INSO
17625-2
1st.Edition
2017
Identical with
ISO 12213-2:
2006

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۷۶۲۵-۲
چاپ اول

۱۳۹۵

گازطبیعی- محاسبه ضریب تراکم-
قسمت۲: محاسبه با استفاده از ترکیب مولی

Natural gas — Calculation of compression factor —
Part 2: Calculation using molar-composition

ICS:75.060

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: http://www.isiri .gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران رابه عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد(ISO)[1]،کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی(OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی(CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت میکند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4-Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«گاز طبیعی- محاسبه ضریب تراکم- قسمت ۲: محاسبه با استفاده از ترکیب مولی»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
قلی‌پور زنجانی، نوشین (دکتری مهندسی شیمی)	سازمان ملی استاندارد- پژوهشگاه استاندارد
دبیر:	
داداشیان، حسین (کارشناسی مهندسی شیمی و پتروشیمی)	اداره کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آراسته امید، سارا (کارشناسی ارشد شیمی)	پارک علم و فناوری استان آذربایجان‌شرقی
پیرا، رویا (کارشناسی ارشد شیمی)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
رادی، پانته آ (کارشناسی شیمی آلی)	سازمان ملی استاندارد ایران
سخندانی، محمدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	شرکت گاز استان آذربایجان‌شرقی
طهماسب‌پور، مسعود (کارشناسی ارشد شیمی)	شرکت پژوهش گستر خلاق
قاری قران، مسعود (کارشناسی ارشد شیمی)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
گوگانیان، امیر (دکتری شیمی آلی)	دانشگاه علمی کاربردی استاندارد
منطقی، زهرا (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت گاز استان آذربایجان شرقی

ویراستار:

اخیاری، شهاب
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

سمت و/یا محل اشتغال:

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش گفتار ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ روش محاسبه ۲
۴-۱ اصول روش ۲
۴-۲ معادله AGA8-92DC ۲
۴-۳ متغیرهای ورودی ۳
۴-۴ گستره‌های کاربرد ۴
۴-۴-۱ گاز کیفی خط لوله ۴
۴-۴-۲ گستره‌های وسیع‌تر از کاربرد ۶
۴-۵ عدم قطعیت ۶
۴-۵-۱ عدم قطعیت برای گاز کیفی خط لوله ۶
۴-۵-۲ عدم قطعیت برای گسترهٔ وسیع‌تری از کاربرد ۷
۴-۵-۳ تاثیر عدم قطعیت متغیرهای ورودی ۷
۴-۵-۴ گزارش نتایج ۹
۵ برنامه کامپیوتری ۹
پیوست الف (الزامی) نمادها و یکاها ۱۰
پیوست ب (الزامی) تشریح روش AGA8-92 DC ۱۳
پیوست پ (الزامی) مثالی از محاسبات ۲۴
پیوست ت (الزامی) ضرایب تبدیل فشار و دما ۲۶
پیوست ث (آگاهی دهنده) کارایی در گستره‌های وسیع‌تری از کاربرد ۲۷
پیوست ج (آگاهی دهنده) زیربرنامه‌ها در زبان برنامه نویسی فرترن برای روش AGA8-92DC AGA8-92DC ۳۳
کتاب‌نامه ۴۱

پیش‌گفتار

استاندارد «گاز طبیعی- محاسبه ضریب تراکم - قسمت۲: محاسبه با استفاده از ترکیب مولی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در هشتاد و نهمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد فراورده‌های نفتی مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 12213-2:2006, Natural gas — Calculation of compression factor —Part 2: Calculation using molar-composition analysis

مقدمه

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شمارهٔ ۱۷۶۲۵ است و سایر قسمت‌های این مجموعه عبارتند از:

- Part 1: Introduction and guidelines

- قسمت ۳: محاسبه با استفاده از خواص فیزیکی.

گاز طبیعی- محاسبه ضریب تراکم-
قسمت۲ : محاسبه با استفاده از ترکیب مولی

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش‌های محاسبه ضریب تراکم برای گازهای طبیعی، گازهای طبیعی حاوی مواد افزودنی مصنوعی و مخلوط‌های مشابه است در شرایطی که تحت آن، مخلوط تنها می‌تواند به صورت گاز باشد، است.

این استاندارد، روشی برای محاسبه ضریب تراکم است، وقتی که ترکیب جزئی گاز بر حسب کسر مولی همراه با فشارها و دماهای مربوطه معین باشد.

این استاندارد، برای گاز کیفی خط لوله در گستره‌های فشار p و دمای T که به طور معمول در عملیات انتقال و توزیع آن اتفاق می‌افتد، با عدم قطعیتی در حدود ٪ ۰٫۱± کاربرد دارد.

این استاندارد، در ترکیبات گازی دیگر وگستره‌های بزرگ‌تر فشار و دما، با عدم قطعیت بزرگ‌تری می‌تواند کاربرد داشته باشد (به پیوست ث مراجعه شود).

جزئیات بیشتر در رابطه با هدف و دامنه کاربرد این روش، در استاندارد ISO 12213-1 شرح داده شده است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است.بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 80000-4, Quantities and units — Part 4: Mechanics

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۴-۹۸۱۹: سال ۱۳۹۰، کمیت‌ها و یکاها-قسمت ۴- مکانیک، با استفاده از استاندارد ISO 80000-4: 2006 تدوین شده است.

2-2 ISO 80000-5, Quantities and units — Part 5: Thermodynamics

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵-۹۸۱۹: سال ۱۳۹۲، کمیت‌ها و یکاها-قسمت ۵- ترمودینامیک، با استفاده از استاندارد BS ISO 80000-5: 2007 تدوین شده است.

2-3 ISO 6976: Natural gas — Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition

2-4 ISO 12213-1, Natural gas — Calculation of compression factor — Part 1: Introduction and guidelines

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 12213-1 به کار می‌رود.

۴ روش محاسبه

۴-۱ اصول روش

روش پیشنهاد شده از معادله‌ای استفاده می‌کند که اساس آن بر مبنای این فرض است که گاز کیفی خط لوله[1] ممکن است به طور منحصر بفردی برای محاسبه خواص حجمی آن با روش تجزیه اجزا، تعیین ویژگی شده باشد. نتایج این تجزیه به همراه فشار و دما به عنوان داده‌های ورودی در این روش استفاده می‌شوند.

این روش از یک ترکیب مولی دقیق استفاده می‌کند که بهتر است در آن تمام اجزا حاضر، دارای مقادیر کسر مولی بیشتر از ۰٫۰۰۰۰۵ شناسایی شده باشد. به طور معمول این اجزا شامل تمام هیدروکربن‌های آلکان تا تعداد اتم کربن C_7 یا C_8 به همراه نیتروژن، کربن دی اکسید و هلیوم می‌باشد.

برای سایر گازها اجزاء تشکیل دهندهٔ دیگر مثل بخار آب، هیدروژن سولفید و اتیلن لازم است در نظر گرفته شوند. (به مرجع [1] در کتاب‌نامه مراجعه شود).

برای گازهای تولیدی، به احتمال زیاد هیدروژن و کربن مونوکسید نیز اجزاء مهم هستند.

۴-۲ معادله AGA8-92DC

ضریب تراکم با استفاده از معادله توصیفی تفصیلیAGA8 (که از این پس با معادله AGA8-92DC مشخص می‌شود) تعیین می‌شود. این معادله نوعی از معادله بسط یافته ویریال[2] است. این معادله در گزارش AGA شمارهٔ هشت [1] شرح داده شده است، که به صورت معادله (۱) نوشته می‌شود:

$$Z = 1 + B\rho_m - \rho_r \sum_{n=13}^{18} C_n^* + \sum_{n=13}^{58} C_n^* \left(b_n - c_n k_n \rho_r^{k_n}\right) \rho_r^{b_n} \exp\left(-c_n \rho_r^{k_n}\right) \qquad (۱)$$

1- Pipeline quality natural gas
2- Virial equation

که در آن:

Z ضریب تراکم؛

B ضریب دوم ویریال؛

ρ_m چگالی مولی (مول بر واحد حجم)؛

ρ_r چگالی کاهش یافته؛

b_n, c_n, k_n مقادیر ثابت (به جدول ب- ۱ مراجعه کنید)؛

C_n^* ضرایبی که تابع دما و ترکیب است.

چگالی کاهش یافته ρ_r طبق معادله (۲) به چگالی مولی ρ_m مربوط می‌شود:

$$\rho_r = K^3 \rho_m \qquad (۲)$$

که در آن:

K پارامتر اندازه مخلوط است.

چگالی مولی می‌تواند به صورت معادله (۳) نوشته شود:

$$\rho_m = P \Big/ (ZRT) \qquad (۳)$$

که در آن:

p فشار مطلق؛

R ثابت جهانی گازها؛

T دمای مطلق است.

Z به صورت زیر محاسبه می‌شود: ابتدا مقادیر B و C_n^* (n مساوی ۱۳ تا ۵۸) طبق روابط داده شده در پیوست ب محاسبه می‌شود. سپس معادله (۱) و (۳) به طور هم‌زمان برای ρ_m و Z ، با استفاده از یک روش عددی مناسب، حل می‌شود (به شکل ب-۱ مراجعه شود).

۳-۴ متغیرهای ورودی

متغیرهای ورودی مورد نیاز برای استفاده در معادله AGA8-92DC شامل فشار مطلق، دمای مطلق و ترکیب مولی است.

ترکیب مولی، بر حسب کسر مولی، برای اجزاء زیر مورد نیاز است: نیتروژن، کربن دی اکسید، آرگون، متان، اتان، پروپان، n- بوتان، متیل-۲-پروپان (ایزوبوتان)، n- پنتان، متیل-۲-بوتان (ایزوپنتان)، هگزان، هپتان، اکتان، نونان، دکان، هیدروژن، کربن مونوکسید، هیدروژن سولفید، هلیوم، اکسیژن و آب.

یادآوری- اگر کسرهای مولی هپتان، اکتان، نونان و دکان نامعلوم باشد، استفاده از کسر مرکب C_{6+} می‌تواند قابل قبول باشد. برای امتحان اینکه آیا یک چنین تقریب خاصی موجب انحراف در نتیجه می‌شود یا نه، توصیه می‌شود تا کاربر یک تجزیه حساسیت[1] انجام دهد.

تمام اجزائی که دارای کسر مولی بزرگتر از ۰٫۰۰۰۰۵ باشند باید محاسبه گردند. با اجزاء جزئی (مثل اتیلن) باید طبق جدول ۱ عمل نمود.

اگر ترکیب بر حسب کسرهای حجمی معلوم باشد باید آنها را طبق استاندارد ISO 6976 به کسرهای مولی تبدیل کرد. مجموع تمام کسرهای مولی باید برابر واحد، با تقریب ۰٫۰۰۰۱ باشد.

۴-۴ گستره‌های کاربرد

۴-۴-۱ گاز کیفی خط لوله

گستره‌های کاربرد گاز کیفی خط لوله به صورت زیر تعریف می‌شود:

فشار مطلق	صفر MPa $\leq p \leq$ ۱۲ MPa
دما	۲۶۳ K $\leq T \leq$ ۳۳۸ K
ارزش حرارتی بالا	۳۰ MJ.m^{-3} $\leq H_S \leq$ ۴۵ MJ.m^{-3}
چگالی نسبی	۰٫۵۵ $\leq$ d $\leq$ ۰٫۸۰

کسرهای مولی اجزاء گاز طبیعی باید در بین گستره‌های زیر باشد:

متان	۰٫۷ $\leq x_{CH_4} \leq$ ۱٫۰۰
نیتروژن	صفر $\leq x_{N_2} \leq$ ۰٫۲۰
کربن دی اکسید	صفر $\leq x_{CO_2} \leq$ ۰٫۲۰
اتان	صفر $\leq x_{C2H_6} \leq$ ۰٫۱۰
پروپان	صفر $\leq x_{C3H_8} \leq$ ۰٫۰۳۵
بوتان	صفر $\leq x_{C4H_{10}} \leq$ ۰٫۰۱۵
پنتان	صفر $\leq x_{C5H_{12}} \leq$ ۰٫۰۰۵

1- Sensitivity analysis

هگزان	صفر $\leq x_{C_6} \leq$ ۰/۰۰۱
هپتان	صفر $\leq x_{C_7} \leq$ ۰/۰۰۰۵
هیدروکربن‌های بالاتر از اکتان	صفر $\leq x_{C_{8+}} \leq$ ۰/۰۰۰۵
هیدروژن	صفر $\leq x_{H_2} \leq$ ۰/۱۰
کربن مونوکسید	صفر $\leq x_{CO} \leq$ ۰/۰۳
هلیوم	صفر $\leq x_{He} \leq$ ۰/۰۰۵
آب	صفر $\leq x_{H2O} \leq$ ۰/۰۰۰۱۵

از جزئی که برای آن x_i کمتر از ۰/۰۰۰۰۵ باشد، می‌توان صرف‌نظر نمود.

اجزاء ناچیز و جزئی در جدول (۱) فهرست شده‌است.

جدول ۱– اجزاء ناچیز و جزئی

اجزاء جزئی و ناچیز	جزء نماینده
اکسیژن	اکسیژن
آرگون، نئون، کریپتون، زنون	آرگون
هیدروژن سولفید	هیدروژن سولفید
اکسیدهای نیترو	کربن دی اکسید
آمونیاک	متان
اتیلن، استیلن، متانول (متیل الکل)، هیدروژن سیانید	اتان
پروپیلن، پروپادی‌ان، متان‌تیول (متیل مرکاپتان)	پروپان
بوتن، بوتادی‌ان، کربونیل‌سولفید (کربن‌اکسی‌سولفید)، سولفوردی‌اکسید	n-بوتان
نئوپنتان، پنتن، بنزن، سیکلوپنتان، کربن‌دی‌سولفید	n-پنتان
تمام ایزومرهای C_6، سیکلوهگزان،تولوئن، متیل‌سیکلوپنتان	n-هگزان
تمام ایزومرهای C_7، اتیل‌سیکلوپنتان، متیل‌سیکلوهگزان، سیکلوهپتان،اتیل بنزن، زایلن	n-هپتان
تمام ایزومرهای C_8، اتیل‌سیکلوهگزان	n-اکتان
تمام ایزومرهای C_9	n-نونان
تمام ایزومرهای C_{10}، و هیدروکربن‌های بالاتر	n-دکان

این روش تنها برای مخلوط‌هایی کاربرد دارد که در شرایط فشار و دمای دلخـواه، در حالـت گـازی تـک فـاز (بالاتر از نقطه شبنم) باشد.

۴-۴-۲ گستره‌های وسیع‌تر از کاربرد

گستره‌های وسیع‌تر از کاربرد که در زیربند ۴-۴-۱ آزمون شده‌اند عبارتند از:

فشار مطلق	صفر MPa $\leq p \leq$ ۶۵ MPa
دما	۲۲۵ K $\leq T \leq$ ۳۵۰ K
چگالی نسبی	۰٫۵۵ $\leq d \leq$ ۰٫۹۰
بالاترین ارزش گرمایی	۲۰ MJ.m^{-3} $\leq H_S \leq$ ۴۸ MJ.m^{-3}

کسرهای مولی مجاز برای اجزاء اصلی گاز طبیعی عبارتند از:

متان	۰٫۵۰ $\leq x_{CH_4}$ ۱٫۰۰
نیتروژن	صفر $\leq x_{N_2} \leq$ ۰٫۵۰
کربن‌دی‌اکسید	صفر $\leq x_{CO_2} \leq$ ۰٫۳۰
اتان	صفر $\leq x_{C2H_66} \leq$ ۰٫۲۰
پروپان	صفر $\leq x_{C3H_8} \leq$ ۰٫۰۵
هیدروژن	صفر $\leq x_{H_2} \leq$ ۰٫۱۰

گستره‌های اجزاء ناچیز و جزئی گاز طبیعی عبارتند از مقادیری که در زیربند ۴-۴-۱ برای گاز خطوط لوله داده شده است. برای استفاده از این روش در گستره‌هایی خارج از این مقادیر به پیوست ج مراجعه شود.

۴-۵ عدم قطعیت

۴-۵-۱ عدم قطعیت برای گاز کیفی خط لوله

عدم قطعیت نتایج در تمام گاز کیفی خط لوله که در گسترهٔ شرح داده شده در زیربند ۴-۴-۱ قرار دارند، ٪ ۰٫۱± (برای گسترهٔ دمایی ۲۶۳ K تا ۳۵۰ K و فشار تا ۱۲ MPa) است، (به شکل ۱ مراجعه شود). برای دماهای بالاتر از ۲۹۰ K و فشارهای بالاتر از ۳۰ MPa نیز عدم قطعیت نتایج ٪ ۰٫۱± می‌باشد.

برای دماهای پائین‌تر، عدم قطعیت ٪ ۰٫۱± ، حداقل برای فشارهای تا حدود ۱۰ MPa، حفظ می‌شود.

این سطح از عدم قطعیت با مقایسه بانک داده‌ای GERG از اندازه‌گیری‌های ضریب تراکم گازهای طبیعی تعیین شده است [2] و [3]. همچنین یک مقایسه تفصیلی با داده‌های *pVT* GRI بر روی مخلوط‌های شبیه‌سازی شدهٔ گاز طبیعی، که به صورت وزن‌سنجی تعیین گردیده‌اند، انجام شده است [4] و [5].

عدم قطعیت اندازه‌گیری‌ها در هر دو بانک داده‌ای، که برای امتحان این روش استفاده شده، از مرتبه ٪ ۰٫۱± می‌باشد.

۴-۵-۲ عدم قطعیت برای گسترهٔ وسیع‌تری از کاربرد

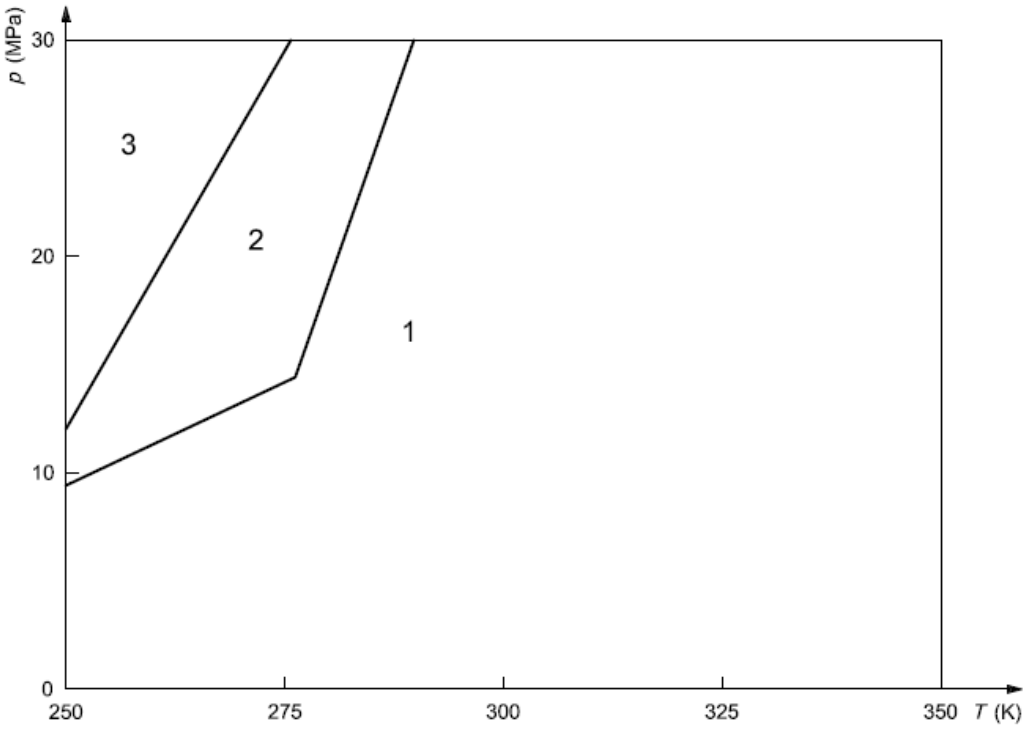
عدم قطعیت‌های تخمینی برای محاسبه ضریب تراکمی که فراتر از گسترهٔ کیفی داده شده در زیربند ۴-۴-۱ می‌باشد، در پیوست ث بحث شده است.

۴-۵-۳ تاثیر عدم قطعیت متغیرهای ورودی

مقادیر معمول برای عدم قطعیت‌های متغیرهای ورودی در جدول ۲ فهرست شده است. این مقادیر ممکن است تحت شرایط عملکرد بهینه به دست آید.

به عنوان یک راهنمایی کلی، تجزیه و تحلیل نشر خطا با به کارگیری عدم قطعیت‌های متغیرهای ورودی، یک عدم قطعیت اضافی درحدود ٪ ۰٫۱± را در نتایج در MPa ۶ و گسترهٔ دمایی K ۲۶۳ تا K ۳۳۸ ایجاد می‌کند.

در بالاتر از MPa ۶ عدم قطعیت اضافی بیشتر بوده و تقریبا به طور مستقیم با فشار افزایش می‌یابد.



معادله AGA8-DC92

راهنما

p	فشار	
T	دما	
1	ΔZ	$\geq$ ٪ ۰٫۱ ±
2	ΔZ	٪ ۰٫۱ ± تا ٪ ۰٫۲±
3	ΔZ	٪ ۰٫۲ ± تا ٪ ۰٫۵±

یادآوری – انتظار می‌رود حدود عدم قطعیت داده شده برای گازهای طبیعی و گازهای مشابهی با مشخصات زیر معتبر باشد، $x_{N2} \leq$ ۰٫۲۰، $x_{CO2} \leq$ ۰٫۲۰، $x_{C2H6} \leq$ ۰٫۱۰ و $x_{H2} \leq$ ۰٫۱۰ و برای ۳۰ $MJ.m^{-3} \leq H_S \leq$ ۴۵ $MJ.m^{-3}$ و ۰٫۸۰ $\geq d \geq$ ۰٫۵۵

شکل ۱- گستره‌های عدم قطعیت برای محاسبه ضرایب تراکم

جدول ۲ - عدم قطعیت متغیرهای ورودی

متغیر ورودی	عدم قطعیت مطلق
فشار مطلق	± ۰٫۰۲ MPa
دما	± ۰٫۱۵ K
کسر مولی:	
ترکیبات بی اثر	± ۰٫۰۰۱
نیتروژن	± ۰٫۰۰۱
کربن‌دی‌اکسید	± ۰٫۰۰۱
متان	± ۰٫۰۰۱
اتان	± ۰٫۰۰۱
پروپان	± ۰٫۰۰۰۵
بوتان	± ۰٫۰۰۰۳
پنتان به علاوهٔ هیدروکربن‌های بالاتر	± ۰٫۰۰۰۱
هیدروژن و کربن مونوکسید	± ۰٫۰۰۱

۴-۵-۴ گزارش نتایج

نتایج ضریب تراکم و چگالی مولی باید به ترتیب تا چهار و پنج رقم اعشار گزارش شوند، به همراه این نتایج مقادیر دما، فشار و روش محاسبهٔ به کار رفته (ISO 12213-2, AGA8-92DC) نیز باید بیان شود. برای تائید روش محاسبه توجه به ارقام کوچک مفید است.

۵ برنامه کامپیوتری

نرم‌افزاری مطابق با این استاندارد نوشته شده است. کاربران این استاندارد، می توانند این نرم افزار را از کمیته ISO/TC 193/SC 1 درخواست کنند.

پیوست الف
(الزامی)

نمادها و یکاها

نماد	مفهوم	یکا
a_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
B	ضریب دوم ویریال	$m^3.kmol^{-1}$
B_{nij}^*	ضریب برهمکنش مخلوط [معادله‌های (ب-۱) و (ب-۲)]	-
b_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
c_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
C_n^*	ضرایبی که تابعی از دما و ترکیب هستند	-
E_i	پارامتر ویژگی انرژی برای جزء i ام (جدول ب-۲)	K
E_j	پارامتر ویژگی انرژی برای جزء j ام	K
E_{ij}	پارامتر انرژی دوتایی[1] برای ضریب دوم ویریال	K
E_{ij}^*	پارامتر برهمکنش انرژی دوتایی برای ضریب دوم ویریال (جدول ب-۳)	-
F	پارامتر دمای بالا مخلوط	-
F_i	پارامتر دمای بالا برای جزء i ام (جدول ب-۲)	-
Fj	پارامتر دمای بالا برای جزء j ام	-
f_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
G	پارامتر جهت‌گیری مخلوط	-
G_i	پارامتر جهت‌گیری برای جزء i ام (جدول ب-۲)	-
G_j	پارامتر جهت‌گیری برای جزء j ام	-
G_{ij}	پارامتر جهت‌گیری دوتایی	-
G_{ij}^*	پارامتر برهمکنش دوتایی برای جهت‌گیری (جدول ب-۳)	-

1- Binary

نماد	مفهوم	یکا
g_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
H_S	ارزش حرارتی بالا	$MJ.m^{-3}$
K	پارامتر اندازه	$(m^3/kmol)^{1/3}$
K_i	پارامتر اندازه برای جزء i ام (جدول ب-۲)	$(m^3/kmol)^{1/3}$
K_j	پارامتر اندازه برای جزء j ام	$(m^3/kmol)^{1/3}$
K_{ij}	پارامتر برهمکنش دوتایی برای اندازه (جدول ب-۳)	-
k_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
M	جرم مولی	$kg.kmol^{-1}$
M_i	جرم مولی جزء i ام	$kg.kmol^{-1}$
N	تعداد اجزاء در مخلوط گاز	-
n	عدد صحیح (از ۱ تا ۵۸)	-
p	فشار مطلق	MPa
Q	پارامتر چهارقطبی	-
Q_i	پارامتر چهارقطبی برای جزء i ام	-
Q_j	پارامتر چهارقطبی برای جزء j ام	-
q_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
R	ثابت گازها (= ۰٫۰۰۸۳۱۴۵۱۰)	$MJ.(kmol.K)^{-1}$
S_i	پارامتر دوقطبی برای جزء i ام (جدول ب-۲)	-
S_j	پارامتر دوقطبی برای جزء j ام	-
s_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
T	دمای مطلق	K
U	پارامتر انرژی مخلوط	K
U_{ij}	پارامتر برهمکنش دوتایی برای انرژی مخلوط (جدول ب-۳)	-
u_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-

نماد	مفهوم	یکا
W_i	پارامتر تجمع برای جزء i ام (جدول ب-۲)	-
W_j	پارامتر تجمع برای جزء j ام	-
w_n	مقدار ثابت در جدول ب-۱	-
x_i	کسر مولی جزء i ام در مخلوط گاز	-
x_j	کسر مولی جزء j ام در مخلوط گاز	-
Z	ضریب تراکم	-
ρ	چگالی جرمی	$Kg.m^{-3}$
ρ_r	چگالی کاهش یافتهٔ گاز	-
ρ_m	چگالی مولی	$Kmol.m^{-3}$

پیوست ب

(الزامی)

توصیف روش AGA8-92 DC

ب-۱ کلیات

برای مخلوطی از گازها، ضریب تراکم Z طبق معادله داده شده در زیربند ۴-۲ محاسبه می‌شود. این پیوست شرح تفصیلی از محاسبات و مقادیر عددی لازم را ارائه می‌دهد. شرح حاضر بر اساس گزارش AGA شمارهٔ هشت [1] می‌باشد. برنامه‌ای که در این شرح اجرا می‌شود در پیوست ج این استاندارد داده شده است که راه حل درستی را میسر می‌سازد. سایر روش‌های محاسباتی نیز قابل قبول می‌باشد به شرطی که اثبات نماید نتایج عددی یکسانی از آنها حاصل می‌شود (به عنوان مثال به پیوست پ مراجعه شود).

ب -۲ اجرای کامپیوتری روش AGA8-92 DC

ب-۲-۱ نمای کلی از مراحل روش محاسبه

مرحله اول: دمای مطلق T، فشار مطلق p و کسر مولی هر جزء x_i مخلوط را وارد کنید.

یادآوری- ابتدا باید مقادیر فشار و دما را که بر حسب سایر یکاها می‌باشند به ترتیب به مگاپاسکال و کلوین تبدیل نمائید (برای ضریب تبدیل‌های مربوطه به استانداردهای ISO 80000-4، ISO 80000-5 و پیوست ت مراجعه شود).

مرحله دوم: ضرایب معادله حالت B و C_n^* (n = ۱۳ تا ۵۸) را که وابسته به دما و x_i است، محاسبه کنید.

مرحله سوم: با استفاده از معادلهٔ حالت بازآرایی شده، که فشار p را به دست می‌دهد، معادله را مجدداً برای چگالی مولی ρ_m حل کنید.

مرحله چهارم: پس از این که فشار محاسبه شده از مرحله سوم و فشار ورودی از مرحله اول در گسترهٔ مشخصی از هم‌گرایی (به عنوان مثال 1E-06) قرار گرفت، ضریب تراکم را برون‌داد کنید. شکل ب-۱ شمایی از این مراحل را نشان می‌دهد.

ب-۲-۲ جزئیاتی از روش محاسبه

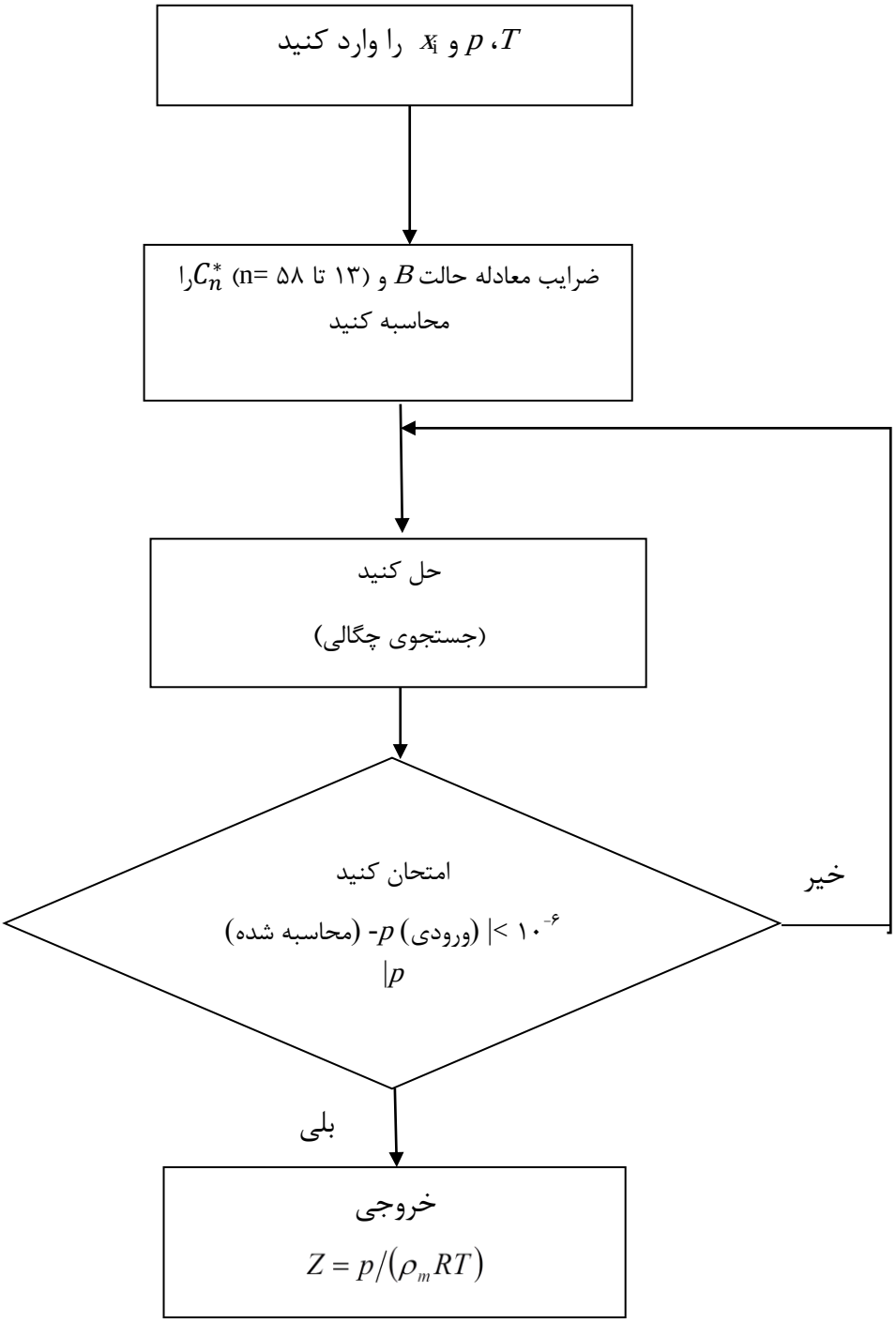
مرحله اول: دمای مطلق T، فشار مطلق p و کسر مولی x_i هر یک از اجزای تشکیل دهنده مخلوط گاز طبیعی را وارد کنید.

مرحله دوم: ضرایب B و C_n^* (n = ۱۳ تا ۵۸)، که وابسته به ترکیب و دما می‌باشند، را در دمای مطلق T و کسر مولی‌های x_i گاز طبیعی (به عنوان داده ورودی از مرحله اول) محاسبه کنید.

ضریب دوم ویریال B بوسیله معادله‌های زیر داده می‌شود:

$$B = \sum_{n=1}^{18} a_n T^{-u_n} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} x_i x_j B^{*}_{nij} E_{ij}^{u_n} \left(K_i K_j\right)^{3/2} \qquad (ب-۱)$$

$$B^{*}_{nij} = \left(G_{ij} + 1 - g_n\right)^{g_n} \left(Q_i Q_j + 1 - q_n\right)^{q_n} \left(F_i^{1/2} F_j^{1/2} + 1 - f_n\right)^{f_n} \left(S_i S_j + 1 - s_n\right)^{s_n} \left(W_i W_j + 1 - w_n\right)^{w_n} \qquad (ب-۲)$$



شکل ب- ۱- نمودار محاسبه معادله AGA8-92DC

پارامترهای دوتایی E_{ij} و G_{ij} با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه می‌شوند:

$$E_{ij} = E_{ij}^{*}\left(E_i E_j\right)^{1/2} \qquad \text{(ب-۳)}$$

$$G_{ij} = G_{ij}^{*}\left(G_i + G_j\right)/2 \qquad (ب-۴)$$

توجه کنید که تمام مقادیر پارامترهای برهمکنش دوتایی، E_{ij} و G_{ij}، ۱٫۰ می‌باشد مگر برای مقادیری کـه در جدول ب-۳ آمده است.

ضرایب C_n^*(n= ۵۸ تا ۱۳) به وسیله معادله زیر داده می‌شود:

$$C_n^{*} = a_n\left(G + 1 - g_n\right)^{g_n}\left(Q^2 + 1 - q_n\right)^{q_n}\left(F + 1 - f_n\right)^{f_n} U^{u_n} T^{-u_n} \qquad (ب-۵)$$

پارامترهای مخلوط U، G، Q و F با استفاده از معادله‌های حل ترکیبی زیر محاسبه شده‌اند، که در جمع‌های مضاعف، i از ۱ تا ۱-N تغییر کرده و برای هر مقدار از i، j از i+۱ تا N متغیر می‌باشد:

$$U^5 = \left(\sum_{i=1}^{N} x_i E_i^{5/2}\right)^2 + \sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N} x_i x_j \left(U_{ij}^5 - 1\right)\left(E_i E_j\right)^{5/2} \qquad (ب-۶)$$

$$G = \sum_{i=1}^{N} x_i G_i + \sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N} x_i x_j \left(G_{ij}^{*} - 1\right)\left(G_i + G_j\right) \qquad (ب-۷)$$

$$Q = \sum_{i=1}^{N} x_i Q_i \qquad (ب-۸)$$

$$F = \sum_{i=1}^{N} x_i^2 F_i \qquad (ب-۹)$$

بهتر است به این نکته توجه گردد که به جز برای مقادیر داده شده در جدول ب-۳، تمام مقادیر پارامترهـای برهمکنش دوتایی K_{ij}، E_{ij}، G_{ij} و U_{ij} یک می‌باشد. همچنین توجه شود که F_i برای تمام اجزاء بجز هیدروژن و W_i برای تمام اجزاء بجز آب صفر بوده که برای آنها $F(H_2)$ = ۱٫۰ و $W(H_2O)$ = ۱٫۰ می‌باشد.

مرحله سوم: در محاسبه ضریب تراکم Z، ترکیب گاز، دمای مطلق T و فشار مطلق گاز معلوم می‌باشد بنابراین تنها مسئله محاسبه چگالی مولی ρ_m، با استفاده از عبارت معادله حالت برای فشار p می‌باشد. به ایـن منظـور تعریف ضریب تراکم Z که در معادله ۱ آمده (به زیربند ۴-۲ مراجعه کنید) در معادلـه ۳ جاگـذاری شـده تـا معادله ب-۱۰ برای فشار به صورت زیر به دست آید:

$$\rho = \rho_m RT\left[1 + B\rho_m - \rho_r \sum_{n=13}^{18} C_n^{*} + \sum_{n=13}^{58} C_n^{*}\left(b_n - c_n k_n \rho_r^{k_n}\right)\rho_r^{b_n} \exp\left(-c_n \rho_r^{k_n}\right)\right] \qquad (ب-۱۰)$$

معادله ب-۱۰ با استفاده از معادله حالت استاندارد الگوریتم‌های چگالی حل شده است. با به دست آوردن معادله‌ای برای فشار p [معادله ب-۱۰]، مسئلهٔ بعدی جستجوی مقداری برای چگالی مولی ρ_m می‌باشد که حاصل آن فشاری است که در محدودهٔ از پیش تعیین شده (مثلاً $۱۰^{-۶} \times ۱$)، برابر با فشار ورودی، قرار دارد.

چگالی کاهش یافته ρ_r توسط پارامتر اندازهٔ مخلوط به چگالی مولی ρ_m مربوط می‌گردد [به معادله ۲ در زیربند ۴-۲ مراجعه شود].

پارامتر اندازه مخلوط K با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$K^5 = \left(\sum_{i=1}^{N} x_i K_i^{5/2} \right)^2 + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} x_i x_j \left(K_{ij}^5 - 1 \right) \left(K_i K_j \right)^{5/2} \qquad (ب-۱۱)$$

توجه شود که در عبارات جمع، زیروند i به جزء i اُم و زیروند j به جزء j اُم از مخلوط گاز ارجاع می‌شود. کمیت N عبارت است از تعداد اجزاء در مخلوط. بنابراین در یک جمع واحد، i در محدودهٔ مقادیر صحیح از ۱ تا N متغیر است. برای مثال در یک مخلوط ۱۲ جزئی، N=۱۲ می‌باشد پس در یک جمع واحد ۱۲ جمله موجود خواهد بود.

در یک جمع مضاعف، i از ۱ تا N-۱ تغییر می‌کند و برای هر مقدار از i، j از i+۱ تا N متغیر است. برای مثال در یک مخلوط ۱۲ جزئی چنانچه تمام مقادیر K_{ij} متفاوت از ۱ باشد در جمع مضاعف ۶۶ جمله وجود دارد. با این‌حال به دلیل این که تعداد زیادی از K_{ij}ها دارای مقدار ۱ می‌باشد برای بیشتر مخلوط‌های گاز طبیعی، تعداد جملات غیر صفر در جمع مضاعف کم است. توجه کنید که تمام مقادیر K_{ij}، به جز برای مقادیر داده شده در جدول ب-۳، یک می‌باشد.

مرحله چهارم: از آنجائی که چگالی مولی ρ_m در مرحله سوم به دست آمده است، ضریب تراکم در مرحله چهارم با استفاده از فشار، دما، چگالی مولی و ثابت گازها محاسبه می‌شود:

$$Z = p / (\rho_m RT) \qquad (ب-۱۲)$$

یادآوری- چگالی ρ (جرم بر واحد حجم) می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود:

$$\rho = M \rho_m \qquad (ب-۱۳)$$

که در آن M از معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$M = \sum_{i=1}^{N} x_i M_i \qquad (ب-۱۴)$$

چگالی را تا سه رقم اعشار گزارش نمائید.

جدول ب- ۱- پارامترهای معادله حالت

n	a_n	b_n	c_n	k_n	u_n	g_n	q_n	f_n	s_n	w_n
۱	۰٫۱۵۳۸۳۲۶۰۰	۱	۰	۰	۰٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱٫۳۴۱۹۵۳۰۰۰	۱	۰	۰	۰٫۵	۰	۰	۰	۰	۰
۳	-۲٫۹۹۸۵۸۳۰۰۰	۱	۰	۰	۱٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	-۰٫۰۴۸۳۱۲۲۸۰	۱	۰	۰	۳٫۵	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰٫۳۷۵۷۹۶۵۰۰	۱	۰	۰	-۰٫۵	۱	۰	۰	۰	۰
۶	-۱٫۵۸۹۵۷۵۰۰۰	۱	۰	۰	۴٫۵	۱	۰	۰	۰	۰
۷	-۰٫۰۵۳۵۸۸۴۷۰	۱	۰	۰	۰٫۵	۰	۱	۰	۰	۰
۸	۰٫۸۸۶۵۹۴۶۳۰	۱	۰	۰	۷٫۵	۰	۰	۰	۱	۰
۹	-۰٫۷۱۰۲۳۷۰۴۰	۱	۰	۰	۹٫۵	۰	۰	۰	۱	۰
۱۰	-۱٫۴۷۱۷۲۲۰۰۰	۱	۰	۰	۶٫۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱۱	۱٫۳۲۱۸۵۰۳۵۰	۱	۰	۰	۱۲٫۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱۲	-۰٫۷۸۶۶۵۹۲۵۰	۱	۰	۰	۱۲٫۵	۰	۰	۰	۰	۱
۱۳	$۲٫۲۹۱۲۹۰\times۱۰^{-۹}$	۱	۱	۳	-۶٫۰	۰	۰	۱	۰	۰
۱۴	۰٫۱۵۷۶۷۲۴۰۰	۱	۱	۲	۲٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۵	-۰٫۴۳۶۳۸۶۴۰۰	۱	۱	۲	۳٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۶	-۰٫۰۴۴۰۸۱۵۹۰	۱	۱	۲	۲٫۰	۰	۱	۰	۰	۰
۱۷	-۰٫۰۰۳۴۳۳۸۸۸	۱	۱	۴	۲٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۸	۰٫۰۳۲۰۵۹۰۵۰	۱	۱	۴	۱۱٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۹	۰٫۰۲۴۸۷۳۵۵۰	۲	۰	۰	-۰٫۵	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰	۰٫۰۷۳۳۲۲۷۹۰	۲	۰	۰	۰٫۵	۰	۰	۰	۰	۰
۲۱	-۰٫۰۰۱۶۰۰۵۷۳	۲	۱	۲	۰٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۲	۰٫۶۴۲۴۷۰۶۰۰	۲	۱	۲	۴٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۳	-۰٫۴۱۶۲۶۰۱۰۰	۲	۱	۲	۶٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۴	-۰٫۰۶۶۸۹۹۵۷۰	۲	۱	۴	۲۱٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۵	۰٫۲۷۹۱۷۹۵۰۰	۲	۱	۴	۲۳٫۰	۱	۰	۰	۰	۰
۲۶	-۰٫۶۹۶۶۰۵۱۰۰	۲	۱	۴	۲۲٫۰	۰	۱	۰	۰	۰
۲۷	-۰٫۰۰۲۸۶۰۵۸۹	۲	۱	۴	-۱٫۰	۰	۰	۱	۰	۰
۲۸	-۰٫۰۰۸۰۹۸۸۳۶	۳	۰	۰	-۰٫۵	۰	۱	۰	۰	۰
۲۹	۳٫۱۵۰۵۴۷۰۰۰	۳	۱	۱	۷٫۰	۱	۰	۰	۰	۰
۳۰	۰٫۰۰۷۲۲۴۴۷۹	۳	۱	۱	-۱٫۰	۰	۰	۱	۰	۰
۳۱	-۰٫۷۰۵۷۵۲۹۰۰	۳	۱	۲	۶٫۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳۲	۰٫۵۳۴۹۷۹۲۰۰	۳	۱	۲	۴٫۰	۱	۰	۰	۰	۰
۳۳	-۰٫۰۷۹۳۱۴۹۱۰	۳	۱	۳	۱٫۰	۱	۰	۰	۰	۰
۳۴	-۱٫۴۱۸۴۶۵۰۰۰	۳	۱	۳	۹٫۰	۱	۰	۰	۰	۰

w_n	s_n	f_n	q_n	g_n	u_n	k_n	c_n	b_n	a_n	n
۰	۰	۱	۰	۰	-۱۳٫۰	۴	۱	۳	-۵٫۹۹۹۰۵×۱۰$^{-۱۷}$	۳۵
۰	۰	۰	۰	۰	۲۱٫۰	۴	۱	۳	۰٫۱۰۵۸۴۰۲۰۰	۳۶
۰	۰	۰	۱	۰	۸٫۰	۴	۱	۳	۰٫۰۳۴۳۱۷۲۹۰	۳۷
۰	۰	۰	۰	۰	-۰٫۵	۰	۰	۴	-۰٫۰۰۷۰۲۲۸۴۷	۳۸
۰	۰	۰	۰	۰	۰٫۰	۰	۰	۴	۰٫۰۲۴۹۵۵۸۷۰	۳۹
۰	۰	۰	۰	۰	۲٫۰	۲	۱	۴	۰٫۰۴۲۹۶۸۱۸۰	۴۰
۰	۰	۰	۰	۰	۷٫۰	۲	۱	۴	۰٫۷۴۶۵۴۵۳۰۰	۴۱
۰	۰	۰	۱	۰	۹٫۰	۲	۱	۴	-۰٫۲۹۱۹۶۱۳۰۰	۴۲
۰	۰	۰	۰	۰	۲۲٫۰	۴	۱	۴	۷٫۲۹۴۶۱۶۰۰۰	۴۳
۰	۰	۰	۰	۰	۲۳٫۰	۴	۱	۴	-۹٫۹۳۶۷۵۷۰۰۰	۴۴
۰	۰	۰	۰	۰	۱٫۰	۰	۰	۵	-۰٫۰۰۵۳۹۹۸۰۸	۴۵
۰	۰	۰	۰	۰	۹٫۰	۲	۱	۵	-۰٫۲۴۳۲۵۶۷۰۰	۴۶
۰	۰	۰	۱	۰	۳٫۰	۲	۱	۵	۰٫۰۴۹۸۷۰۱۶۰	۴۷
۰	۰	۰	۰	۰	۸٫۰	۴	۱	۵	۰٫۰۰۳۷۳۳۷۹۷	۴۸
۰	۰	۰	۱	۰	۲۳٫۰	۴	۱	۵	۱٫۸۷۴۹۵۱۰۰۰	۴۹
۰	۰	۰	۰	۰	۱٫۵	۰	۰	۶	۰٫۰۰۲۱۶۸۱۴۴	۵۰
۰	۰	۰	۰	۱	۵٫۰	۲	۱	۶	-۰٫۶۵۸۷۱۶۴۰۰	۵۱
۰	۰	۰	۱	۰	-۰٫۵	۰	۰	۷	۰٫۰۰۰۲۰۵۵۱۸	۵۲
۰	۰	۰	۰	۰	۴٫۰	۲	۱	۷	۰٫۰۰۹۷۷۶۱۹۵	۵۳
۰	۰	۰	۰	۱	۷٫۰	۱	۱	۸	-۰٫۰۲۰۴۸۷۰۸۰	۵۴
۰	۰	۰	۰	۰	۳٫۰	۲	۱	۸	۰٫۰۱۵۵۷۳۲۲۰	۵۵
۰	۰	۰	۰	۱	۰٫۰	۲	۱	۸	۰٫۰۰۶۸۶۲۴۱۵	۵۶
۰	۰	۰	۰	۰	۱٫۰	۲	۱	۹	-۰٫۰۰۱۲۲۶۷۵۲	۵۷
۰	۰	۰	۱	۰	۰٫۰	۲	۱	۹	۰٫۰۰۲۸۵۰۹۰۸	۵۸

جدول ب- ۲- پارامترهای ویژگی

عدد شناسایی	ترکیب	جرم مولی M_i Kg. kmol^{-1}	پارامتر انرژی E_i K	پارامتر اندازه K_i $(m^3/kmol)^{1/3}$	پارامتر جهت‌گیری G_i	پارامتر چهار قطبی Q_i	پارامتر دما بالا F_i	پارامتر دوقطبی S_i	پارامتر تجمعی W_i
۱	متان	۱۶٫۰۴۳۰	۱۵۱٫۳۱۸۳۰۰	۰٫۴۶۱۹۲۵۵	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۲	نیتروژن	۲۸٫۰۱۳۵	۹۹٫۷۳۷۷۸۰	۰٫۴۴۷۹۱۵۳	۰٫۰۲۷۸۱۵	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۳	کربن دی‌اکسید	۴۴٫۰۱۰۰	۲۴۱٫۹۶۰۶۰۰	۰٫۴۵۵۷۴۸۹	۰٫۱۸۹۰۶۵	۰٫۶۹۰۰۰۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۴	اتان	۳۰٫۰۷۰۰	۲۴۴٫۱۶۶۷۰۰	۰٫۵۲۷۹۲۰۹	۰٫۰۷۹۳۰۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۵	پروپان	۴۴٫۰۹۷۰	۲۹۸٫۱۱۸۳۰۰	۰٫۵۸۳۷۴۹۰	۰٫۱۴۱۲۳۹	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۶	آب	۱۸٫۰۱۵۳	۵۱۴٫۰۱۵۶۰۰	۰٫۳۸۲۵۸۶۸	۰٫۳۳۲۵۰۰	۱٫۰۶۷۷۵۰	۰٫۰	۱٫۵۸۲۲	۰٫۰
۷	هیدروژن سولفید	۳۴٫۰۸۲۰	۲۹۶٫۳۵۵۰۰۰	۰٫۴۶۱۸۲۶۳	۰٫۰۸۸۵۰۰	۰٫۶۳۳۲۷۶	۰٫۰	۰٫۳۹۰۰	۰٫۰
۸	هیدروژن	۲٫۰۱۵۹	۲۶٫۹۵۷۹۴۰	۰٫۳۵۱۴۹۱۶	۰٫۰۳۴۳۶۹	۰٫۰	۱٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۹	کربن مونوکسید	۲۸٫۰۱۰۰	۱۰۵٫۵۳۴۸۰۰	۰٫۴۵۳۳۸۹۴	۰٫۰۳۸۹۵۳	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۰	اکسیژن	۳۱٫۹۹۸۸	۱۲۲٫۷۶۶۷۰۰	۰٫۴۱۸۶۹۵۴	۰٫۰۲۱۰۰۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۱	ایزوبوتان	۵۸٫۱۲۳۰	۳۲۴٫۰۶۸۹۰۰	۰٫۶۴۰۶۹۳۷	۰٫۲۵۶۶۹۲	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۲	n-بوتان	۵۸٫۱۲۳۰	۳۳۷٫۶۳۸۹۰۰	۰٫۶۳۴۱۴۲۳	۰٫۲۸۱۸۳۵	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۳	ایزوپنتان	۷۲٫۱۵۰۰	۳۶۵٫۵۹۹۹۰۰	۰٫۶۷۳۸۵۷۷	۰٫۳۳۲۲۶۷	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۴	n-پنتان	۷۲٫۱۵۰۰	۳۷۰٫۶۸۲۳۰۰	۰٫۶۷۹۸۳۰۷	۰٫۳۶۶۹۱۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۵	n-هگزان	۸۶٫۱۷۷۰	۴۰۲٫۶۳۶۲۹۳	۰٫۷۱۷۵۱۱۸	۰٫۲۸۹۷۳۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۶	n-هپتان	۱۰۰٫۲۰۴۰	۴۲۷٫۷۲۲۶۳۰	۰٫۷۵۲۵۱۸۹	۰٫۳۳۷۵۴۲	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۷	n-اکتان	۱۱۴٫۲۳۱۰	۴۵۰٫۳۲۵۰۲۲	۰٫۷۸۴۹۵۵۰	۰٫۳۸۳۳۸۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۸	n-نونان	۱۲۸٫۲۵۸۰	۴۷۰٫۸۴۰۸۹۱	۰٫۸۱۵۲۷۳۱	۰٫۴۲۷۳۵۴	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۱۹	n-دکان	۱۴۲٫۲۸۵۰	۴۸۹٫۵۵۸۳۷۳	۰٫۸۴۳۷۸۲۶	۰٫۴۶۹۶۵۹	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۲۰	هلیوم	۴٫۰۰۲۶	۲٫۶۱۰۱۱۱	۰٫۳۵۸۹۸۸۸	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰
۲۱	آرگون	۳۹٫۹۴۸۰	۱۱۹٫۶۲۹۹۰۰	۰٫۴۲۱۶۵۵۱	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰

جدول ب-۳- مقادیر پارامتر برهمکنش دوتایی

عدد شناسایی		جزء مزدوج	E_{ij}^{*}	U_{ij}	K_{ij}	G_{ij}
i	j					
۱	۲	متان + نیتروژن	۰٫۹۷۱۶۴۰	۰٫۸۶۶۱۰۶	۱٫۰۰۳۶۳۰	
	۳	کربن‌دی‌اکسید	۰٫۹۶۶۴۴	۰٫۹۶۳۸۲۷	۰٫۹۹۵۹۳۳	۰٫۸۰۷۶۵۳
	۴	اتان				
	۵	پروپان	۰٫۹۹۴۶۳۵	۰٫۹۹۰۸۷۷	۱٫۰۰۷۶۱۹	
	۶	آب	۰٫۷۰۸۲۱۸			
	۷	هیدروژن‌سولفید	۰٫۹۳۱۴۸۴	۰٫۷۳۶۸۳۳	۱٫۰۰۰۰۸۰	
	۸	هیدروژن	۱٫۱۷۰۵۲۰	۱٫۱۵۶۳۹۰	۱٫۰۲۳۲۶۰	۱٫۹۵۷۳۱۰
	۹	کربن‌مونوکسید	۰٫۹۹۰۱۲۶			
	۱۰	اکسیژن				
	۱۱	ایزوبوتان	۱٫۰۱۹۵۳۰			
	۱۲	n-بوتان	۰٫۹۸۹۸۴۴	۰٫۹۹۲۲۹۱	۰٫۹۹۷۵۹۶	
	۱۳	ایزوپنتان	۱٫۰۰۲۳۵۰			
	۱۴	n-پنتان	۰٫۹۹۹۲۶۸	۱٫۰۰۳۶۷۰	۱٫۰۰۲۵۲۹	
	۱۵	n-هگزان	۱٫۱۰۷۲۷۴	۱٫۳۰۲۵۷۶	۰٫۹۸۲۹۶۲	
	۱۶	n-هپتان	۰٫۸۸۰۸۸۰	۱٫۱۹۱۹۰۴	۰٫۹۸۳۵۶۵	
	۱۷	n-اکتان	۰٫۸۸۰۹۷۳	۱٫۲۰۵۷۶۹	۰٫۹۸۲۷۰۷	
	۱۸	n-نونان	۰٫۸۸۱۰۶۷	۱٫۲۱۹۶۳۴	۰٫۹۸۱۸۴۹	
	۱۹	n-دکان	۰٫۸۸۱۱۶۱	۱٫۲۳۳۴۹۸	۰٫۹۸۰۹۹۱	
۲	۳	نیتروژن + کربن‌دی‌اکسید	۱٫۰۲۲۷۴۰	۰٫۸۳۵۰۵۸	۰٫۹۸۲۳۶۱	۰٫۹۸۲۷۴۶
	۴	اتان	۰٫۹۷۰۱۲۰	۰٫۸۱۶۴۳۱	۱٫۰۰۷۹۶۰	
	۵	پروپان	۰٫۹۴۵۹۳۹	۰٫۹۱۵۵۰۲		
	۶	آب	۰٫۷۴۶۹۵۴			
	۷	هیدروژن‌سولفید	۰٫۹۰۲۲۷۱	۰٫۹۹۳۴۷۶	۰٫۹۴۲۵۹۶	
	۸	هیدروژن	۱٫۰۸۶۳۲۰	۰٫۴۰۸۸۳۸	۱٫۰۳۲۲۷۰	
	۹	کربن‌مونوکسید	۱٫۰۰۵۷۱۰			
	۱۰	اکسیژن	۱٫۰۲۱۰۰۰			
	۱۱	ایزوبوتان	۰٫۹۴۶۹۱۴			
	۱۲	n-بوتان	۰٫۹۷۳۳۸۴	۰٫۹۹۳۵۵۶		
	۱۳	ایزوپنتان	۰٫۹۵۹۳۴۰			
	۱۴	n-پنتان	۰٫۹۴۵۵۲۰			
۳	۴	کربن‌دی‌اکسید + اتان	۰٫۹۲۵۰۵۳	۰٫۹۶۹۸۷۰	۱٫۰۰۸۵۱۰	۰٫۳۷۰۲۹۶
	۵	پروپان	۰٫۹۶۰۲۳۷			

عدد شناسایی		جزء مزدوج	E_{ij}^{*}	U_{ij}	K_{ij}	G_{ij}
i	j					
	۶	آب	۰٫۸۴۹۴۰۸			۱٫۶۷۳۰۹۰
	۷	هیدروژن‌سولفید	۰٫۹۵۵۰۵۲	۱٫۰۴۵۲۹۰	۱٫۰۰۷۷۹۰	
	۸	هیدروژن	۱٫۲۸۱۷۹۰			
	۹	کربن‌مونوکسید	۱٫۵۰۰۰۰۰	۰٫۹۰۰۰۰۰		
	۱۰	اکسیژن				
	۱۱	ایزوبوتان	۰٫۹۰۶۸۴۹			
	۱۲	n-بوتان	۰٫۸۹۷۳۶۲			
	۱۳	ایزوپنتان	۰٫۷۲۶۲۵۵			
	۱۴	n-پنتان	۰٫۸۵۹۷۶۴			
	۱۵	n-هگزان	۰٫۸۵۵۱۳۴	۱٫۰۶۶۶۳۸	۰٫۹۱۰۱۸۳	
	۱۶	n-هپتان	۰٫۸۳۱۲۲۹	۱٫۰۷۷۶۳۴	۰٫۸۹۵۳۶۲	
	۱۷	n-اکتان	۰٫۸۰۸۳۱۰	۱٫۰۸۸۱۷۸	۰٫۸۸۱۱۵۲	
	۱۸	n-نونان	۰٫۷۸۶۳۲۳	۱٫۰۹۸۲۹۱	۰٫۸۶۷۵۲۰	
	۱۹	n-دکان	۰٫۷۶۵۱۷۱	۱٫۱۰۸۰۲۱	۰٫۸۵۴۴۰۶	
۴	۵	اتان + پروپان	۱٫۰۲۲۵۶۰	۱٫۰۶۵۱۷۳	۰٫۹۸۶۸۹۳	
	۶	آب	۰٫۶۹۳۱۶۸			
	۷	هیدروژن‌سولفید	۰٫۹۴۶۸۷۱	۰٫۹۷۱۹۲۶	۰٫۹۹۹۹۶۹	
	۸	هیدروژن	۱٫۱۶۴۴۶۰	۱٫۶۱۶۶۶۰	۱٫۰۲۰۳۴۰	
	۹	کربن‌مونوکسید				
	۱۰	اکسیژن				
	۱۱	ایزوبوتان		۱٫۲۵۰۰۰۰		
	۱۲	n-بوتان	۱٫۰۱۳۰۶۰	۱٫۲۵۰۰۰۰		
	۱۳	ایزوپنتان		۱٫۲۵۰۰۰۰		
	۱۴	n-پنتان	۱٫۰۰۵۳۲۰	۱٫۲۵۰۰۰۰		
۵	۸	پروپان + هیدروژن	۱٫۰۳۴۷۸۷			
	۱۲	n-بوتان	۱٫۰۰۴۹۰۰			
۷	۱۵	هیدروژن‌سولفید + n-هگزان	۱٫۰۰۸۶۹۲	۱٫۰۲۸۹۷۳	۰٫۹۶۸۱۳۰	
	۱۶	n-هپتان	۱٫۰۱۰۱۲۶	۱٫۰۳۳۷۵۴	۰٫۹۶۲۸۷۰	
	۱۷	n-اکتان	۱٫۰۱۱۵۰۱	۱٫۰۳۸۳۳۸	۰٫۹۵۷۸۲۸	
	۱۸	n-نونان	۱٫۰۱۲۸۲۱	۱٫۰۴۲۷۳۵	۰٫۹۵۲۴۴۱	
	۱۹	n-دکان	۱٫۰۱۴۰۸۹	۱٫۰۴۶۹۶۶	۰٫۹۴۸۳۳۸	

G_{ij}	K_{ij}	U_{ij}	E_{ij}^{*}	جزء مزدوج	عدد شناسایی	
					j	i
			۱٫۱۰۰۰۰۰	هیدروژن + کربن‌مونوکسید	۹	۸
				اکسیژن	۱۰	
			۱٫۳۰۰۰۰۰	ایزوبوتان	۱۱	
			۱٫۳۰۰۰۰۰	n-بوتان	۱۲	

پیوست پ

(الزامی)

مثالی از محاسبات

مثالی از محاسبات زیر با استفاده از برنامه کامپیوتری معتبر که در مرجع [1] شرح داده شده است، انجام گرفته که با روش بیان شده در پیوست ب ترکیب شده است.

جدول پ- ۱- تجزیه گاز بر حسب کسر مولی

	گاز ۱	گاز ۲	گاز ۳	گاز ۴	گاز ۵	گاز ۶
x_{CO_2}	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۵	۰٫۰۱۵	۰٫۰۱۶	۰٫۰۷۶	۰٫۰۱۱
x_{N_2}	۰٫۰۰۳	۰٫۰۳۱	۰٫۰۱۰	۰٫۱۰۰	۰٫۰۵۷	۰٫۱۱۷
x_{H_2}	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۹۵	۰٫۰۰	۰٫۰۰
x_{CO}	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
x_{CH_4}	۰٫۹۶۵	۰٫۹۰۷	۰٫۸۵۹	۰٫۷۳۵	۰٫۸۱۲	۰٫۸۲۶
x_{C2H_6}	۰٫۰۱۸	۰٫۰۴۵۰	۰٫۰۸۵	۰٫۰۳۳	۰٫۰۴۳	۰٫۰۳۵
x_{C3H8}	۰٫۰۰۴۵	۰٫۰۰۸۴	۰٫۰۲۳	۰٫۰۰۷۴	۰٫۰۰۹	۰٫۰۰۷۵
x_{iso}-C_4H_{10}	۰٫۰۰۱۰	۰٫۰۰۱۰	۰٫۰۰۳۵	۰٫۰۰۱۲	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۲
x_{n}-C_4H_{10}	۰٫۰۰۱۰	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۳۵	۰٫۰۰۱۲	۰٫۰۰۱۵	۰٫۰۰۱۲
x_{iso}-C_5H_{12}	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۳	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰۴
x_{n}-C_5H_{12}	۰٫۰۰۰۳	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰۰۵	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰۴
$x_{C6H_{14}}$	۰٫۰۰۰۷	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰۲
x_{C7H16}	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰۱
x_{C8H18}	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰

جدول پ- ۲- نتایج (مقادیرZ)

شرایط		گاز ۱	گاز ۲	گاز ۳	گاز ۴	گاز ۵	گاز ۶
p bar	*t* °C						
۶۰	-۳٫۱۵	۰٫۸۴۰۵۳	۰٫۸۳۳۴۸	۰٫۷۹۳۸۰	۰٫۸۸۵۵۰	۰٫۸۲۶۰۹	۰٫۸۵۳۸۰
۶۰	۶٫۸۵	۰٫۸۶۱۹۹	۰٫۸۵۵۹۶	۰٫۸۲۲۰۰۶	۰٫۹۰۱۴۴	۰٫۸۴۹۶۹	۰٫۸۷۳۷۰
۶۰	۱۶٫۸۵	۰٫۸۸۰۰۶	۰٫۸۷۴۸۴	۰٫۸۴۵۴۴	۰٫۹۱۵۰۱	۰٫۸۶۹۴۴	۰٫۸۹۰۵۲
۶۰	۳۶٫۸۵	۰٫۹۰۸۶۷	۰٫۹۰۴۶۶	۰٫۸۸۱۸۳	۰٫۹۳۶۷۴	۰٫۹۰۰۵۲	۰٫۹۱۷۲۳
۶۰	۵۶٫۸۵	۰٫۹۳۰۱۱	۰٫۹۲۶۹۶	۰٫۹۰۸۶۸	۰٫۹۵۳۱۸	۰٫۹۲۳۶۸	۰٫۹۳۷۳۰
۱۲۰	-۳٫۱۵	۰٫۷۲۱۳۳	۰٫۷۱۰۴۴	۰٫۶۴۱۴۵	۰٫۸۱۰۲۴	۰٫۶۹۵۴۰	۰٫۷۵۰۷۴
۱۲۰	۶٫۸۵	۰٫۷۶۰۲۵	۰٫۷۵۰۶۶	۰٫۶۸۹۷۱	۰٫۸۳۷۸۲	۰٫۷۳۷۸۰	۰٫۷۸۵۸۶
۱۲۰	۱۶٫۸۵	۰٫۷۹۳۱۷	۰٫۷۸۴۷۵	۰٫۷۳۱۲۳	۰٫۸۶۱۳۷	۰٫۷۷۳۶۹	۰٫۸۱۵۶۹
۱۲۰	۳۶٫۸۵	۰٫۸۴۵۱۵	۰٫۸۳۸۶۳	۰٫۷۹۶۹۷	۰٫۸۹۹۱۳	۰٫۸۳۰۲۲	۰٫۸۶۳۱۱
۱۲۰	۵۶٫۸۵	۰٫۸۸۳۸۳	۰٫۸۷۸۷۰	۰٫۸۴۵۵۳	۰٫۹۲۷۶۶	۰٫۸۷۲۱۱	۰٫۸۹۸۶۲

پیوست ت

(الزامی)

ضرایب تبدیل فشار و دما

اگر متغیرهای ورودی فشار و دما بر حسب یکاهای لازم، یعنی مگاپاسکال و کلوین، نباشند به منظور استفاده از برنامهٔ اجرائی فرترن[1]، تبدیل یکاها باید انجام پذیرد. گزیده‌ای از ضرایب تبدیل مناسب بشرح زیر می‌باشد.

فشار:

$p\ (\mathrm{MPa}) = [p\ (\mathrm{bar})] \times ۱۰^{-۱}$

$p\ (\mathrm{MPa}) = [p\ (\mathrm{atm})] \times ۰{,}۱۰۱\ ۳۲۵$

$p\ (\mathrm{MPa}) = [p\ (\mathrm{psia})\ ] / ۱۴۵{,}۰۳۸$

$p\ (\mathrm{MPa}) = [p\ (\mathrm{psia})\ ] + ۱۴{,}۶۹۵\ ۹] / ۱۴۵{,}۰۳۸$

دما:

$T\ (\mathrm{K}) = t\ (^{\circ}\mathrm{C}) + ۲۷۳{,}۱۵$

$T\ (\mathrm{K}) = [t\ (^{\circ}\mathrm{F}) - ۳۲\ ] / ۱{,}۸ + ۲۷۳{,}۱۵$

$T\ (\mathrm{K}) = [t\ (^{\circ}\mathrm{R})] / ۱{,}۸$

1- Fortran

پیوست ث

(آگاهی دهنده)

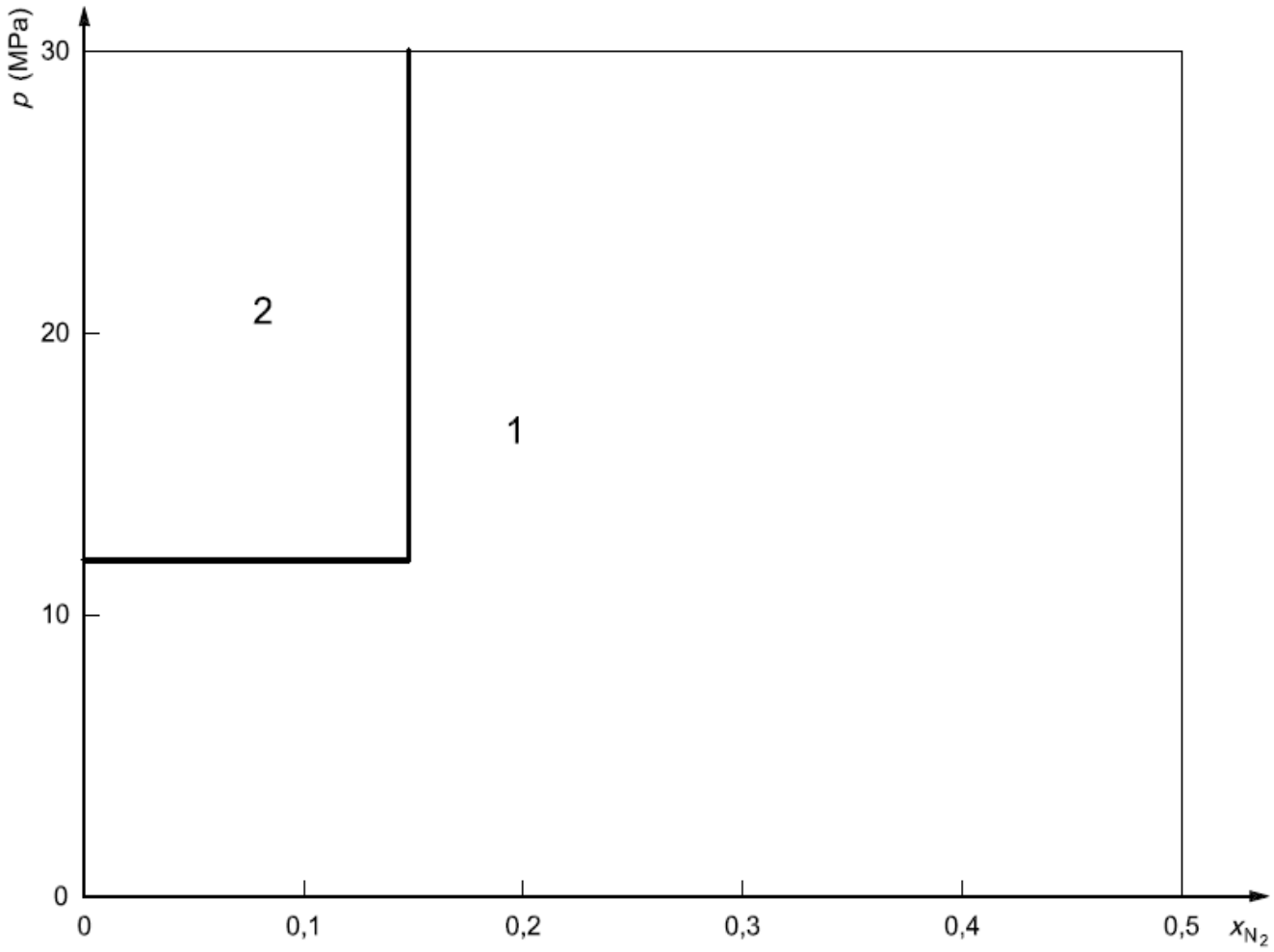
کارایی در گستره‌های وسیع‌تری از کاربرد

معادله AGA8-92DC بطور جامع در محدوده دمایی ۲۶۳ K تا ۳۳۸ K و تا فشار ۳۰ MPa، با داده‌های GERG[2], [3] و با داده‌های موسسه تحقیقات گاز [4] مورد آزمون قرار گرفته است. این آزمون‌ها برای گازهایی انجام شده است که گسترهٔ ترکیبی آنها مشابه گازهای کیفی خط لوله می‌باشد (به زیربند ۴-۴-۱ مراجعه شود). در این گستره‌ها عدم قطعیت مربوطه در زیربند ۴-۵ آورده شده است.

تخمین‌های اولیه از عدم قطعیت‌های دخیل در محاسبات ضریب تراکم برای گسترهٔ وسیع‌تری از کاربرد (بر حسب ترکیب)، (به زیربند ۴-۴-۲ مراجعه کنید) در شکل‌های ث-۱ تا ث-۴ ترسیم شده است که به ترتیب مربوط به نمودارهای فشار- ترکیب برای نیتروژن، کربن‌دی‌اکسید، اتان و پروپان می‌باشد.

در شکل‌های ث-۱ تا ث-۴ کارایی روش AGA8-92DC تا حداکثر فشار ۳۰ MPa نشان داده شده است. محدوده‌های عدم قطعیت به فشار، دما و ترکیب بستگی داشته و قویاً متاثر از مجاورت مرز فازی می‌باشند. گستره‌های عدم قطعیت تخمین زده شده که در زیر ارائه گردیده است بر اساس داده‌هایی که جامعیت کمتری دارند گردآوری شده‌اند. این داده‌ها به عنوان مکمل بانک داده‌ای GERG[3] و بانک‌های داده‌ای موجود در مراجع [2] و [3] منتشر گردیده‌اند. همچنین مرجع [4] داده‌هایی را برای فشارهای بالاتر از ۷۰ MPa فراهم می‌نماید. گستره‌های عدم قطعیت ارائه شده در شکل‌های ث-۱ تا ث-۴ همیشه برای آن نتیجه‌ای است که در بدترین حالت اتفاق می‌افتد، مثلاً آنهایی که در حداقل شرایط بهینه هستند.

از خطوط نقطه‌چین برای جداسازی دو ناحیهٔ عدم قطعیت تخمین زده شده، یعنی زمانی که شواهد تجربی برای تعیین محل مرز فازی کافی نباشد، استفاده می‌شود. ترکیب پیچیده گاز اثر قوی بر روی محل قرارگیری مرز فازی خواهد داشت بنابراین بهتر است تا کاربر محاسبات مرز فازی مربوط به خود را انجام دهد.



معادله AGA8-92DC (T برابر است با ۲۶۳ K تا ۳۳۸ K)

راهنما:

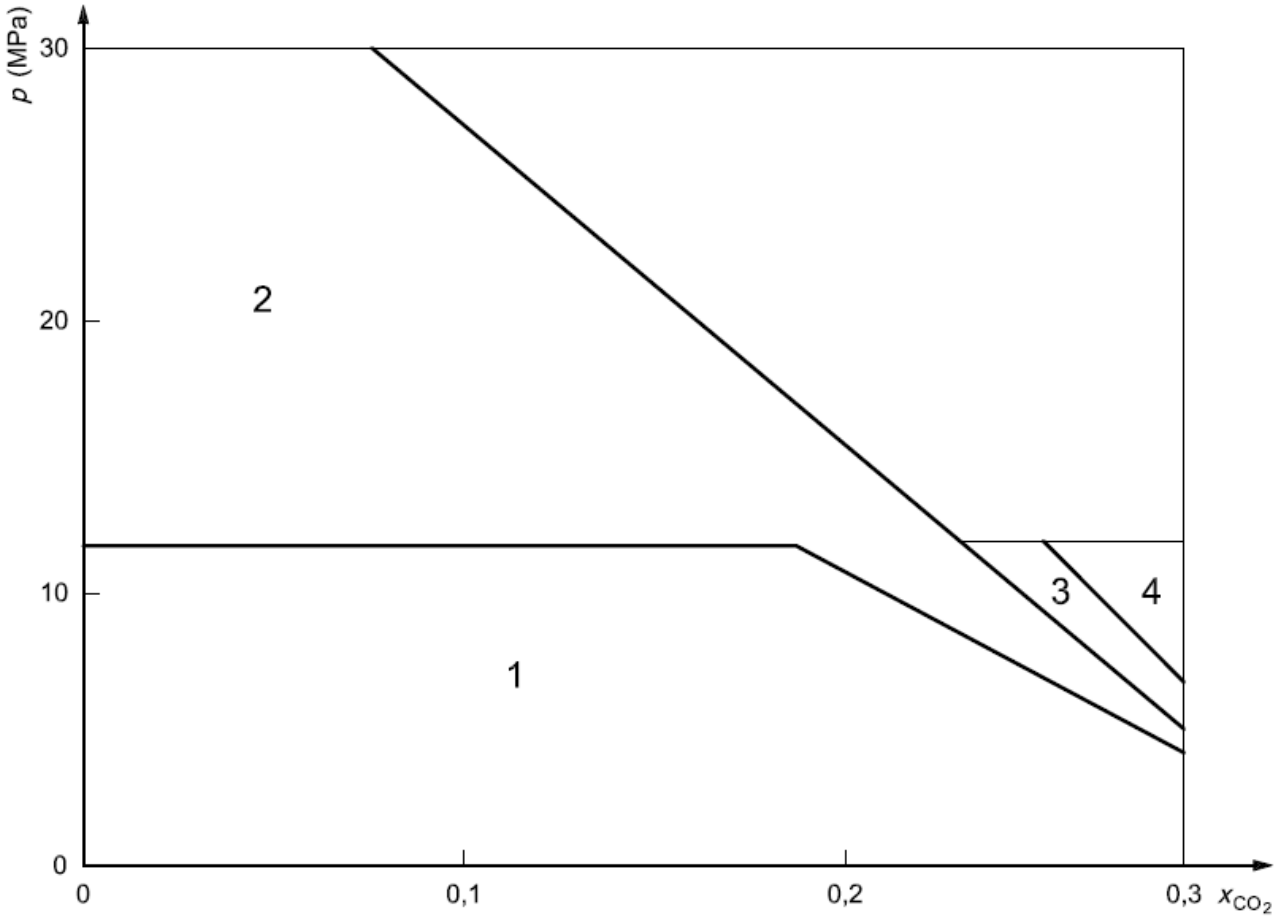
p فشار

x_{N2} کسر مولی نیتروژن

1 ΔZ $\geq$ ٪ ۰٫۱ ±

2 ΔZ ٪ ۰٫۱ ± تا ٪ ۰٫۲±

شکل ث-۱- حدود عدم قطعیت تخمینی برای محاسبه ضرایب تراکم گازهای طبیعی دارای نیتروژن بالا

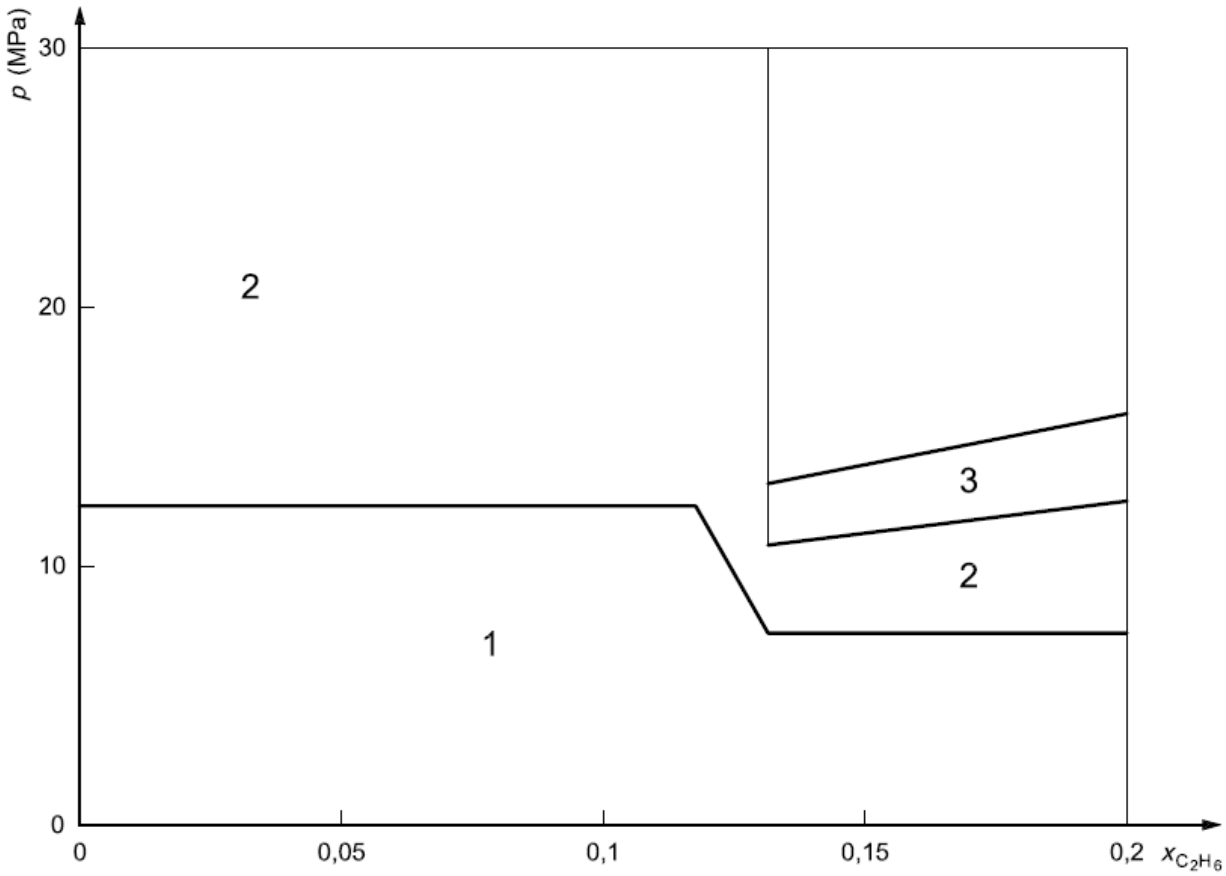


معادله AGA8-92DC (T برابر است با ۲۶۳ K تا ۳۳۸ K)

راهنما:

p	فشار	
x_{CO2}	کسر مولی کربن‌دی‌اکسید	
1	ΔZ	≥ ٪ ۰٫۱ ±
2	ΔZ	٪ ۰٫۱ ± تا ٪ ۰٫۲ ±
3	ΔZ	٪ ۰٫۲ ± تا ٪ ۰٫۵ ±
4	ΔZ	٪ ۰٫۵ ± تا ٪ ۳٫۰ ±

شکل ث-۲- حدود عدم‌قطعیت تخمینی برای محاسبه ضرایب تراکم گازهای طبیعی دارای میزان کربن‌دی‌اکسید بالا

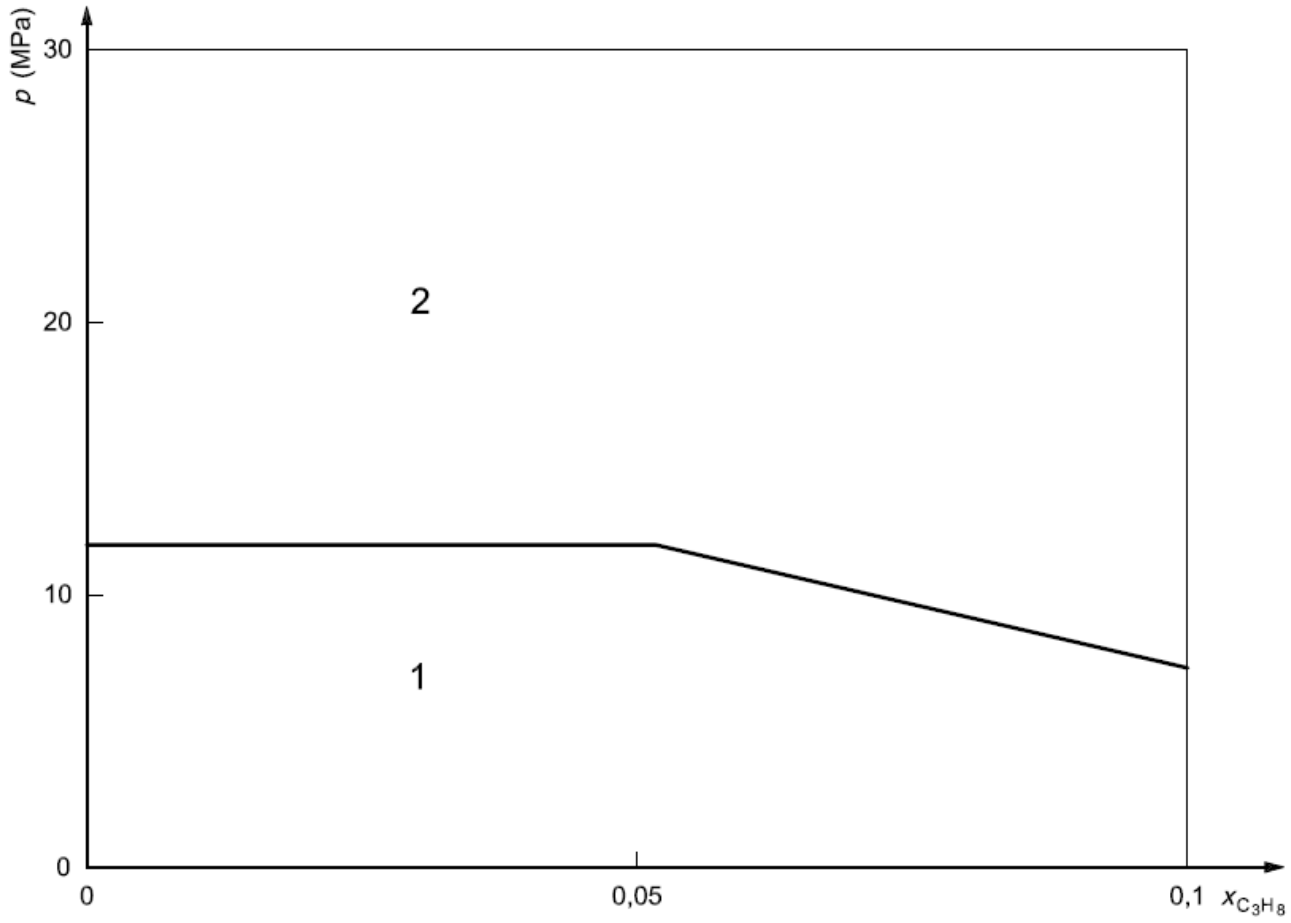


معادله AGA8-92DC (T برابر است با ۲۶۳ K تا ۳۳۸ K)

راهنما:

p	فشار	
x_{C2H6}	کسر مولی اتان	
1	ΔZ	≥ ٪ ۰٫۱ ±
2	ΔZ	٪ ۰٫۱ ± تا ٪ ۰٫۲ ±
3	ΔZ	٪ ۰٫۲ ± تا ٪ ۰٫۵ ±

شکل ث-۳- حدود عدم‌قطعیت تخمینی برای محاسبه ضرایب تراکم گازهای طبیعی دارای اتان بالا



معادله AGA8-92DC (T برابر است با ۲۶۳ K تا ۳۳۸ K)

راهنما:

p	فشار
x_{C3H8}	کسر مولی پروپان
1 ΔZ	≥ ٪ ۰٫۱ ±
2 ΔZ	٪ ۰٫۱ ± تا ٪ ۰٫۲±

شکل ث-۴- حدود عدم‌قطعیت تخمینی برای محاسبه ضرایب تراکم گازهای طبیعی دارای پروپان بالا

نتایج کلی در حداکثر فشار MPa ۱۰ و دماهای بین K ۲۶۳ تا K ۳۳۸ می‌تواند به صورت زیر خلاصه شود. در دامنهٔ دما و فشار داده شده، تنها گازهایی که کسر مولی آنها در محدوده زیر می‌باشد، به ترتیب عدم قطعیت‌هایی برابر با ٪ ۰٫۱± ، ٪ ۰٫۲± و ٪ ۰٫۵± خواهند داشت.

جزء	کسر مولی برای هر عدم قطعیت در بازهٔ		
	٪ ۰٫۱ ±	٪ ۰٫۲±	٪ ۰٫۵ ±
نیتروژن	۰٫۵۰≥	-	-
کربن‌دی‌اکسید	۰٫۲۳ ≥	۰٫۲۶ ≥	۰٫۲۸ ≥
اتان	۰٫۱۳ ≥	۰٫۲۰ ≥	-
پروپان	۰٫۰۶ ≥	۰٫۱۰ ≥	-

پیوست ج

(آگاهی دهنده)

زیربرنامه‌ها در زبان برنامه نویسی فرترن برای روش AGA8-92DC

```
C
C update: 17.05.94 E.W. Lemmon/S.W. Beyerlein/J.L. Savidge
C update: 4.09.95 M. Jaeschke J. Sikora
================================================================================
C AGA8-DC92 COMPRESSION FACTOR EQUATION
================================================================================
C SUBROUTINE DCAGA
C
C This program was written to accompany ISO 12213.
C
C "DCAGA" Calculates the compression factor of natural gases using
C a detailed gas analysis.
C
C For information contact: DR. Jeffrey L. Savidge
C gas research institute
C 8600 W. Bryn Mawr Ave.
C Chicago, IL 60631
C (312) 399-8100, FAX (312) 399-8125
C
C
C This program calculates compression factors and molar densities for
C natural gases from the input of gas composition in accordance with the
C AGA8-DC92 compression equation developed by the Gas
C Research Institute, Chicago, Illinois. (K.E. Starling and J.L.
C Savidge, Compressibility Factors of Natural Gas and Other Related
C Hydrocarbon Gases, American Gas Association, AGA Transmission
C Measurement Committee Report No. 8, American Petroleum Institute MPMS
C Chapter 14.2, Second Edition, November 1992, Catalog No. XQ9212).
C
C
C The coefficients used in this program are the same as the values found
C in AGA Report No. 8, November 1992.
C Values for the gas constant and molar masses conform with ISO 6976
C (1995) and GPA 2172 (1988).
C
C
C Ranges of application for compression factor calculation
C with the AGA8 - DC92 equation:
C
C p-T-ranges
C absolute pressure 0 to 65 MPa
C temperature 225 to 350 K
C
C Ranges for percentage molar composition:
C
C A: pipeline quality natural gas
C B: wider ranges of application
C
```

```
C                       A                 B
C methane           70 to 100          50 to 100
C nitrogen          0 to 20            0 to 50
C carbon dioxide    0 to 20            0 to 30
C ethane            0 to 10            0 to 20
C propane           0 to 3.5           0 to 5
C butanes           0 to 1.5           0 to 1.5
C pentanes          0 to 0.5           0 to 0.5
C hexanes           0 to 0.1           0 to 0.1
C heptanes          0 to 0.05          0 to 0.05
C octanes plus      0 to 0.05          0 to 0.05
C hydrogen          0 to 10            0 to 10
C carbon monoxide   0 to 3             0 to 3
C helium            0 to 0.5           0 to 0.5
C water             0 to 0.015         0 to 0.015
C The expected uncertainty of the calculated results are for
C pipeline quality natural gases:
C +/- 0,1% within p-T range 0 to 12 MPa, 263 to 350 K
C +/- 0,6% within p-T range 0 to 60 MPa, 225 to 350 K
C The expected uncertainty in the wider range of application
C (composition) is often even for pressures up to 12 MPa larger.
C For more details see ISO 12213 part 2.
C
SUBROUTINE DCAGA (XJ)

INTEGER B(58),C(58),K(58),G(58)
INTEGER Q(58),F(58),S(58),W(58)
REAL*8 A(58),U(58)
COMMON /CONSTANTS/ A,B,C,K,U,G,Q,F,S,W

REAL*8 MW(21),EI(21),KI(21),GI(21),QI(21),FI(21),SI(21),WI(21)
REAL*8 EIJ(21,21),UIJ(21,21),KIJ(21,21),GIJ(21,21)
COMMON /PARAMETERS/ MW,EI,KI,GI,QI,FI,SI,WI,EIJ,UIJ,KIJ,GIJ

REAL*8 K1, CNS(58), BI(18)
COMMON /COEF/ K1, CNS, BI

REAL*8 MWX, RGAS, TCM, DCM
COMMON /MW/ MWX, RGAS, TCM, DCM

INTEGER I, J, N
REAL*8 SUM, XI(21), XJ(21)
REAL*8 U1, G1, Q1, F1, E1
REAL*8 XIJ, EIJ0, GIJ0, BN

XI( 1) = XJ( 1)
XI( 4) = XJ( 2)
XI( 5) = XJ( 3)
XI(11) = XJ( 4)
XI(12) = XJ( 5)
XI(13) = XJ( 6)
XI(14) = XJ( 7)
XI(15) = XJ( 8)
XI(16) = XJ( 9)
XI(17) = XJ(10)
XI(18) = XJ(11)
XI(19) = XJ(12)
XI( 3) = XJ(13)
```

```
XI( 2) = XJ(14)
XI( 7) = XJ(15)
XI(20) = XJ(16)
XI( 6) = XJ(17)
XI(10) = XJ(18)
XI(21) = XJ(19)
XI( 8) = XJ(20)
XI( 9) = XJ(21)

C.....Normalize mole fractions
     SUM = 0
     MWX = 0
     DO 10 I=1, 21
10 SUM = SUM + XI(I)

     DO 20 I=1, 21
20 XI(I) = XI(I)/SUM
C.....Calculate molecular weight
     RGAS = 8.31451D-3
     MWX = 0
     DO 30 I=1, 21
30 MWX = MWX + XI(I)*MW(I)
     DO 40 N=1, 18
40 BI(N) = 0
     K1 = 0
     U1 = 0
     G1 = 0
     Q1 = 0
     F1 = 0
     E1 = 0
     DO 50 I=1, 21
          K1 = K1 + XI(I)*KI(I)**2.5D0
          U1 = U1 + XI(I)*EI(I)**2.5D0
          G1 = G1 + XI(I)*GI(I)
          Q1 = Q1 + XI(I)*QI(I)
          F1 = F1 + XI(I)*XI(I)*FI(I)
          E1 = E1 + XI(I)*EI(I)
50 CONTINUE
     TCM = 1.261*E1
     DCM = K1**(-1.2D0)
     K1 = K1*K1
     U1 = U1*U1
     DO 60 I=1, 8
          DO 60 J=I+1, 19
               XIJ = XI(I)*XI(J)
               IF (XIJ.NE.0) THEN
                    K1 = K1+2.D0*XIJ*(KIJ(I,J)**5.D0-
               1.D0)*(KI(I)*KI(J))**2.5D0
                    U1 = U1+2.D0*XIJ*(UIJ(I,J)**5.D0-
               1.D0)*(EI(I)*EI(J))**2.5D0
                    G1 = G1+XIJ*(GIJ(I,J) - 1.D0)*(GI(I) + GI(J))
               ENDIF
60 CONTINUE
     DO 80 I=1, 21
          DO 80 J=I, 21
               XIJ = XI(I)*XI(J)
               IF (XIJ.NE.0) THEN
                    IF (I.NE.J) XIJ = 2.D0*XIJ
                    EIJ0 = EIJ(I,J)*DSQRT(EI(I)*EI(J))
                    GIJ0 = GIJ(I,J)*(GI(I) + GI(J))/2.D0
```

```
                    DO 70 N=1, 18
                         BN = (GIJ0 + 1.D0 - G(N))**G(N)
     & * (QI(I)*QI(J) + 1.D0 - Q(N))**Q(N)
     & * (DSQRT(FI(I)*FI(J)) + 1.D0 - F(N))**F(N)
     & * (SI(I)*SI(J) + 1.D0 - S(N))**S(N)
     & * (WI(I)*WI(J) + 1.D0 - W(N))**W(N)
               BI(N) = BI(N)+A(N)*XIJ*EIJ0**U(N)*(KI(I)*KI(J))**1.5D0*BN
70 CONTINUE
     ENDIF
80 CONTINUE
     K1 = K1**0.2D0
     U1 = U1**0.2D0
     DO 90 N=13, 58
90 CNS(N) = (G1 + 1.D0 - G(N))**G(N)
     & * (Q1**2 + 1.D0 - Q(N))**Q(N)
     & * (F1 + 1.D0 - F(N))**F(N)
     & * A(N)*U1**U(N)
          END
C=======================================================================
SUBROUTINE PZOFDT(D, T, P, Z, BMIX)

INTEGER B(58),C(58),K(58),G(58)
INTEGER Q(58),F(58),S(58),W(58)
REAL*8 A(58),U(58)
COMMON /CONSTANTS/ A,B,C,K,U,G,Q,F,S,W

REAL*8 K1, CNS(58), BI(18)
COMMON /COEF/ K1, CNS, BI

REAL*8 MWX, RGAS, TCM, DCM
COMMON /MW/ MWX, RGAS, TCM, DCM

INTEGER N
REAL*8 D, T, P, Z, BMIX, DR

DR = D*K1**3
BMIX = 0
DO 10 N=1, 18
10 BMIX = BMIX + BI(N)/T**U(N)

     Z = 1.D0 + BMIX*D
     DO 20 N=13, 18
20 Z = Z - DR*CNS(N)/T**U(N)

     DO 30 N=13, 58
30 Z = Z + CNS(N)/T**U(N)*(B(N) - C(N)*K(N)*DR**K(N))*DR**B(N)
     & *DEXP(-C(N)*DR**K(N))
     P = D*RGAS*T*Z
          END
C=======================================================================
SUBROUTINE DZOFPT(P, T, D, Z, BMIX)

REAL*8 P, T, D, Z, BMIX
REAL*8 X1, X2, X3, F, F1, F2, F3, TOL
INTEGER I

TOL = 0.5D-9
X1 = 0.000001D0
```

```
X2 = 40.D0
D = 0

CALL PZOFDT(X1, T, F1, Z, BMIX)
CALL PZOFDT(X2, T, F2, Z, BMIX)
F1 = F1 - P
F2 = F2 - P
IF (F1*F2.GE.0) RETURN
C------------------------------------------------------------------------
C BEGIN ITERATING
C------------------------------------------------------------------------
     DO 60 I = 1, 50
C    ...Use False Position to get point 3.
     X3 = X1 - F1*(X2 - X1)/(F2 - F1)
     CALL PZOFDT(X3, T, F3, Z, BMIX)
     F3 = F3 - P
C    ...Use points 1, 2, and 3 to estimate the root using Chamber's
C    ...method (quadratic solution).
          D = X1*F2*F3/((F1 - F2)*(F1 - F3))
     & + X2*F1*F3/((F2 - F1)*(F2 - F3))
     & + X3*F1*F2/((F3 - F1)*(F3 - F2))
     IF ((D - X1)*(D - X2).GE.0) D = (X1 + X2)/2.D0
     CALL PZOFDT(D, T, F, Z, BMIX)
     F = F - P
     IF (DABS(F).LE.TOL) RETURN
C    ...Discard quadratic solution if false position root is closer.
          IF (DABS(F3).LT.DABS(F) .AND. F*F3.GT.0) THEN
               IF (F3*F1.GT.0) THEN
                    X1 = X3
                    F1 = F3
               ELSE
          X2 = X3
           = F3
     ENDIF
     ELSE
C    ...Swap in new value from quadratic solution
     IF (F*F3.LT.0) THEN
          X1 = D
          F1 = F
          X2 = X3
          F2 = F3
     ELSEIF (F3*F1.GT.0) THEN
          X1 = D
          F1 = F
     ELSE
          X2 = D
          F2 = F
     ENDIF
     ENDIF
60 CONTINUE
     D = 0
     END
C=======================================================================
     BLOCK DATA
     INTEGER B(58),C(58),K(58),G(58)
     INTEGER Q(58),F(58),S(58),W(58)
     REAL*8 A(58),U(58)
     COMMON /CONSTANTS/ A,B,C,K,U,G,Q,F,S,W
```

```
      REAL*8 MW(21),EI(21),KI(21),GI(21),QI(21),FI(21),SI(21),WI(21)
      REAL*8 EIJ(21,21),UIJ(21,21),KIJ(21,21),GIJ(21,21)
      COMMON /PARAMETERS/ MW,EI,KI,GI,QI,FI,SI,WI,EIJ,UIJ,KIJ,GIJ

      REAL*8 XN(21), XH(21)
      COMMON /GRENZDATA/ XN,XH

C.....Equation of state parameters
      DATA A/
     & 0.153832600D0, 1.341953000D0, -2.998583000D0, -0.048312280D0,
     & 0.375796500D0, -1.589575000D0, -0.053588470D0, 0.886594630D0,
     & -0.710237040D0, -1.471722000D0, 1.321850350D0, -0.786659250D0,
     & 0.2291290D-08, 0.157672400D0, -0.436386400D0, -0.044081590D0,
     & -0.003433888D0, 0.032059050D0, 0.024873550D0, 0.073322790D0,
     & -0.001600573D0, 0.642470600D0, -0.416260100D0, -0.066899570D0,
     & 0.279179500D0, -0.696605100D0, -0.002860589D0, -0.008098836D0,
     & 3.150547000D0, 0.007224479D0, -0.705752900D0, 0.534979200D0,
     & -0.079314910D0, -1.418465000D0, -0.5999050D-16, 0.105840200D0,
     & 0.034317290D0, -0.007022847D0, 0.024955870D0, 0.042968180D0,
     & 0.746545300D0, -0.291961300D0, 7.294616000D0, -9.936757000D0,
     & -0.005399808D0, -0.243256700D0, 0.049870160D0, 0.003733797D0,
     & 1.874951000D0, 0.002168144D0, -0.658716400D0, 0.000205518D0,
     & 0.009776195D0, -0.020487080D0, 0.015573220D0, 0.006862415D0,
     & -0.001226752D0, 0.002850908D0/
         DATA B/1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,2,2,2,2,2,2,2,2,3,3,
     & 3,3,3,3,3,3,3,4,4,4,4,4,4,4,5,5,5,5,5,6,6,7,7,8,8,8,9,9/
         DATA C/0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,0,0,1,1,1,1,1,1,0,1,
     & 1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,1,1,1,1,1,0,1,1,1,1,0,1,0,1,1,1,1,1,1/
         DATA K/0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,3,2,2,2,4,4,0,0,2,2,2,4,4,4,4,0,1,
     & 1,2,2,3,3,4,4,4,0,0,2,2,2,4,4,0,2,2,4,4,0,2,0,2,1,2,2,2,2/
         DATA G/0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,
     & 0,0,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,0/
         DATA Q/0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,1,0,
     & 0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,1/
         DATA F/0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,
     & 1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0/
         DATA S/0,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
     & 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0/
         DATA W/0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
     & 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0/
         DATA U/0,0.5D0,1,3.5D0,-0.5D0,4.5D0,0.5D0,7.5D0,9.5D0,6,12,12.5D0,
     & -6,2,3,2,2,11,-0.5D0,0.5D0,0,4,6,21,23,22,-1,-0.5D0,7,-1,6,
     & 4,1,9,-13,21,8,-0.5D0,0,2,7,9,22,23,1,9,3,8,23,1.5D0,5,
     & -0.5D0,4,7,3,0,1,0/

C.....Characterization Parameters
         DATA MW/16.0430D0, 28.0135D0, 44.0100D0, 30.0700D0, 44.0970D0,
     & 18.0153D0, 34.0820D0, 2.0159D0, 28.0100D0, 31.9988D0,
     & 58.1230D0, 58.1230D0, 72.1500D0, 72.1500D0, 86.1770D0,
     & 100.2040D0,114.2310D0,128.2580D0,142.2850D0, 4.0026D0,
     & 39.9480D0/
         DATA EI/151.318300D0, 99.737780D0, 241.960600D0, 244.166700D0,
     & 298.118300D0, 514.015600D0, 296.355000D0, 26.957940D0,
     & 105.534800D0, 122.766700D0, 324.068900D0, 337.638900D0,
     & 365.599900D0, 370.682300D0, 402.636293D0, 427.722630D0,
     & 450.325022D0, 470.840891D0, 489.558373D0, 2.610111D0,
     & 119.629900D0/
         DATA KI/0.4619255D0, 0.4479153D0, 0.4557489D0, 0.5279209D0,
     & 0.5837490D0, 0.3825868D0, 0.4618263D0, 0.3514916D0,
     & 0.4533894D0, 0.4186954D0, 0.6406937D0, 0.6341423D0,
```

```
     & 0.6738577D0, 0.6798307D0, 0.7175118D0, 0.7525189D0,
     & 0.7849550D0, 0.8152731D0, 0.8437826D0, 0.3589888D0,
     & 0.4216551D0/
          DATA GI/0, 0.027815D0, 0.189065D0, 0.079300D0, 0.141239D0,
     & 0.332500D0, 0.088500D0, 0.034369D0, 0.038953D0, 0.021000D0,
     & 0.256692D0, 0.281835D0, 0.332267D0, 0.366911D0, 0.289731D0,
     & 0.337542D0, 0.383381D0, 0.427354D0, 0.469659D0, 0, 0/
          DATA QI/2*0, 0.69D0, 2*0, 1.06775D0, 0.633276D0, 14*0/
          DATA FI/7*0, 1, 13*0/
          DATA SI/5*0, 1.5822D0, 0.390D0, 14*0/
          DATA WI/5*0, 1, 15*0/
C.....Binary interaction parameters
          DATA EIJ/441*1/
          DATA UIJ/441*1/
          DATA KIJ/441*1/
          DATA GIJ/441*1/
          DATA (EIJ(1,J),J=2,19)/
     & 0.971640D0, 0.960644D0, 1, 0.994635D0, 0.708218D0,
     & 0.931484D0, 1.170520D0, 0.990126D0, 1, 1.019530D0,
     & 0.989844D0, 1.002350D0, 0.999268D0, 1.107274D0, 0.880880D0,
     & 0.880973D0, 0.881067D0, 0.881161D0/
          DATA (EIJ(2,J),J=3,14)/
     & 1.022740D0, 0.970120D0, 0.945939D0, 0.746954D0, 0.902271D0,
     & 1.086320D0, 1.005710D0, 1.021000D0, 0.946914D0, 0.973384D0,
     & 0.959340D0, 0.945520D0/
          DATA (EIJ(3,J),J=4,19)/
     & 0.925053D0, 0.960237D0, 0.849408D0, 0.955052D0, 1.281790D0,
     & 1.5D0, 1, 0.906849D0, 0.897362D0, 0.726255D0,
     & 0.859764D0, 0.855134D0, 0.831229D0, 0.808310D0, 0.786323D0,
     & 0.765171D0/
          DATA (EIJ(4,J),J=5,14)/1.022560D0, 0.693168D0, 0.946871D0,
     & 1.164460D0, 3*1, 1.013060D0, 1, 1.00532D0/
          DATA (EIJ(5,J),J=8,12)/1.034787D0, 3*1, 1.0049D0/
          DATA (EIJ(7,J),J=15,19)/1.008692D0, 1.010126D0, 1.011501D0,
     & 1.012821D0, 1.014089D0/
          DATA (EIJ(8,J),J=9,12)/1.1D0, 1, 1.3D0, 1.3D0/
          DATA (UIJ(1,J),J=2,19)/
     & 0.886106D0, 0.963827D0, 1, 0.990877D0, 1, 0.736833D0,
     & 1.156390D0, 3*1, 0.992291D0, 1, 1.003670D0, 1.302576D0,
     & 1.191904D0, 1.205769D0, 1.219634D0, 1.233498D0/
          DATA (UIJ(2,J),J=3,12)/0.835058D0, 0.816431D0, 0.915502D0, 1,
     & 0.993476D0, 0.408838D0, 3*1, 0.993556D0/
          DATA (UIJ(3,J),J=4,19)/0.969870D0, 2*1, 1.045290D0, 1, 0.9D0,
     & 5*1, 1.066638D0, 1.077634D0, 1.088178D0, 1.098291D0,
     & 1.108021D0/
          DATA (UIJ(4,J),J=5,14)/
     & 1.065173D0, 1, 0.971926D0, 1.616660D0, 2*1, 4*1.25D0/
          DATA (UIJ(7,J),J=7,19)/8*1, 1.028973D0, 1.033754D0,
     & 1.038338D0, 1.042735D0, 1.046966D0/
          DATA (KIJ(1,J),J=2,19)/
     & 1.003630D0, 0.995933D0, 1, 1.007619D0, 1, 1.000080D0,
     & 1.023260D0, 3*1, 0.997596D0, 1, 1.002529D0, 0.982962D0,
     & 0.983565D0, 0.982707D0, 0.981849D0, 0.980991D0/
          DATA (KIJ(2,J),J=3,8)/
     & 0.982361D0, 1.007960D0, 1, 1, 0.9425960D0,1.032270D0/
          DATA (KIJ(3,J),J=4,19)/1.008510D0, 2*1, 1.00779D0,7*1.0D0,
     & 0.910183D0, 0.895362D0, 0.881152D0, 0.867520D0, 0.854406D0/
          DATA (KIJ(4,J),J=5,8)/0.986893D0, 1, 0.999969D0, 1.020340D0/
          DATA (KIJ(7,J),J=7,21)/8*1, 0.968130D0, 0.962870D0,
```

```
     & 0.957828D0, 0.952441D0, 0.948338D0, 2*1/
          DATA GIJ(1,3) /0.807653D0/
          DATA GIJ(1,8) /1.957310D0/
          DATA GIJ(2,3) /0.982746D0/
          DATA GIJ(3,4) /0.370296D0/
          DATA GIJ(3,6) /1.673090D0/
C
          DATA XN/
     & 50.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 ,
     & 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 ,
     & 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0 , 0.0/
C
          DATA XH/
     & 100.0 , 20.0 , 5.0 , 1.5 , 1.5 , 0.5 , 0.5 , 0.1 ,
     & 0.05 , 0.05 , 0.05 , 0.05 , 30.0 , 50.0 , 0.02 , 0.5 ,
     & 0.015, 0.02 , 0.02 , 10.0 , 3.0/
END
```

کتاب‌نامه

[1] STARLING, K.E., SAVIDGE, J.L. "Compressibility Factors for Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Gases", American Gas Association (AGA) Transmission Measurement CommitteeReport No. 8, American Petroleum Institute (API) MPMS, chapter 14.2, second edition, November 1992

[2] JAESCHKE, M., HUMPHREYS, A.E. "The GERG Databank of High Accuracy Compressibility Factor Measurements", GERG Technical Monograph TM4 (1990) and Fortschritt-Berichte VDI, Series 6,No. 25 1 (1991)

[3] JAESCHKE, M., HINZE, H.M., HUMPHREYS, A.E. "Supplement to the GERG Databank of High Accuracy Compressibility Factor Measurements", GERG Technical Monograph TM7 (1996) and Fortschritt-Berichte VDI, Series 6, No. 355 (1997)

[4] SCHOUTEN, J.A., MICHELS, J.P.J. "Evaluation of *PVT* Reference Data on Natural Gas Mixtures Final report", Appendix to Gas Research Institute Report No. GRI/93-006, September 1992

[5] SAVIDGE, J.L., BEYERLEIN, S., LEMMON, E. Technical reference document on the 2nd edition of AGA Report No. 8, November 1992 (Gas Research Institute Report No. GRI/93-0181, May 1993)