



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۹۰۵

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO
21905
1st.Edition
2017

فرآورده‌های نفتی - سوخت‌ها - تخمین
گرمای خالص احتراق سوخت‌های
هواپیما - روش آزمون

Petroleum products- Fuels- Estimation
of net heat of combustion of aviation
fuels- Test method

ICS: 75.160.20

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: 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 ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به 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 منصفانه 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 پیشنهادهای در کمیته 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 در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی 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)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی 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، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی 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

« فرآورده‌های نفتی - سوخت‌ها - تخمین گرمای خالص احتراق سوخت‌های هواپیما - روش
آزمون »

رئیس:

علی‌پور، علی‌رضا
(دکترای مکانیک)

عضو هیئت علمی - دانشگاه شهید چمران اهواز

سمت و/یا محل اشتغال:

دبیر:

گیلاسی، فهیمه
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

کارشناس - شرکت زرگستر روبینا

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آسائی اردکانی، آمیتیس
(کارشناسی شیمی کاربردی)

کارشناس - اداره استاندارد کاشان

جرفی، محمد
(کارشناسی مهندسی شیمی)

مسئول مهندسی فرآورده‌ها - شرکت ملی پخش منطقه آبادان

جولایف، الهام
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

عضو مستقل

چرم‌زاده، مهرناز
(کارشناسی ارشد شیمی و فناوری اسانس)

کارشناس - شرکت کیمیا کنکاش جندی‌شاپور

دایی، مینا
(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

کارشناس تدوین - اداره کل استاندارد حوزستان

سلیمانی، مهدی
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

کارشناس - شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون

شجاع، سید محمدرضا
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

مسئول پروژه - پژوهشگاه صنعت نفت

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

طهماسبی، بهنوش

(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

علوی‌فاضل، سید علی

(دکترای مهندسی شیمی)

قنواتی، جلال

(کارشناسی مهندسی شیمی)

کردانی، مریم

(کارشناسی ارشد شیمی پلیمر)

مکوندی، علی

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

ملاعلی، سیاوش

(کارشناسی ارشد زمین‌شناسی نفت)

ویراستار:

آسائی اردکانی، آمیتیس

(کارشناسی شیمی کاربردی)

سمت و/یا محل اشتغال:

کارشناس کنترل کیفیت و آزمایشگاه - شرکت نفت پاسارگاد

عضو هیئت علمی - دانشگاه آزاد ماهشهر

رئیس مهندسی تولید - پتروشیمی بندر امام ماهشهر

محقق واحد شیمی و فرایند - پژوهشگاه نیرو

کارشناس آزمایشگاه واحد HD - پتروشیمی امیرکبیر

کارشناس ارشد مطالعات - شرکت ملی حفاری

کارشناس - اداره استاندارد کاشان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۴	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ اصول آزمون
۶	۵ اهمیت و کاربرد
۶	۶ روش اجرای آزمون
۷	۷ روش‌های محاسبه
۹	۸ دقت و اریبی
۱۰	۹ گزارش آزمون
۱۲	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «فرآورده‌های نفتی - سوخت‌ها - تخمین گرمای خالص احتراق سوخت‌های هواپیما - روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در نود و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد فرآورده‌های نفتی مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده 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 شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D 3338 : 2014, Standard test method for estimation of net heat of combustion of aviation fuels

فرآورده‌های نفتی - سوخت‌ها - تخمین گرمای خالص احتراق سوخت‌های هواپیما - روش آزمون

هشدار - در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش تخمین گرمای خالص احتراق (برحسب MJ/kg) بنزین‌های هواپیما و سوخت‌های موتور توربین هواپیما و جت در گستره MJ/kg ۴۰/۱۹ تا MJ/kg ۴۴/۷۳ است. برای این روش آزمون، دقت تخمین گرمای خالص احتراق، در خارج از این گستره تعیین نشده است.

۱-۲ این روش آزمون کاملاً تجربی است و برای سوخت‌های هیدروکربنی مایع که مطابق با ویژگی‌های بنزین‌های هواپیما یا سوخت‌های موتور توربین هواپیما و جت با درجات Jet A، Jet A-1، Jet B، JP-4، JP-5، JP-7 و JP-8 هستند، کاربرد دارد.

یادآوری ۱- داده‌های آزمایشگاهی گرمای احتراق ذکر شده در این استاندارد، مشابه داده‌های استاندارد ASTM D 4809 است و از همان استاندارد به دست آمده است.

یادآوری ۲- تخمین گرمای خالص احتراق سوخت‌های هیدروکربنی تنها زمانی قابل توجیه است که سوخت متعلق به طبقه‌ای مشخص باشد، که در آن، رابطه بین گرمای خالص احتراق و مقادیر گوگرد و آروماتیک‌ها، چگالی و گستره تقطیر سوخت بر اساس اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی دقیق در نمونه‌های نماینده مربوط به آن طبقه مشخص شده باشد. حتی در این حالت بهتر است احتمال خطاهای بزرگ در تخمین، برای سوخت‌های مجزا مدنظر قرار گیرد. سوخت‌های مورد استفاده برای ایجاد رابطه ارائه شده در این روش آزمون به صورت زیر تعریف می‌شوند:

سوخت‌ها:

بنزین هواپیما- درجات ۱۰۰/۱۳۰ و ۱۱۵/۱۴۵ (به منبع ۱ و ۲ کتاب‌نامه مراجعه شود)

کروسین^۱، آلکیلات‌ها و سوخت‌های ویژه مرکز توسعه هوایی سازنده (WADC)^۲ (به منبع ۳ کتاب‌نامه مراجعه شود)

هیدروکربن‌های خالص- پارافین‌ها، نفتن‌ها و آروماتیک‌ها (به منبع ۴ کتاب‌نامه مراجعه شود)

یادآوری ۳ - گستره خواص به کار رفته در این رابطه به صورت زیر است:

آروماتیک‌ها: از ۰٪ جرمی تا ۱۰۰٪ جرمی

گراویته API: از API ۲۵٫۷ تا API ۸۱٫۲

1 - Kerosine

2 - Wright Air Development Center

فراریت: از $71/11^{\circ}\text{C}$ (160°F) تا $282/22^{\circ}\text{C}$ (540°F)، نقطه جوش میانگین

۳-۱ گرمای خالص احتراق را می‌توان مطابق استاندارد ASTM D 1405 بر حسب واحدهای اینچ-پوند یا مطابق استاندارد ASTM D4529 بر حسب واحدهای SI نیز تخمین زد. برخلاف استانداردهای ASTM D 1405 و ASTM D 4529، در این استاندارد استفاده از نقطه آنیلین مورد نیاز نمی‌باشد.

۲ مراجع الزامی^۱

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

در صورتی که 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 ASTM D 86, Test method for distillation of petroleum products at atmospheric Pressure

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶۲۶۱: سال ۱۳۹۳، فراورده‌های نفتی - تقطیر در فشار اتمسفر - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D 86: 2012 تدوین شده است.

2-2 ASTM D 240, Test method for heat of combustion of liquid hydrocarbon fuels by bomb calorimeter

2-3 ASTM D 1266, Test method for Sulfur in petroleum products (lamp method)

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۹۳۹: سال ۱۳۹۴، فراورده‌های نفتی - تعیین گوگرد به روش لامپ - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D 1266: 2013 تدوین شده است.

2-4 ASTM D 1298, Test method for density, relative density (specific gravity), or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۷: سال ۱۳۹۳، اندازه‌گیری چگالی، چگالی نسبی یا گراویتی API نفت خام و فراورده‌های نفتی مایع با استفاده از روش هیدرومتر، با استفاده از استاندارد ASTM D 1298: 2012 تدوین شده است.

2-5 ASTM D 1319, Test method for hydrocarbon types in liquid petroleum products by fluorescent indicator adsorption

2-6 ASTM D 1405, Test method for estimation of net heat of combustion of aviation fuels

2-7 ASTM D 1552, Test method for sulfur in petroleum products (high-temperature method)

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۹۳۸: سال ۱۳۹۴، فراورده‌های نفتی - تعیین گوگرد به روش احتراق در دمای بالا و آشکارسازی با اشعه مادون قرمز - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D 1552:2015 تدوین شده است.

2-8 ASTM D 2622, Test method for sulfur in petroleum products by wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry

2-9 ASTM D 2887, Test method for boiling range distribution of petroleum fractions by gas chromatography

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳۷۸۶: سال ۱۳۷۵، روش آزمون دامنه جوش برش‌های نفتی به روش گاز کروماتوگرافی با استفاده از استاندارد ASTM D 2887: 1989 تدوین شده است.

2-10 ASTM D 3120, Test method for trace quantities of sulfur in light liquid petroleum hydrocarbons by oxidative microcoulometry

2-11 ASTM D 4052, Test method for density and relative density of liquids by digital density meter

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۶۶۲: سال ۱۳۹۴، تعیین چگالی، چگالی نسبی یا گراویتی API مایعات با استفاده از چگالی‌سنج یا نمایشگر عددی - روش آزمون با استفاده از منبع ASTM D 4052: 2011 تدوین شده است.

2-12 ASTM D 4294, Test method for sulfur in petroleum and petroleum products by energy dispersive x-ray fluorescence spectrometry

2-13 ASTM D 4529, Test method for estimation of net heat of combustion of aviation fuels

2-14 ASTM D 4809, Test method for heat of combustion of liquid hydrocarbon fuels by bomb calorimeter (precision method)

2-15 ASTM D 5453, Test method for determination of total sulfur in light hydrocarbons, spark ignition engine fuel, diesel engine fuel, and engine oil by ultraviolet fluorescence

2-16 ASTM D 6379, Test method for determination of aromatic hydrocarbon types in aviation fuels and petroleum distillates-high performance liquid chromatography method with refractive index detection

2-17 IP 436, Test method for determination of aromatic hydrocarbon types in aviation fuels and petroleum distillates-high performance liquid chromatography method with refractive index detection

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

گرمای کل احتراق، Q_g (MJ/kg)

gross heat of combustion, Q_g

مقدار انرژی آزاد شده هنگامی که یک واحد جرمی سوخت در یک محفظه با حجم ثابت سوزانده شود، به شرطی که تمام محصولات آن، به غیر از آب که به حالت مایع متراکم می‌شود، به حالت گازی باشند.

۲-۳

گرمای خالص احتراق، Q_n (MJ/kg)

net heat of combustion, Q_n

مقدار انرژی آزاد شده هنگامی که یک واحد جرمی سوخت در فشار ثابت سوزانده شود به شرطی که تمام محصولات آن از جمله آب به حالت گازی باشند.

۴ اصول آزمون

۱-۴ رابطه بین گرمای خالص احتراق و گراویتی، مقدار آروماتیک و میانگین فراریت سوخت برحسب واحدهای SI در معادله (۱) و برحسب واحدهای اینچ-پوند در معادله (۲) ذکر شده است:

نوع سوخت: بنزین‌های هواپیما و سوخت‌های موتور توربین هواپیما و جت

$$Q_{p1} = [5528.73 - 92.6499(A) + 10.1601(T) + 0.314169(AT)]/D + 0.0791707(A) - 0.00944893(T) - 0.000292178(AT) + 35.9936 \quad (1)$$

$$Q_{p2} = 16.24(G) - 3.007(A) + 0.01714(G \times V) - 0.2983(A \times G) + 0.00053(A \times G \times V) + 17685 \quad (2)$$

که در آن:

Q_{p1} گرمای خالص احتراق (MJ/kg)، برپایه سوخت بدون گوگرد؛

Q_{p2} گرمای خالص احتراق (Btu/lb)، برپایه سوخت بدون گوگرد؛

A مقدار آروماتیک‌ها، بر حسب درصد حجمی؛

G گراویتی، بر حسب API؛

V دمای فراریت: نقطه جوش یا میانگین استانداردهای ASTM D 86 یا ASTM D 2887، نقاط جوش ۱۰٪، ۵۰٪ و ۹۰٪، برحسب °F می باشد؛

D چگالی، برحسب kg/m^3 در دمای 15°C ؛

T دمای فراریت: نقطه جوش یا میانگین نقاط جوش ۱۰٪، ۵۰٪ و ۹۰٪، برحسب °C به دست آمده از استانداردهای ASTM D 86 یا ASTM D 2887.

۲-۴ برای تصحیح تأثیر مقدار گوگرد سوخت بر گرمای خالص احتراق، معادله (۳) را به کار ببرید:

$$Q = Q_p \times [1 - 0.01(S_1)] + C(S_1) \quad (3)$$

که در آن:

Q گرمای خالص احتراق سوخت حاوی S_1 درصد وزنی گوگرد، برحسب (MJ/kg) یا (Btu/lb)؛

Q_p (Q_{p1} (واحدهای SI) یا Q_{p2} (واحدهای اینچ-پوند)؛

S_1 مقدار گوگرد سوخت، برحسب درصد جرمی؛

C ضریب ثابت ۰٫۱۰۱۶۶ (واحدهای SI) یا ۴۳٫۷ (واحدهای اینچ-پوند) که براساس داده‌های شیمی-گرمایی در ترکیبات گوگرد به دست آمده است.

۳-۴ معادلات تجربی برای تخمین گرمای خالص احتراق، برپایه سوخت بدون گوگرد با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی مرحله‌ای و داده‌های حاصل از ۲۴۱ سوخت که بیشتر آن‌ها مطابق با ویژگی‌های سوخت‌های بنزین‌های هواپیما و توربین هواپیما یا موتور جت هستند، به دست آمده‌اند.

۵ اهمیت و کاربرد

۱-۵ این استاندارد به عنوان یک راهنما در مواردی که تعیین تجربی گرمای احتراق امکان پذیر نیست و نمی تواند به راحتی انجام شود و در مواردی که تخمین، رضایتبخش است، کاربرد دارد. این استاندارد به عنوان جایگزینی برای اندازه گیری های تجربی گرمای احتراق کاربرد ندارد. جدول ۱، خلاصه ای از گستره متغیرهای به کار رفته در توسعه رابطه را نشان می دهد. در این جدول مقدار متوسط و تخمینی از توزیع آن در حدود متوسط، یعنی انحراف استاندارد، نشان داده شده است. برای مثال، چگالی متوسط برای تمام سوخت های به کار رفته در توسعه رابطه، 779.3 kg/m^3 بود و دو سوم نمونه ها دارای چگالی بین 721.4 kg/m^3 و 837.1 kg/m^3 ، با انحراف استاندارد ± 1 بودند. این رابطه، زمانی بیشترین درستی را دارد که مقادیر متغیرهای به کار رفته در معادله، در گستره یک انحراف استاندارد متوسط باشند اما تا دو انحراف استاندارد متوسط نیز مفید هستند. استفاده از این رابطه ممکن است برای سایر فرآورده های حاصل از تقطیر هیدروکربنی و هیدروکربن های خالص، کاربردی باشد، هر چند تنها داده های مربوط به سوخت های غیرهواپیما که در کل گستره متغیرها محدود شده اند در این رابطه گنجانده شده اند.

یادآوری - روش های اجرایی برای تعیین آزمایشگاهی گرمای خالص و گرمای کل احتراق در استانداردهای ASTM D 240 و ASTM D 4809 شرح داده شده اند.

۲-۵ روش های گرماسنجی ذکر شده در یادآوری بالا، گرمای کل احتراق را اندازه گیری می کند. با این وجود گرمای خالص در محاسبات هواپیمایی به کار می رود چون کل محصولات احتراق در حالت گازی هستند. این روش محاسبه بر اساس گرمای خالص است اما برای ترکیبات گوگرد متراکم شده، یک تصحیح نیاز است.

جدول ۱- متوسط و انحراف استاندارد متغیرها

متغیر	واحد	متوسط	انحراف استاندارد
آروماتیک ها	درصد حجمی	۱۳/۵	۲۳/۹
چگالی	kg/m^3 (° API)	779.3 (۵۰/۰)	581.0 (۱۳/۵)
فراریت	°C (° F)	171.11 (۳۴۰)	57.2 (۱۰۳)
گرمای احتراق	MJ/kg (Btu/lb)	43.421 (۱۸۶۶۸)	0.862 (۳۷۱)

۶ روش اجرای آزمون

۱-۶ مقدار ترکیبات آروماتیک سوخت را با تقریب $\pm 0.1\%$ حجمی مطابق روش شرح داده شده در استاندارد ASTM D 1319 تعیین کنید.

۶-۱-۱ برای تعیین مقدار آروماتیک سوخت، استانداردهای ASTM D 6379 یا IP 436 می‌توانند به عنوان روشی جایگزین به‌جای استاندارد ASTM D 1319 به‌کار روند.

۶-۱-۲ در صورت استفاده از استانداردهای ASTM D 6379 یا IP 436، مقدار آروماتیک‌های کل را در ۲۶/۵ / ۲۵ درصد حجمی (۰/۹۴۳۴ =) ضرب کنید و از این مقدار تصحیح شده، به‌جای آروماتیک‌های تعیین شده طبق معادله (۲) در استاندارد ASTM D 1319، استفاده کنید.

۶-۲ چگالی در دمای ۱۵ °C یا گراویتی API سوخت را طبق استانداردهای ASTM D 1298 یا ASTM D 4052 با تقریب 0.1 kg/m^3 یا (API ۰/۱) تعیین کنید.

۶-۳ نقاط جوش ۱۰٪، ۵۰٪ و ۹۰٪ سوخت را طبق استاندارد ASTM D 86 با تقریب 1°C یا 1°F تعیین کنید. از میانگین این سه دما، مقدار T بر حسب $^\circ\text{C}$ یا مقدار V بر حسب $^\circ\text{F}$ (طبق معادلات زیربند ۴-۱) به‌دست می‌آید. برای یک هیدروکربن خالص، مقدار T و V، نقطه جوش نرمال است.

۶-۳-۱ استاندارد ASTM D 2887 ممکن است به عنوان جایگزین استاندارد ASTM D 86 به منظور تعیین فراریت سوخت در این استاندارد به‌کار رود. میانگین نقاط جوش ۱۰٪، ۵۰٪ و ۹۰٪ (تعیین شده طبق استاندارد ASTM D 2887) ممکن است به‌طور مستقیم به‌جای میانگین تعیین شده طبق استاندارد ASTM D 86 به‌کار رود.

۶-۴ مقدار گوگرد سوخت را با توجه به فراریت نمونه، طبق استانداردهای ASTM D 1266، ASTM D 1552، ASTM D 2622، ASTM D 3120، ASTM D 4294 یا ASTM D 5453 با تقریب ۰/۰۲٪ گوگرد تعیین کنید.

۷ روش‌های محاسبه

۷-۱ بر حسب واحدهای SI:

۷-۱-۱ گرمای خالص احتراق، برپایه سوخت بدون گوگرد را با استفاده از معادله (۱) در زیربند ۴-۱ محاسبه و مقدار به‌دست آمده را با تقریب ۰/۰۰۱ گرد کنید.

مثال:

نمونه: نفت سفید

مقادیر تعیین شده:

$$A = 12.5 = \text{درصد حجمی آروماتیک}$$

$$\text{چگالی} = D = 805.0 \text{ kg/m}^3$$

تقطیر :

$$T_{10} = 203 \text{ }^\circ\text{C} \quad (۴)$$

$$T_{50} = 233 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{90} = 245 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = (203 + 233 + 245)/3 = 227 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{مقدار محاسبه شده} = A \times T = 2837.5 \quad (۵)$$

جایگزینی در معادله (۱) زیربند ۴-۱:

$$Q_{p1} = [5528.73 - 92.6499(12.5) + 10.1601(227) + 0.314169(2837.5)]/805.0 \quad (۶)$$

$$+ 0.0791707(12.5) - 0.00944893(227) - 0.000292178(2837.5)$$

$$+ 35.9936$$

$$Q_{p1} = 43.411015 = 43.411 \text{ MJ/kg} \text{ بر پایه سوخت بدون گوگرد} \quad (۷)$$

۲-۱-۷ گرمای خالص احتراق تصحیح شده برای مقدار گوگرد سوخت را با استفاده از معادله (۳) در زیربند ۴-۲ محاسبه کنید. مقدار به دست آمده را با تقریب ۰.۱۰۰۱ گرد کنید.

مثال:

$$Q_{p1} = 43.411 \text{ MJ/kg}$$

٪ جرمی $S_1 = 0.10$ ، مقدار گوگرد تعیین شده

جایگزینی در معادله (۳) زیربند ۴-۲:

$$Q = 43.411 \times [1 - 0.01(0.1)] + 0.10166(0.1) \quad (۸)$$

$$Q = 43.3778 = 43.378 \text{ MJ/kg} \quad (۹)$$

۲-۷ بر حسب واحدهای اینچ- پوند:

۱-۲-۷ گرمای خالص احتراق، بر پایه سوخت بدون گوگرد، را با استفاده از معادله (۲) در زیربند ۴-۱ محاسبه کنید. مقادیر به دست آمده را به نزدیکترین عدد صحیح گرد کنید.

مثال:

نمونه: نفت سفید

مقادیر تعیین شده:

$$A = 12.5 = \text{درصد حجمی آروماتیک}$$

$$\text{گراویته} = G = 44.2 \text{ } ^\circ\text{API}$$

تقطیر :

$$T_{10} = 398 \text{ } ^\circ\text{F} \quad (10)$$

$$T_{50} = 451 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_{90} = 473 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T = (398 + 451 + 473)/3 = 440.7 \text{ } ^\circ\text{F}$$

مقدار محاسبه شده:

$$G \times V = 19478.9 \quad (11)$$

$$A \times G = 552.5 \quad (12)$$

$$A \times G \times V = 243486.8 \quad (13)$$

جایگزینی در معادله (۲) زیربند ۴-۱:

$$Q_{p2} = 16.24(44.2) - 3.007(12.5) + 0.01714(19478.9) - 0.2983(552.5) + 0.00053(243486.8) + 17685 \quad (14)$$

$$Q_{p2} = 18663.3 = 18663 \text{ Btu/lb} \text{ بر پایه سوخت بدون گوگرد} \quad (15)$$

۲-۲-۷ گرمای خالص احتراق تصحیح شده برای مقدار گوگرد سوخت را محاسبه و مقادیر به دست آمده را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید.

$$Q_{p2} = 18663 \text{ Btu/lb}$$

٪ جرمی $S_1 = 0.10$ ، مقدار گوگرد تعیین شده

$$Q = 18663 \times [1 - 0.01(0.1)] + 43.7(0.1) \quad (16)$$

$$Q = 18648.7 = 18649 \text{ Btu/lb} \quad (17)$$

۸ دقت و اریبی^۱

۱-۸ برای قضاوت در مورد قابلیت پذیرش نتایج گرمای خالص احتراق تخمین زده شده (سطح اطمینان ٪ ۹۵) توصیه می‌شود، معیارهای زیر را به کار گیرید:

۱-۱-۸ تکرارپذیری

اختلاف بین نتایج متوالی که توسط یک آزمون گر (با استفاده از یک مجموعه ثانویه از مقادیر اندازه‌گیری شده برای مقدار آروماتیک‌ها، چگالی و داده‌های تقطیر) روی مواد آزمون یکسان در مدت زمان طولانی در عملیات معمول و صحیح روش آزمون به دست می‌آید، تنها در یک مورد از ۲۰ مورد می‌تواند از مقادیر زیر (بر پایه سوخت بدون گوگرد) بیشتر شود.

$$\text{تکرارپذیری} = ۰,۰۲۱ \text{ MJ/kg یا } ۹ \text{ Btu/Ib}$$

۲-۱-۸ تجدیدپذیری

اختلاف بین دو نتیجه منفرد و مستقل در آزمایشگاه‌های متفاوت با روش آزمون یکسان که توسط آزمون‌گرهای متفاوت در مدت زمان طولانی به دست می‌آید، تنها در یک مورد از ۲۰ مورد می‌تواند از مقادیر زیر بیشتر شود.

$$\text{تجدیدپذیری} = ۰,۰۴۶ \text{ MJ/kg یا } ۲۰ \text{ Btu/Ib}$$

یادآوری - تکرارپذیری و تجدیدپذیری بیان شده در بالا بر اساس مجموع تکرارپذیری و تجدیدپذیری روش‌های آزمون به‌کار رفته در محاسبات است. این مورد شامل اثر پراکندگی داده‌های اصلی پیرامون خط رگرسیون (توصیف شده با معادلات (۱) و (۲)) نیست. بنابراین امکان خطا در تخمین‌های فردی در بیش‌تر از دقت بیان شده در بالا، وجود دارد و این امر باید مشخص شود.

۲-۸ اریبی

رابطه شرح داده شده در این روش آزمون بر اساس داده‌های به‌دست آمده از روش‌های معادل با استاندارد ASTM D 4809 و پراکندگی داده‌های شرح داده شده در جدول ۱ است. از آنجایی که اریبی روش آزمون استاندارد ASTM D 4809 را نمی‌توان تعیین کرد، هیچ اظهارنظری در مورد اریبی این استاندارد وجود ندارد.

۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۹ روش آزمون استفاده‌شده با ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۲-۹ نتایج حاصل از زیربند ۷-۱ با تقریب ۰,۰۰۱ به عنوان «گرمای احتراق خالص سوخت برحسب MJ/kg» یا نتایج حاصل از زیربند ۷-۲ به نزدیک‌ترین عدد صحیح به عنوان «گرمای خالص احتراق سوخت برحسب Btu/Ib»؛

- ۳-۹ آیا نتیجه بر پایه سوخت بدون گوگرد تعیین شده یا بر پایه گوگرد تصحیح شده است؛
- ۴-۹ جزئیات هر گونه انحرافی که از روش مورد استفاده در این استاندارد مشخص شده باشد؛
- ۵-۹ نام و نام خانوادگی آزمون‌گر؛
- ۶-۹ تاریخ انجام آزمون.

کتابنامه

- [1] Armstrong, G. T., et al, "Net Heat of Combustion of Aviation Gasoline and its Correlation with Composition and Aniline-Gravity Product," WADC Technical Report 56-504, July 1956.
- [2] "Petroleum Products Survey No. 23, Aviation Fuels 1963," *U.S. Bureau of Mines*, April 1964.
- [3] Armstrong, G. T., et al, "Net Heat of Combustion and Other Properties of Kerosene and Related Fuels," *NBS Journal of Chemical and Engineering Data*, Vol 7, No. 1, January 1962, plus Test Method D 86 data on these fuels.
- [4] Rossini, F. D., et al, *Selected Values of Physical and Thermodynamic Properties of Hydrocarbons and Related Compounds*, Carnegie Press, 1953.