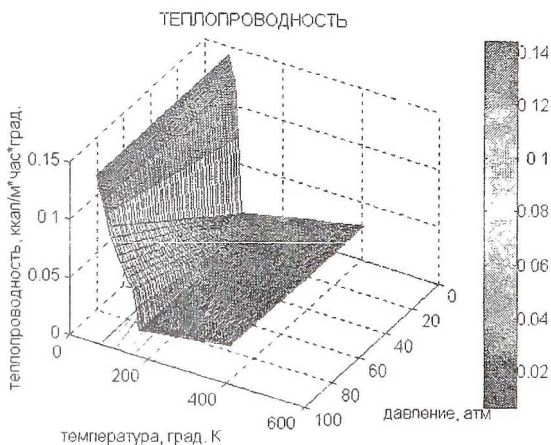


Рис. 4. Изменение теплопроводности азота в пределах рабочей области

Специфика представленной рабочей области заключается в том, что рабочее тело (азот) существует в ней как в газообразном, так и в жидком состоянии. Повышение давления ведет к увеличению температуры испарения. Линия фазового перехода хорошо просматривается на рисунке 1. При этом линия фазового перехода по результатам таблиц является несколько «размытой», что не позволило

реализовать алгоритм определения термодинамических свойств по двухступенчатой схеме:

1. Определение фазового состояния рабочего тела при заданных параметрах температуры и давления;
2. Определение значения термодинамических параметров при заданных параметрах температуры и давления с учетом фазового состояния.

Реализация данного алгоритма была бы методически более правильной, хотя и более трудоемкой с точки зрения ее практического воплощения на основе матричных функций. В этом случае из-за линии фазового перехода область значений каждой из термодинамических функций отлична от прямоугольника, что ведет к необходимости использования разреженных матриц.

Учитывая вышеизложенные соображения, значения термодинамических функций для газа и для жидкости были объединены в единую прямоугольную рабочую область давлений и температур. Наибольшая погрешность интерполяции при использовании подобного решения возникает, когда рабочая точка находится в непосредственной близости от линии фазового перехода.

Практические результаты по исследованию параметров рабочего тела в контактных уплотнительных узлах показывают, что на входе и на выходе из уплотнения уплотняемая среда находится в явно выраженном однофазном состоянии, и, таким образом, оценка ее теплофизических свойств вполне может быть произведена с использованием вышеописанных табулированных данных. Фазовый переход происходит в контакте уплотнительных колец. Это вызвано небольшими величинами утечек через уплотнительный узел при значительном тепловыделении в паре трения. Поэтому для увеличения точности расчетов параметров уплотнительного узла для криогенных сред необходимо учесть двухфазность рабочего тела в контакте.

Приведенные табулированные данные для азота были сведены в программный модуль, на входе в который задаются параметры рабочего тела – давление и температура, а на выходе выдаются значения плотности, теплоемкости, вязкости и теплопроводности при заданных параметрах.

Этот программный модуль используется в математической модели работы контактного уплотнительного узла.

Список литературы

1. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М., Физматгиз, 1963, 708с.