

Розроблений прилад-автомат застосовується для експериментальної оцінки ефективності нових технічних засобів локального ІЧ-обігріву молодняка сільськогосподарських тварин. Для прикладу на рис. 3 представлені фотокопії знятих приладом кривих ізоопроміненості і полів опроміненості на дослідній площині під типовим екземпляром лампи ИКЗК 215-225-250. Використання розробленого приладу-автомата дає змогу оперативно і об'єктивно виконати масові дослідження енергетичних характеристик і якості опромінення та побудувати на основі отриманих результатів універсальну фотометричну діаграму для конкретного джерела випромінювання [3].

1. Левитин И.Б. *Применение инфракрасной техники в народном хозяйстве.* – Л., 1981.
2. Карпов В.Н., Щур И.З. *Метод определения энергетических параметров системы облучатель – объект при заданных форме и положении объекта // Автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна: Сб. науч. тр. Ленингр. с.-х. ин-та.* – Л., 1985. – С. 60–68.
3. Щур И.З. *Повышение эффективности использования электроэнергии в оптических технологиях АПК на основе термодинамики: Автореф. дис. - д-ра техн. наук.* – СПб., 1997.

УДК 662.767:533.27:004.4

Федір Матіко

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів

ПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

© Матіко Федір, 2002

The article contains the results of designing of program for computation the physical properties of natural gas. The technical characteristics of designed program are presented and applied methods for software designing are shown.

Природний газ є високоенергетичним та екологічно чистим видом палива. Це зумовило його широке використання як у побуті, так і в усіх галузях промисловості та транспорту. В зв'язку з цим виникає ряд інженерних та наукових задач, пов'язаних із проектуванням технологічного обладнання газопереробної промисловості, розробкою та проектуванням засобів обліку природного газу. Для розв'язання таких задач необхідно мати дані про фізичні властивості природного газу та методи, які дають змогу обчислити показники фізичних властивостей для конкретних робочих умов.

На сучасному етапі розвитку науки розроблено значну кількість методів розрахунку найважливіших фізичних властивостей природного газу: коефіцієнта стискуваності, показника адіабати, в'язкості, густини, швидкості звуку. Тому перед розробниками технологічного обладнання і засобів обліку часто стоїть задача правильного вибору методу для розрахунку. Отже, необхідною є систематизація методів розрахунку фізичних властивостей природного газу та розробка програмних засобів для застосування та порівняння різних методів.

Для розрахунку показників фізичних властивостей природного газу та порівняння результатів розрахунку за різними методами в Національному університеті “Львівська

політехніка” розроблено програму “Газ-ФВ” розрахунку фізичних властивостей природного газу. Програма виконує розрахунок коефіцієнта стискуваності, показника адіабати, в’язкості, густини, швидкості звуку за такими методами:

– коефіцієнта стискуваності за методами ГОСТу 30319.2-96 (NX19 мод., GERG91 мод., AGA8-92DC, ВНИЦ СМВ) та методом МКС-99 [1], розробленим в НУ “Львівська політехніка”, атестованим УкрЦСМ та введеним в Державну службу стандартних довідкових даних (ДССДД 4-2002);

– показника адіабати: метод Кабза мод. (ГОСТ 30319.1-96), ВНИЦ СМВ (ГОСТ 30319.3-96), метод МПА-99 [2], розроблений в НУ “Львівська політехніка” і метод [3] на основі відомих залежностей розрахунку показника адіабати та рівняння стану AGA8-92DC (далі метод AGA8-92DC);

– коефіцієнта динамічної в’язкості: методи ГОСТ 30319.1-96, ГОСТ 30319.3-96 (ВНИЦ СМВ), метод МВ-01 [3], розроблений в НУ “Львівська політехніка”, метод Діна і Стила [4];

– густини за рівнянням стану AGA8-92DC та за рівнянням

$$\rho = (pT_c \rho_c) / (P_c T K)$$

де p , T – тиск та температура робочих умов; P_c , T_c – тиск та температура стандартних умов; ρ_c – густина газу за стандартних умов; K – коефіцієнт стискуваності газу, обчислений за методом МКС-99;

– швидкості звуку за методами ГОСТ 30319.1-96 та ГОСТ 30319.3-96 (ВНИЦ СМВ).

Програма охоплює методи чинних стандартів щодо розрахунку фізичних властивостей природного газу та деякі інші методи, зокрема розроблені в НУ “Львівська політехніка”. методи для програмної реалізації вибрано так, що програма дає змогу виконати розрахунок розглянутих фізичних властивостей чи при відомому повному компонентному складі газу, чи за спрощеними даними про склад газу (густина в стандартних умовах ρ_c , вміст азоту x_a та вуглекислого газу x_y) в діапазоні тиску від 0.1 МПа до 25 МПа та діапазоні температури принаймні від 250 К до 325 К (див. табл. 1). Виняток становлять тільки методи розрахунку швидкості звуку, для яких розрахунковий діапазон тиску тільки до 12 МПа. Діапазони температури та тиску, що реалізуються програмою для кожного окремого методу, вказані в табл. 1.

Програма дає змогу виконати розрахунок фізичних властивостей при введенні спрощених даних про склад природного газу в таких діапазонах:

$$0.66 \text{ кг/м}^3 \leq \rho_c \leq 1.05 \text{ кг/м}^3, 0 \leq x_a \leq 15 \%, 0 \leq x_y \leq 15 \%.$$

При введенні даних про повний компонентний склад природного газу програмою контролюються такі діапазони концентрацій компонентів:

метан	≥ 0.50	і-бутан	≤ 0.03
етан	≤ 0.20	азот	≤ 0.30
пропан	≤ 0.05	двоокис вуглецю	≤ 0.30
бутан	≤ 0.03	сірководень	≤ 0.30
		інші компоненти	≤ 0.01

Крім того, програмою виконується контроль відповідності введених параметрів області застосування кожного окремого методу, яка може визначати дещо вужчі діапазони зміни параметрів.

Програма дає змогу виконати графічне порівняння результатів розрахунку за різними методами у вибраному користувачем діапазоні температури або тиску (див. рисунок) та отримати значення відносних відхилень між вибраними методами або значення відхилень одного з методів порівняно високоточних даних, що введені в перелік порівняння. Як бази даних для порівняння вибрано значення фізичних параметрів природного газу із [5–7].



Вікно графічного порівняння методів розрахунку коефіцієнта стискуваності програми “Газ-ФВ”

Для реалізації алгоритмів розрахунку та розробки графічного інтерфейсу програми нами вибрано середовище MATLAB. Цей вибір зумовлений істотними перевагами цього середовища над іншими засобами створення програм для математичних розрахунків:

- орієнтацією MATLAB для роботи із масивами числових значень (експериментальних даних про фізичні властивості) ;
- широким набором функцій для візуалізації результатів розрахунку;
- простотою мови програмування, яка передбачає роботу як із скалярними величинами та їх масивами, так і з складними графічними об’єктами згідно з принципами об’єктно-орієнтованого програмування;
- наявністю в складі MATLAB інтерактивних засобів, які спрощують розробку графічного інтерфейсу користувача.

Розробку графічного інтерфейсу в MATLAB можна виконати двома способами:

- за допомогою спеціального набору команд та функцій побудови графічного інтерфейсу;
- за допомогою підсистеми розробки графічного інтерфейсу GUIDE (Graphical User Interface Development Environment), яка об’єднує інтерактивні засоби для розробки графічного інтерфейсу.

**Методи розрахунку фізичних властивостей,
що реалізуються програмою “Газ-ФВ”**

Параметр	Методика розрахунку	Область розрахунку за програмою		Примітки
		Діапазон температури Т, К	Діапазон абсолютного тиску р, МПа	
За спрощеними даними про склад газу (густина в стандартних умовах, вміст азоту та вуглекислого газу)				
Коефіцієнт стискуваності	NX19 мод.	250 ... 340	0.1 ... 12	ГОСТ 30319.2
	GERG91 мод.	250 ... 340	0.1 ... 12	ГОСТ 30319.2
	МКС-99	250 ... 325	0.1 ... 25	ДССДД 4-2002
Показник адіабати	Кабза мод.	240 ... 360	0.1...10, р/Т<0.03	ГОСТ 30319.1
	МПА-99	260 ... 310	0.1 ... 25	Розроблена в НУ “ЛП”
Динамічна в’язкість	ГОСТ 30319.1	240 ... 360	0.1 ... 12	ГОСТ 30319.1
	МВ-01	240 ... 370	0.1 ... 30	Розроблена в НУ “ЛП”
Густина	Рівняння (1)	250 ... 325	0.1 ... 25	Діапазони р і Т за МКС-99 (розрахунок К)
Швидкість звуку	ГОСТ 30319.1	250 ... 340	0.1...10, р/Т<0.03	Діапазон р за Кабза мод. і Т – за GERG91 мод
За даними про повний компонентний склад газу				
Коефіцієнт стискуваності	ВНИЦ СМВ	250 ... 340	0.1 ... 12	ГОСТ 30319.2, (8 компонентів)
	AGA8-92DC	250 ... 340	0.1 ... 30	ГОСТ 30319.2, (18 компонентів)
Показник адіабати	ВНИЦ СМВ	240 ... 480	0.1 ... 12	ГОСТ 30319.3
	AGA8-92DC	240 ... 480	0.1 ... 30	На основі методу AGA8-92DC та рівнянь показника адіабати [2]
Динамічна в’язкість	ВНИЦ СМВ	240 ... 480	0.1 ... 12	ГОСТ 30319.3, (8 компонентів)
	Діна і Стила	240 ... 480	0.1 ... 30	Методика Праусніца для псевдокритичних параметрів
Густина	AGA8-92DC	250 ... 340	0.1 ... 30	ГОСТ 30319.2, (18 компонентів)
Швидкість звуку	ВНИЦ СМВ	240 ... 480	0.1 ... 12	ГОСТ 30319.3, (8 компонентів)

Робота функцій побудови графічного інтерфейсу, зокрема й функцій підсистеми GUIDE ґрунтується на застосуванні об'єктно-орієнтованої системи дескрипторів графічних об'єктів (Handle Graphics). Ця система підтримує команди створення ліній, тексту, поверхонь і багатокутників, а також інтерактивних засобів типу меню, кнопки і діалогового вікна. При створенні окремого графічного об'єкта йому у відповідність ставиться унікальний ідентифікатор, що називається дескриптором. Звертаючись до об'єкта через його дескриптор, користувач отримує доступ до всіх його властивостей. Система дескрипторів дає змогу прямо маніпулювати графічними елементами, зокрема графічними вікнами MATLAB, та модифікувати їх з командного рядка MATLAB або будувати m-файли для створення програм з графічними інтерфейсами.

Оскільки спосіб розробки графічного інтерфейсу за допомогою підсистеми GUIDE є простішим та дає змогу контролювати проект на всіх стадіях розробки, то нами вибрано саме його для створення основного графічного вікна програми "Газ – ФВ" розрахунку фізичних властивостей природного газу. Для побудови меню розрахунку окремих параметрів, діалогових вікон вводу/виводу, вікон запису/читання даних застосовано функції MATLAB, що не входять в склад GUIDE. Функції розрахунку фізичних властивостей природного газу викликаються підпрограмами зворотного виклику, які виконуються при активуванні елементів керування (кнопок, пунктів меню).

Для оформлення програмного продукту у вигляді незалежної прикладної програми в середовищі MATLAB можна застосувати такі способи.

Середовище MATLAB має вбудований компілятор, який дає змогу програмний проект MATLAB перетворювати у незалежний C або C++ проекту. За допомогою засобів C або C++ будується незалежний виконавчий модуль програми. Цей спосіб не завжди може бути застосований до MATLAB-проекту, оскільки компілятор MATLAB не може компілювати деякі класи m-функцій (наприклад, графічні) та деякі типи даних (масиви комірок, об'єкти, розріджені матриці тощо).

Інший спосіб полягає у оформленні так званого мінімального пакета MATLAB, який містить ядро, необхідні бібліотеки та m-програму. Для захисту алгоритмів розробника доцільно за допомогою утиліти rcode відкомпілювати текст m-програми у псевдокод (r-програму), який не підлягає зворотному перетворенню. Оскільки розроблена нами програма "Газ – ФВ" розрахунку фізичних властивостей природного газу реалізована із застосуванням графічних функцій та багатьох складних типів даних, які MATLAB компілятор версії 1.2 не компілює, то для тиражування цієї програми нами пропонується застосовувати спосіб мінімального пакета MATLAB.

Розроблена програма пройшла апробацію в навчальному процесі при виконанні курсових та дипломних проектів, науково-дослідних магістерських робіт. Порівняно результати розрахунку за програмою із контрольними розрахунками нормативних документів щодо методів розрахунку фізичних властивостей, що підтвердило правильність реалізації алгоритмів.

Програма пропонується для застосування інженерно-технічними працівниками проектних організацій, газових господарств, підприємств газопереробної промисловості, студентами та науковими працівниками вищих навчальних закладів.

1. Пістун Є.П., Матіко Ф.Д. Методика розрахунку коефіцієнта стискуваності природного газу з метою його обліку // *Нафтова і газова промисловість*. – 2001. – №1. – С. 53–54. 2. Матіко Ф. Визначення показника адіабати природного газу для задач його обліку на автомобільних газонаповнювальних станціях // *Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Авто-*

матизація: Вісник НУ “Львівська політехніка”. – 2000. – №404. – С. 86–89. 3. Матіко Ф.Д. Розрахунок в'язкості природного газу для задач його обліку в широкому діапазоні зміни тиску // *Методи та прилади контролю якості: Наук.-техн. журнал. ІФДТУНГ.* – 2000. – № 6. – С. 51–54. 4. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. *Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие.* – Л., 1982. 5. *Термодинамические свойства метана / Сычев В.В., Вассерман А.А, Козлов А.Д. и др.* – М., 1979. 6. *Natural for the determination of supercompressibility factors for natural gaz. Recherche Project NX-19. – Extention of range of supercompressibility tables: Catalog L00340.* – AGA Inc., 1976. 7. *GERG-88 DATABANK (Molar composition).* – June, 1989.

УДК 66.012-52

Василь Грицай, Ярослав Юсик, Остап Юпин
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ З ПРИРОДНОЮ ЦИРКУЛЯЦІЄЮ РОЗЧИНУ

© Грицай Василь, Юсик Ярослав, Юпин Остап, 2002

The major factors of technological optimization evaporator with internal heat exchange are determined at natural circulation

Сучасні випарні апарати великої продуктивності з поверхнею теплообміну більше ніж 20000 м² є значними споживачами теплової енергії. Рациональна організація процесу у випарному апараті дає змогу отримати значну економію теплової енергії та підвищити його продуктивність.

На роботу випарної установки з природною циркуляцією переважно впливають процеси, що відбуваються в кип'ятильнику і барометричному конденсаторі.

Ефективність роботи кип'ятильника визначається значеннями коефіцієнта тепловіддачі від пари до стінки α_1 , Вт/(м²·К).

На тепловіддачу з боку пари впливають:

- фізичні властивості пари, що конденсується;
- вид конденсації: плівкова або крапельна. В останньому випадку α_1 зростає в декілька разів. Крапельна конденсація можлива тоді, коли конденсат не змочує стінки. Гладенька полірована поверхня сприяє крапельній конденсації, проте слід зауважити, що цей вид конденсації дуже нестійкий;
- стан поверхні нагрівання: якщо поверхня шорстка або покрита шаром окису, то α_1 знижується;
- теплове напруження поверхні конденсації q , Вт/м²;
- геометричні розміри і розміщення поверхні конденсації;
- наявність у парі газів, що не конденсуються. Це значно знижує α_1 , за рахунок утрудненого доступу пари до стінки та зменшення поверхні теплообміну. Тому треба вживати заходів для видалення газів і повітря з парової камери;
- безперервне відведення конденсату, що унеможливує затоплення нижньої частини трубок, тим самим зменшуючи ефективну поверхню теплообміну і кількість переданого розчиніві тепла.