

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ
XVI Всеукраїнської
науково-технічної
конференції
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса



ОДЕСА

2016

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова:

Сторов Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Замісники:

Поварова Наталія Миколаївна – проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій, к.т.н., доцент,

Косой Борис Володимирович – директор Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

Члени оргкомітету:

Артеменко С.В.

Бошкова І.Л.

Бошков Л.З.

Василів О.Б.

Гоголь М.І.

Дьяченко Т.В.

Желєзний В.П.

Зацеркляний М.М.

Князева Н.О.

Кологривов М.М.

Котлик С.В.

Крусір Г.В.

Мазур В.О.

Мазур О.В.

Мілованов В.І.

Морозюк Л.І.

Нікулина А.В.

Ольшевська О.В.

Плотніков В.М.

Роганков В.Б.

Роженцев А.В.

Сагала Т.А.

Семенюк Ю.В.

Смирнов Г.Ф.

Тітлов О.С.

Шпирко Т.В.

Хлієва О.Я.

Хмельнюк М.Г.

Хобин В.А.

Цикало А.Л.

Відповідальний за випуск: **Тітлов О.С.**, завідувач кафедри теплоенергетики та трубопровідного транспорту енергоносіїв

Мова видання: українська, російська, англійська

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Рекомендовано до друку Радою факультету прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій, протокол № 2 від 21 вересня 2016 року.

А 43 Актуальні проблеми енергетики та екології / Матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Херсон: ФОП Грінь Д.С., 2016. – 312 с.

ББК 31:20.1

ISBN 978-966-930-137-6

© Одеська національна академія харчових технологій

© Факультет прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій

СЕКЦІЯ 6:

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕРЕЖІ В ЕНЕРГЕТИЦІ
І ХОЛОДИЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ**

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВОК

Бодюл С.В., Сухоруков А.А.

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Приводится краткая характеристика автоматизированной системы procsys для расчета наиболее важных процессов, протекающих в машинах и аппаратах низкотемпературных установок, определения параметров потоков при сжатии в компрессоре, расширении в детандере, дросселировании, теплообмене в теплообменных аппаратах. Система позволяет рассчитывать процесс ректификации в колоннах воздуходелительных установок. Автоматизированная система дополнена новыми автономными модулями, разработанными для определения теплофизических свойств технически важных жидкостей и газов – рабочих тел энергетических установок.

Ключевые слова: автоматизированная система – проектирование – низкотемпературная установка – теплофизические свойства – уравнение состояния – ректификационная колонна – теплообменный аппарат – детандер – компрессор.

A brief characteristic of the automated system procsys to calculate the most important processes in machines and apparatuses of low-temperature plants, determining parameters of the flow under compression in the compressor, expansion in the expander, throttling, heat transfer in heat exchangers. The system allows the calculation of the process of rectification columns in air separation plants. The automated system is complemented by a new autonomous modules, has been developed for the determination of thermophysical properties of technically important fluids and gases – working substances of power systems.

Key words: automated system – design – low-temperature plant – thermal properties – equation of state – rectification column – heat exchanger – expander – compressor.

Разработчикам холодильных и криогенных установок необходимо эффективное программное обеспечение для выполнения многовариантных расчетов, связанных с проектированием и оптимизацией систем различного назначения. Цель работы — совершенствование комплексов программ и информационно-вычислительных систем, необходимых для решения таких задач [1-3].

Авторами разработана автоматизированная система ProCSys, которая предназначена для расчета наиболее важных процессов, протекающих в машинах и аппаратах криогенной техники. С ее помощью вычисляются характеристики процессов по энергетическим и материальным балансам, математическим моделям элементов установок, определяются параметры потоков в точках входа и выхода при изотермическом сжатии в компрессоре, адиабатном дросселировании, политропном расширении в детандере, теплообмене в двух- и многопоточных теплообменниках, разделении парожидкостной смеси в сборнике жидкости, смешении потоков и др. Расчет производится в базовых точках с выдачей значений свойств, соответствующих параметрам этих точек. Система состоит из следующих основных функциональных блоков: ввода исходных данных, расчета свойств веществ, расчета процессов, сохранения и вывода результатов.

Блок ввода исходных данных обеспечивает прежде всего выбор того устройства либо аппарата из перечисленных выше, для которого производится расчет процесса, протекающего в нем. Для каждого варианта расчета вводятся наименование рабочего вещества (для теплообменников – двух либо трех веществ), значение расхода вещества и необходимый набор исходных данных.

Для расчета процессов изотермического сжатия в компрессоре либо политропного расширения в детандере вводятся значения давления в начале и конце процесса, начальной температуры и коэффициента полезного действия. При расчете процесса дросселирования вводятся значения начального и конечного давлений и начальной температуры либо энтальпии и выбирается режим расчета (по значениям начального давления и температуры либо давления и энтальпии).

Исходными данными для определения параметров потоков в двух- и трехпоточных теплообменниках являются значения давления, температуры (либо энтальпии) охлаждаемых и нагреваемых потоков на входе и выходе и величина теплопритоков из окружающей среды. Вместо давления можно задать значение перепада давлений. Выбирается режим расчета, соответствующий исходным данным, при этом есть возможность выбора точки на входе либо выходе из аппарата, относительно которой будет решено уравнение энергетического баланса. Для расчета характеристик трехпоточного теплообменника указывается количество охлаждаемых и нагреваемых потоков. При необходимости можно выбрать число

сечений, на которое разбивается теплообменный аппарат для контроля соответствующих значений температуры потоков, то есть для проверки соблюдения в этих сечениях второго закона термодинамики.

Для расчета параметров парожидкостной смеси а также пара и жидкости в сборнике жидкости, помимо наименования вещества и значения расхода, достаточно ввести значения давления и энтальпии вещества на входе в сборник.

При расчетах процессов необходимы данные о теплофизических свойствах рабочих тел в широком интервале изменения параметров состояния. Для получения таких данных используются разработанные авторами и включенные в блок расчета свойств веществ автономные модули для воздуха, азота, кислорода, аргона, двуокиси углерода, метана, воды и других веществ. Эти модули обеспечивают определение температуры, давления, плотности, удельного объема, коэффициента сжимаемости, энтальпии, внутренней энергии, энтропии, теплоемкостей, скорости звука, адиабатного и изотермического дроссель-эффектов, показателя адиабаты, степени сухости, теплоты парообразования, динамической и кинематической вязкости, теплопроводности, числа Прандтля и других свойств, необходимых проектировщикам при выполнении расчетов разных типов низкотемпературных установок. Значения свойств могут быть определены в однофазной и двухфазной областях и на линии насыщения при достаточно широком диапазоне значений температур и давлений.

Для определения термодинамических свойств в широких интервалах плотности и температуры применяются единые уравнения состояния газа и жидкости. Пользователь имеет возможность выбирать для одного и того же вещества уравнения разных авторов с целью повышения надежности расчета свойств, особенно в критической области.

При расчетах термодинамических свойств используются уравнения состояния нескольких типов:

- Уравнения состояния полиномиального типа, представляющие коэффициент сжимаемости как функцию температуры и плотности. По таким уравнениям, представленным, например, в работах [4–6], рассчитаны применяемые в практике таблицы стандартных справочных данных, утвержденные госстандартом;

- Уравнения состояния фундаментального типа, представляющие свободную энергию гельмгольца как функцию температуры и плотности. Фундаментальные уравнения в большинстве случаев составлены зарубежными авторами и рекомендованы ими как справочные. Эти уравнения обеспечивают более высокую точность расчетов в критической области, чем полиномиальные.

Разработанная система постоянно совершенствуется, дополняется модулями в соответствии с новыми, более точными уравнениями состояния. Так например, новая версия системы дополнена модулем для расчета термодинамических свойств гелия-4 по фундаментальному уравнению состояния в.д. арпа и р.д. маккарти, представленному в [10], и многими другими.

Единые уравнения состояния позволяют рассчитывать свойства вещества во всей однофазной области, причем свойства на линии насыщения могут быть определены на основании известного правила Максвелла без привлечения независимых уравнений кривой парообразования.

При расчетах процессов, протекающих в различных машинах и аппаратах, приходится определять термодинамические свойства веществ многократно и к тому же при различных заданных сочетаниях параметров состояния. Поэтому разработанные модули предусматривают выполнение расчетов при девяти комбинациях параметров исходных данных (независимых переменных): температура – плотность, температура – удельный объем, температура – энтропия, температура – степень сухости, давление – плотность, давление – энтальпия, давление – энтропия, давление – степень сухости.

Результаты расчетов процессов и свойств веществ выводятся в виде таблицы на экран компьютера и могут быть сохранены в виде текстового файла. Перед выводом результатов на печать либо перед их сохранением пользователь имеет возможность отредактировать таблицы.

В автоматизированной системе предоставляет возможность выполнять расчеты процесса ректификации в колоннах воздухоразделительных установок. Метод расчета основан на определении реального изменения концентраций компонентов на каждой тарелке и по высоте колонны с учетом конструктивных параметров и изменяющихся свойств пара и жидкости. При расчете процесса ректификации воздух рассматривается как тройная смесь азот-кислород-аргон.

Система позволяет выполнять термодинамический и технологический расчеты для различных вариантов колонн. Для проведения расчетов пользователь в диалоговом режиме выбирает на экране монитора тип ректификационной колонны с указанием необходимых потоков верхней либо нижней колонны, тем самым генерируя один из 30 возможных вариантов схемы. Здесь же графически представляются секции обобщенной схемы, соответствующие выбранному варианту.

Расчет ректификационной колонны может быть выполнен как для номинального режима работы, соответствующего техническому заданию на проектирование, так и для других режимов (с учетом температурных условий окружающей среды, износа оборудования при эксплуатации и т.п.). Одновременно

могут быть выполнены расчеты с заданием максимального и минимального значения расхода, которые указываются пользователем. В таком случае система выполняет расчеты и создает на экране дисплея окна с тремя таблицами, соответствующими вариантам расчета. Тем самым обеспечивается возможность оценки параметров функционирования воздухооразделительной установки с реализуемым процессом ректификации при различных условиях (режимах) работы.

После завершения расчетов система выводит на экран результаты как совокупность таблиц, содержащих всю информацию об исходных данных и результатах расчетов (параметры потоков, варианты расчетов, данные о фазовом равновесии и т.д.). Одновременно система создает текстовые файлы с данными, полученными при различных вариантах расчетов. Пользователь имеет возможность вызвать на экран эти файлы с помощью редактора MS Word и при необходимости выполнить окончательное редактирование для создания соответствующей проектно-технической документации.

Выводы

В данной статье приводятся основные характеристики разработанной автоматизированной системы ProcSys. Описанная в данной работе система может использоваться специалистами по криогенной технике при решении практических задач, в частности, при проектировании и оптимизации установок низкотемпературной техники, при расчетах технологических схем криогенных систем и установок, воздухооразделительных установок. Автоматизированная система ProcSys разрабатывалась как развивающаяся специализированная система с использованием унифицированных модулей. Такой подход позволяет дополнять и модифицировать программу в соответствии с требованиями заказчика. Новая версия дополнена рядом модулей, расширяющим возможности автоматизированной системы.

Данная система разрабатывалась и продолжает развиваться в связи с необходимостью создания единой универсальной автоматизированной системы, обеспечивающей проектировщиков криогенных установок необходимыми инструментальными средствами, функционирующими в современных операционных системах.

Разработанное программное обеспечение работает под управлением операционной системы семейства Windows.

Литература

1. Вассерман А.А., Бодюл С.В. Автоматизированная система для определения теплофизических свойств воздуха и его компонентов // Технические газы. — 2001. — № 3. — С. 4–9.
2. Vasserman A.A., Slyenko A.G., Bodyul S.V., Gondarenko Yu.V., and Bodyul E.S. A Thermophysical Property Databank for Technically Important Gases and Liquids, International Journal of Thermophysics. — 2001. — Vol. 22. — No. 2. — P. 477–485.
3. Vasserman A.A., Bodyul S.V., Bodyul E.S. Automated System for Calculating Thermophysical Properties of Fluids and Thermal Processes of Cryogenic Plants. International Journal of Thermophysics. — 2004. — Vol. 25. — No. 2. — P. 371–377.
4. Термодинамические свойства азота / Сычев В.В., Вассерман А.А., Козлов А.Д., Спиридонов Г.А., Цымарный В.А. — М.: Изд-во стандартов, 1977. — 352 с.
5. Термодинамические свойства воздуха / Сычев В.В., Вассерман А.А., Козлов А.Д., Спиридонов Г.А., Цымарный В.А. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 276 с.
6. Термодинамические свойства метана / Сычев В.В., Вассерман А.А., Загорученко В.А., Козлов А.Д., Спиридонов Г.А., Цымарный В.А. — М.: Изд-во стандартов, 1979. — 348 с.
7. A Reference Quality Equation of State for Nitrogen / Span R., Lemmon E.W., Jacobsen R.T., Wagner W. // Int. J. Thermophys. — 1998, V. 19, No. 4, p. 1121–1132.
8. Tegeler Ch., Span R., Wagner W. A New Equation of State for Argon Covering the Fluid Range for Temperatures From the Melting Line to 700 K at Pressures up to 1000 MPa // J. Phys. Chem. Ref. Data. — 1999, V. 28, No. 3, p. 779–850.
9. Setzman U., Wagner W. A new Equation of State and Tables of Thermodynamic Properties for Methane Covering the Range from the Melting Line to 625 K at Pressure up to 1000 MPa. J. Phys. Chem. Ref. Data. — 1991. V. 20, No. 6, p. 1061–1155.
10. Arp, V.D., McCarty, R.D., Friend, D.G. Thermophysical Properties of Helium-4 from 0.8 to 1500 K with Pressures to 2000 MPa / Technical Note 1334 (Revised). — Boulder, CO: National Institute of Standards and Technology, 1998. — 145. P.

РОЗРОБКА СУДНОВИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ НА БАЗІ МОДУЛЬНИХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ Редунов Г.М., Гожелов Д.П., Тимофєєв І.В., Мазуренко С.Ю.	261
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ СБРОСНОГО ТЕПЛА ГПД СОВМЕСТНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И ДВУХПОТОЧНОЙ ПОДАЧИ ОБРАТНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ Остапенко А.В.	266
ОСОБЕННОСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА МАШИННОГО ЗАЛА ТРИГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Грич А.В.	268
СТУПЕНЧАТАЯ СИСТЕМА ЗОНАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С ТРАНСФОРМАЦИЕЙ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ КАСКАДНОЙ АБСОРБЦИОННО- ПАРОКОМПРЕССОРНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНОЙ Радченко А.Н., Грич А.В.	271
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ЕЛЕКТРОННОЮ СКЛАДОВОЮ МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ Бучка А. В., Шаніна Т. П.	273
ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВАКУУМНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПЛОДІВ ЧЕРЕШНІ Ломейко О.П., Єфіменко Л.В.	276
ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ Волчок В.О.	279
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА НОМИНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА Радченко А.Н., Коновалов А.В.	281
РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЧАСТИЧНЫХ НАГРУЗКАХ Радченко А.Н., Коновалов А.В.	289
СЕКЦІЯ 6	
Інтелектуальні мережі в енергетиці і холодильній техніці.	
Інформаційні технології в енергетиці	293
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВОК Бодюл С.В., Сухоруков А.А.	294
РОЛЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ГАЛУЗІ ЕНЕРГЕТИКИ Болтач С.В.	297
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ «ОДЕСАОБЛЕНЕРГО» Кржевицький В.С., Попков Д.М.	298
INFORMATION TECHNOLOGY APPLICATION TO REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS Olga V. Olshevska.	299
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ Сиромля С.Г.	301

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

МАТЕРІАЛИ

XVI Всеукраїнської

науково-технічної конференції

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ

ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса

Підписано до друку 28.09.2016 р.
Формат 60x84/8. Папір Офс.
Ум. арк. 34,64 . Наклад 300 примірників.

Видання та друк: ФОП Грінь Д.С.,
73033, м. Херсон, а/с 15
e-mail: dimg@meta.ua
Свід. ДК № 4094 від 17.06.2011