



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۳۳۷۷

چاپ اول

ISIRI

13377

1st. Edition

تلمبه‌خانه‌ها و خطوط انتقال نفت خام
و فرآورده‌های نفتی -
تعیین معیار مصرف انرژی

Pumping Stations and Petroleum and Oil
Products Pipelines
Criteria for Energy consumption

ICS:27.010;75.200

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
تلمبه‌خانه‌ها و خطوط انتقال نفت خام و فرآورده‌های نفتی - تعیین معیار مصرف انرژی

رئیس

محمد نژاد، حمدا...
(فوق لیسانس مهندسی ژئو فیزیک)

سمت و/یا نمایندگی

وزارت نفت

دبیر

شریف، مهدی
(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

شرکت بهینه سازی مصرف سوخت

اعضاء

احمدی فروشانی، سید منصور
(فوق لیسانس GIS)

شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران

رضائیان، آرش
(فوق لیسانس مهندسی سیستم‌های انرژی)

پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف

زروانی، رامش
(لیسانس شیمی محض)

وزارت نفت، معاونت برنامه‌ریزی

سبوحی، یدا...
(دکترای مهندسی سیستم‌های انرژی)

پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف

صادق‌زاده، سید محمد
(دکترای مهندسی برق)

وزارت نیرو

صفری، ساسان
(فوق لیسانس مهندسی سیستم‌های انرژی)

شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت

عدالتی، ابوالفضل
(فوق لیسانس مهندسی محیط زیست)

سازمان حفاظت محیط زیست

فاضلی، حمید
(فوق لیسانس مهندسی مکانیک - هوافضا)

سازمان ملی استاندارد ایران

قزلباش، پریچهر
(لیسانس فیزیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

منظری، مهرداد
(دکترای مهندسی مکانیک)

پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف

میراحمدی، سید محسن
(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

پژوهشکده علوم و فناوری انرژی دانشگاه صنعتی شریف

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با مؤسسه استاندارد
۵	پیش گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۵	۴ شاخص‌های ارزیابی جریان انرژی
۶	۵ تعیین معیار مصرف انرژی
۱۱	۶ الزامات
۱۵	پیوست الف شاخصهای جریان انرژی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک الکتروموتور بر اساس انرژی اولیه (اطلاعاتی)
۱۶	پیوست ب مبانی گروه‌بندی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک الکتروموتور (اطلاعاتی)
۱۷	پیوست پ مبانی گروه‌بندی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک توربین گاز (اطلاعاتی)

پیش گفتار

استاندارد " تلمبه‌خانه‌ها و خطوط انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی - تعیین معیار مصرف انرژی " بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط وزارت نفت (شرکت بهینه سازی مصرف سوخت) و تایید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار در کمیته تصویب معیارهای مصرف انرژی در وزارت نفت مورخ ۱۳۹۰/۰۲/۱۳ مطابق با قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۱۳۸۹/۱۲/۴ مجلس شورای اسلامی و مصوبات یکصد و دومین اجلاس شورای عالی استاندارد مورخ ۸۱/۳/۵ تصویب شد.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استاندارد ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منابع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

- ۱- یدالله سبوحی و همکاران، «تدوین معیار و استاندارد مصرف انرژی در تلمبه‌خانه‌ها و خطوط لوله نفت و فرآورده‌های نفتی»، گزارش نهایی پروژه، پژوهشکده علوم و فناوری انرژی شریف، ۱۳۸۹.
- 2- American Society of Mechanical Engineers, Energy Assessment for Compressed Air Systems, ASME EA-4-2010, New York, 2010.
- 3- American Society of Mechanical Engineers, Energy Assessment for Steam Systems, ASME EA-3-2009, New York, 2010.
- 4- American Society of Mechanical Engineers, Energy Assessment for Process Heating Systems ASME EA-1-2009., New York, 2010.
- 5- American Society of Mechanical Engineers, Energy Assessment for Pumping Systems, ASME EA-2-2009, New York, 2010.
- 6- DIN EN 16001: Energy Management Systems in Practice: A Guide for Companies and Organizations, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). Division: Public Relations, Berlin, Germany, June 2010.
- 7- BS EN 16001:2009 Energy management systems-Requirements with guidance for use, British Standard, July 2009.
- 8- ANSI/MSE 2000: 2008 A Management System for Energy, Georgia Tech Energy and Environmental Management Center, Atlanta, Jan 2008.
- 9- Stephen Wiel and James E. McMahon, A Standards & Labeling Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting (2nd Edition) - English Version, Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP) Washington, D.C. USA, February 2005

مقدمه

استاندارد انرژی در شبکه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی از موارد استاندارد مدیریت انرژی است که نگرشی نظام‌مند برای ارزیابی جریان انرژی دارد و فرصت‌های ارتقای بازده جریان انرژی در سامانه‌های مختلف را شناسایی و معیارهای ارزیابی آن‌را مشخص می‌کند. استاندارد انرژی در گزارش حاضر قواعد و دستورالعمل‌هایی را برای تبیین جریان انرژی، معیارهای ارزیابی آن و چارچوب گزارش نتایج در سامانه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی را مشخص می‌کند. شبکه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی مجموعه بهم‌پیوسته از پایانه، مخازن نگهداری، تلمبه‌خانه، خطوط لوله انتقال و فشارشکن است که جریان نفت و فراورده‌های نفتی از مبادی تولید (چاه‌های نفت یا پالایشگاه‌ها) تا تحویل به مخازن نگهداری یا شبکه توزیع را در برمی‌گیرد. ارزیابی جریان انرژی به فرآیندهایی اطلاق می‌شود که در مراحل مختلف آن‌ها جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات در مورد طراحی، عملیات و کارایی اجزای شبکه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی و نیز شناسایی فرصت‌های ارتقاء بازده انرژی برای تعریف راهکارهای بهینه‌سازی انرژی صورت می‌پذیرد.

روش استاندارد برای ارزیابی جریان انرژی در شبکه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی، بررسی جریان انرژی در هریک از سامانه‌هایی است که در آن‌ها جریان انرژی اهمیت دارد و نگاهی نظام‌مند بر جریان جرم و انرژی را مبنای کار قرار می‌دهد و کلیت جریان انرژی از ورودی به هر یک از سه سامانه اصلی و تغییر پتانسیل مکانیکی سیال عبوری از سامانه‌های مورد بحث را در بر می‌گیرد. هدایت امرتحلیل جریان انرژی در سامانه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی مشتمل بر سه فرآیند اصلی به شرح زیر است:

- جمع‌آوری آمار و اطلاعات
 - یکپارچه‌سازی اطلاعات و تدوین تراز انرژی
 - تحلیل جریان انرژی
- پردازش اطلاعات و تدوین شاخص‌های ارزیابی جریان انرژی، ملزومات شناسایی فرصت‌های بهبود بازده جریان انرژی و امکان‌سنجی راهکارهای بهینه‌سازی انرژی را فراهم می‌آورد که طی مجموعه گزارش‌های زیر قابل تبیین است:

- ترازنامه جریان انرژی
- نمودار کلی جریان انرژی (نمودار سنکی)
- توزیع تلفات انرژی
- روند شاخص‌های جریان انرژی
- فرصت‌های بهینه‌سازی انرژی
- امکان‌سنجی اقتصادی فرصت‌های بهینه‌سازی انرژی

تلمبه‌خانه‌ها و خطوط انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی -

تعیین معیار مصرف انرژی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی در تلمبه‌خانه‌ها و خطوط انتقال نفت خام و فرآورده‌های نفتی است.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد دارد:

الف- مدیریت مصرف انرژی در تلمبه‌خانه‌های نفت و فرآورده‌های نفتی؛

ب- مدیریت مصرف انرژی در خطوط لوله نفت و فرآورده‌های نفتی؛

ج- مدیریت مصرف انرژی در ایستگاه‌های تقلیل فشار نفت و فرآورده‌های نفتی.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد ندارد:

الف- چگونگی طراحی خطوط انتقال و ایستگاه‌های تقویت و تقلیل فشار نفت و فرآورده‌های نفتی؛

ب- ویژگی‌ها و تخصص کارشناسان که ارزیابی جریان انرژی را انجام می‌دهند؛

پ- چگونگی اندازه‌گیری و کالیبراسیون تجهیزات؛

ت- چگونگی اجرای راهکارهای بهینه‌سازی انرژی و آزمون راهکارهای توصیه شده؛

ث- چگونگی اجرای گام‌های مشخص و متناسب با شرایط ایمنی طراحی و عملیاتی در هنگام اجرای فرآیند ارزیابی جریان انرژی.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تاریخ تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن موردنظر است.

استفاده از مرجع زیر الزامی است:

2-1 ISO 50001, Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

سامانه/شبکه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی

به مجموعه تلمبه‌خانه، خطوط انتقال نفت و فراورده‌های نفتی و فشارشکن‌هایی اطلاق می‌شود که با یک ارتباط به هم پیوسته به یکدیگر، وظیفه‌ی انتقال نفت و فراورده‌های نفتی از یک نقطه به نقطه دیگر را به عهده دارند.

۲-۳

تلمبه‌خانه

مجموعه تجهیزات تبدیل انرژی و فیلتراسیون و کنترل جریان به هم پیوسته که برای افزایش فشار نفت و فراورده‌های نفتی در سامانه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی استفاده می‌شود.

۳-۳

ایستگاه فشارشکن نفت و فراورده‌های نفتی

مجموعه تجهیزاتی به هم پیوسته که برای کاهش فشار نفت و فراورده‌های نفتی در شبکه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی به کار گرفته می‌شود تا پتانسیل فشاری جریان نفت و فراورده‌های نفتی در خطوط لوله به سطح مورد قبول برای عملیات و راهبری خطوط برسد. این سطح پتانسیل از الزامات طراحی یا هیدرولیکی خط ناشی می‌شود.

۴-۳

قطعه خط لوله

بخشی از خط لوله که بین خروجی یک تلمبه‌خانه تا ورودی تلمبه‌خانه، مخزن یا فشارشکن بعدی قرار دارد.

۵-۳

انرژی اولیه

انرژی اولیه حامل انرژی در دسترس قبل از هرگونه تبدیل/فرآورش/انتقال است. حامل‌های انرژی موجود در طبیعت از مصادیق انرژی اولیه هستند.

۶-۳

انرژی ثانویه

حامل انرژی بعد از فرآیندهای فرآورش/تبدیل اولیه و قبل از مصرف نهایی، تحت عنوان انرژی ثانویه است.

۷-۳

پتانسیل مکانیکی

سطح فشار نفت یا سیال عبوری از یک خط لوله یا ایستگاه تلمبه‌خانه / فشارشکن به عنوان سطح پتانسیل مکانیکی سیال معرفی می‌شود.

۸-۳

بازده انرژی

بازده انرژی در یک سامانه تبدیل انرژی مقدار انرژی مفید خروجی تقسیم بر انرژی ورودی آن بازده انرژی

است. نسبت انرژی خروجی مفید از یک الکتروموتور (کار محوری) به انرژی الکتریکی ورودی بازده الکتروموتور است. هم‌چنین نسبت پتانسیل مکانیکی اضافه شده به سیال عبوری از یک تلمبه‌خانه در شرایط هم‌دما به انرژی اولیه مورد استفاده در ایستگاه به‌عنوان بازده تلمبه‌خانه تعریف می‌شود.

در شبکه انتقال نفت و فراورده‌های نفتی از انرژی ثانویه برای افزایش پتانسیل مکانیکی در تلمبه‌خانه‌های نفت و فراورده‌های نفتی استفاده می‌شود. برای محاسبه انرژی اولیه معادل در یک زمان (سال معین) باید بازده انرژی متوسط سامانه‌های فرآورش یا نیروگاه‌های حرارتی در سطح ملی مبنا قرار گیرد.

۹-۳

کار مطلوب تلمبه‌خانه

افزایش پتانسیل مکانیکی سیال عبوری از تلمبه‌خانه در وضعیت ترمودینامیکی هم‌دما است.

۱۰-۳

تجهیزات انرژی‌بر

تجهیزاتی هستند که میزان جریان انرژی وارد یا خارج شده از آنها حداقل ۵ درصد از بزرگترین جریان انرژی عبوری از کل تأسیسات مورد مطالعه باشد یا تلفات انرژی در آنها حداقل ۵ درصد از تلفات انرژی کل سامانه باشد.

۱۱-۳

جریان‌های عمده انرژی

جریان‌های انرژی هستند که میزان انرژی آنها حداقل ۵ درصد از بزرگترین جریان انرژی عبوری از کل تأسیسات مورد مطالعه باشد یا جریان‌هایی که با تجهیزات عمده انرژی‌بر مرتبط هستند.

۱۲-۳

تراز انرژی

تراز انرژی حاصل کاربرد قانون اول ترمودینامیک در چارچوب مرز کنترل مجازی یک تجهیز یا فرآیند است. برآیند تغییرات مرزی یک حجم کنترل (مجموع انرژی‌های ورودی و خروجی یک حجم کنترل) برابر تغییرات درون حجمی (انرژی حجم کنترل) است و این امر انعکاس معادله اویلر^۱ برای حجم کنترل در مختصات ثابت است. تدوین تراز انرژی تجهیزات و تأسیسات انتقال نفت و فراورده‌های نفتی بر اساس کاربرد معادله اویلر در حجم‌های کنترل تعریف‌شده در مختصات ثابت استوار است.

۱۳-۳

نمودار سنکی

نمودار سنکی نمودار جریان مشخصی است که جریان انرژی ورودی و خروجی از مرزهای قراردادی یک حجم کنترل را به صورت خط جهت‌دار نشان می‌دهد و ضخامت خطوط متناسب با مقدار جریانی از انرژی است که آن خط منعکس می‌سازد.

¹ Euler Equation

۱۴-۳

نرخ برگشت داخلی

نرخ برگشت سرمایه‌گذاری برای یک طرح بهینه‌سازی انرژی است که براساس آن کل حجم سرمایه‌گذاری از طریق کاهش هزینه انرژی و/یا افزایش درآمد ناشی از اقدامات بهینه‌سازی انرژی در یک بنگاه در طول زمان معین بازیافت می‌شود.

۱۵-۳

زمان برگشت سرمایه

مدت زمانی است که طی آن بازیافت سرمایه اولیه برای یک راهکار بهینه‌سازی انرژی که از طریق کاهش هزینه انرژی و/یا افزایش درآمد یک بنگاه اقتصادی با یک نرخ تنزیل مشخص انجام می‌گیرد.

۱۶-۳

خالص ارزش حال سرمایه

خالص ارزش حال، ارزش افزوده ناشی از سرمایه‌گذاری برای یک راهکار بهینه‌سازی انرژی است که طبق نرخ تنزیل مشخص و در مدت زمان معین حاصل می‌شود.

۱۷-۳

عامل کاهنده نیروی پسا^۱

موادی پلیمری که با افزودن آن‌ها به جریان‌های سیالات در خطوط لوله مایعات، کاهش افت فشار ناشی از اصطکاک را در پی خواهد داشت.

۱۸-۳

سامانه نیروی محرکه با فرکانس متغیر^۲

سامانه الکترونیکی کنترلی که برای تغییر سرعت چرخش موتورهای الکتریکی جریان متناوب با استفاده از تغییر توان فرکانس و ولتاژ ورودی به موتور طراحی شده است.

۴ شاخص‌های ارزیابی جریان انرژی

۱-۴ خط لوله

برای ارسال سیال بین دو نقطه باید انرژی مصرف شود که این انرژی برای تأمین هد استاتیکی (ناشی از تغییر ارتفاع)، جبران اتلاف اصطکاکی (تأمین هد اصطکاکی) و سرعت گرفتن سیال (در صورت تغییر سطح مقطع لوله) و تأمین فشار بخار سیال برای جلوگیری از دوفازی شدن آن مصرف می‌شود. از بین مقادیر یادشده، برای یک خط لوله مشخص، صرفاً اتلافات اصطکاکی قابل تغییر است. ایده‌آل آن است که این اتلافات نقش اصلی را در اتلافات پتانسیل سیال عبوری داشته باشد. بر این اساس در حالت طراحی نسبت اتلافات اصطکاکی به کل اتلافات در نظر گرفته‌شده در طراحی خط به

^۱Drag Reducer Agent (DRA)

^۲Variable Frequency Drive (VFD)

عنوان معیاری از کارایی خط به کار می‌رود:

$$\xi_{Design} = \frac{\Delta P_{friction, Design}}{\Delta P_{Total, Operation}} \quad (1)$$

هر قدر این شاخص از یک دورتر باشد نشان‌دهنده آن است که در قطعه مزبور اتلافات اصطکاکی از سایر اتلافات مهم‌تر است.

در حالت عملیاتی نیز این شاخص به صورت رابطه ۲ بیان می‌شود:

$$\xi_{Operation} = \frac{\Delta P_{friction, Operation}}{\Delta P_{Total, Design}} \quad (2)$$

این شاخص باید برای هر قطعه خط لوله محاسبه شود. هر قدر این شاخص از یک دورتر شود نشان‌دهنده اتلافات بیشتری است که در اثر عوامل مختلفی مانند تشکیل واکس؛ هواگرفتن در لوله، وجود رسوب و غیره به وجود آمده است و سبب اتلاف انرژی می‌شود.

یادآوری - برای محاسبه افت فشار اصطکاکی و افت فشار ناشی از ارتفاع، می‌توان از نرم‌افزارهای تجاری استفاده کرد.

۲-۴ کارایی تلمبه‌خانه

کارایی تلمبه‌خانه بر اساس خدمات انرژی گرفته شده از این سامانه در مقایسه با انرژی ورودی به آن تعریف و از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$\eta_{PS} = \frac{\int_{P_{Inlet}}^{P_{Outlet}} QdP}{E_{total}} = \frac{Q(P_{Outlet} - P_{Inlet})}{E_{total}} \quad (3)$$

در این رابطه E_{total} مجموع انرژی مصرف شده در ایستگاه برای افزایش فشار سیال است. شاخص مزبور برای دو حالت طراحی و عملیاتی محاسبه می‌شود. در حالت طراحی، کمیت‌های شرایط طراحی و در حالت عملیاتی از داده‌های میدانی استفاده می‌شود. محاسبات می‌تواند بر اساس انرژی اولیه و یا انرژی ثانویه انجام شود.

۵ تعیین معیار مصرف انرژی

۱-۵ خط لوله

جدول ۱ به عنوان معیار ارزیابی خطوط لوله در حالت عملیاتی اعمال می‌شود.

جدول ۱- گروه‌بندی خطوط لوله انتقال نفت و فراورده‌های نفتی در حالت عملیاتی

شرایط مصرف انرژی	کارایی خط (%)
A	$\xi_{Operation} < 98$
B	$85 < \xi_{Operation} < 98$
C	$70 < \xi_{Operation} < 85$
D	$50 < \xi_{Operation} < 70$
E	$35 < \xi_{Operation} < 50$
F	$\xi_{Operation} < 35$

۲-۵ تلمبه‌خانه‌ها

جدول‌های ۲ و ۳ به عنوان معیار ارزیابی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک الکتروموتور در حالت طراحی و عملیاتی اعمال می‌شود. معیار طراحی بر اساس بهترین فناوری‌های مورد استفاده در جهان در ساخت تلمبه‌خانه‌ها توصیه شده است. معیار عملیاتی نیز با توجه به تلمبه‌خانه‌های ارزیابی شده و فناوری‌های متداول برای افزایش کارایی انرژی تلمبه‌خانه‌ها توصیه شده است. نکات بیشتر در پیوست ب وجود دارد.

جدول ۲- گروه بندی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک الکتروموتور در حالت طراحی

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)
A	$79 < \eta_{PS, Design}$
B	$70 < \eta_{PS, Design} < 79$
C	$60 < \eta_{PS, Design} < 70$
D	$50 < \eta_{PS, Design} < 60$
E	$35 < \eta_{PS, Design} < 50$
F	$\eta_{PS, Design} < 35$

جدول ۳- گروه بندی تلمبه‌خانه‌های با محرک الکتروموتور در حالت عملیاتی

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)
A	$70 < \eta_{PS, Design}$
B	$65 < \eta_{PS, Design} < 70$
C	$55 < \eta_{PS, Design} < 65$
D	$45 < \eta_{PS, Design} < 55$
E	$30 < \eta_{PS, Design} < 45$
F	$\eta_{PS, Design} < 30$

جدول‌های ۴ و ۵ به عنوان معیار ارزیابی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک توربین گاز در حالت طراحی و عملیاتی اعمال می‌شود. معیار طراحی بر اساس بهترین فناوری‌های مورد استفاده در جهان توصیه شده است. معیار عملیاتی نیز با توجه به متوسط بازده اجزای تلمبه‌خانه‌ها اعمال شده است. نکات بیشتر در پیوست پ وجود دارد.

جدول ۴- گروه بندی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک توربین گاز در حالت طراحی

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)
A	$36 < \eta_{PS, Design}$
B	$27 < \eta_{PS, Design} < 36$
C	$21 < \eta_{PS, Design} < 27$
D	$16 < \eta_{PS, Design} < 21$
E	$14 < \eta_{PS, Design} < 16$
F	$\eta_{PS, Design} < 12/7$

جدول ۵- گروه بندی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک توربین گاز در حالت عملیاتی

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)
A	$27 < \eta_{PS, Design} < 36$
B	$21 < \eta_{PS, Design} < 27$
C	$16 < \eta_{PS, Design} < 21$
D	$14 < \eta_{PS, Design} < 16$
E	$10 < \eta_{PS, Design} < 12/7$
F	$\eta_{PS, Design} < 10/6$

۳-۵ برچسب انرژی

برچسب انرژی صفحه‌ای حاوی اطلاعات مربوط به معیارهای مصرف انرژی است. اطلاعات مندرج بر روی برچسب باید به صورت خوانا و واضح باشد. برچسب باید در ابعادی مناسب و در محلی قابل رویت نصب شود.

۵-۳-۱ موارد مندرج در برچسب

هر یک از موارد داده شده در شکل ۱ و ۲ به صورت زیر معرفی می‌شوند:

- ۱- علامت استاندارد و نام برچسب؛
- ۲- گروه (گرید) انرژی (به بند ۴ مراجعه شود)؛
- ۳- شاخص کارایی
- ۴- طول خط برحسب کیلومتر، قطر خط بر حسب اینچ و دبی خط برحسب میلیون مترمکعب در روز برای خطوط لوله انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی و فشار ورودی، فشار خروجی برحسب PSi و دبی نفت عبوری / فرآورده‌های نفتی عبوری بر حسب میلیون مترمکعب در روز برای تلمبه‌خانه‌های نفت و فرآورده‌های نفتی می‌باشد.
- ۵- نام خط (ابتدا و انتها) برای خطوط لوله انتقال نفت و نام ایستگاه برای ایستگاه‌های تقویت فشار می‌باشد.

یادآوری گروه بازده مصرف انرژی توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و بر اساس نتایج آزمون بدست آمده، تعیین و به مسئولین ذیربط اعلام می‌شود.

۵-۳-۲ رنگ‌های مورد استفاده

رنگ‌های مورد استفاده بر روی برچسب انرژی بر اساس رنگ‌های اصلی چاپ (رشد CMYK) و به رنگ‌های فیروزه‌ای (Cyan)، زرشکی روشن (Magenta)، زرد (Yellow) و سیاه (Black).
با ترکیب درصدهایی از رنگ‌های فوق شکل کلی بر چسب رنگی حاصل می‌شود. ترکیب قرار گرفتن رنگ‌ها نیز به صورت CMYK است. به طور مثال 07X0 بیانگر آن است که صفر درصد فیروزه‌ای، ۷۰ درصد زرشکی روشن، ۱۰۰ درصد زرد و صفر درصد سیاه با یکدیگر ترکیب شده‌اند، بر این اساس هرکدام از رده‌ها با کدهای رنگی زیر مشخص می‌شوند:

پیکان‌ها:

۱: X0X0

۲: 70X0

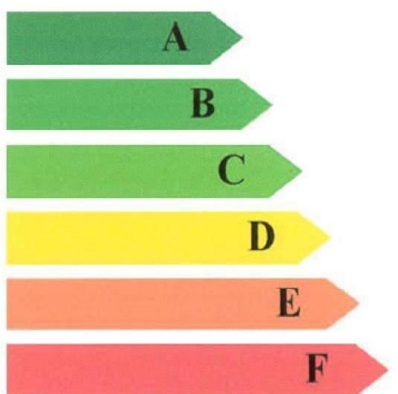
۳: 30X0

۴: 00X0

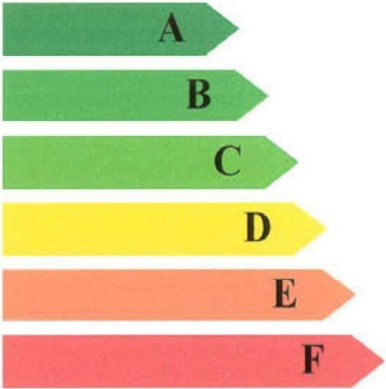
۵: 03X0

۶: 07X0

۷: 0XX0

برچسب مصرف انرژی تلمبه خانه نفت / فرآورده نفتی	
کارایی بیشتر  کارایی کمتر	
شاخص کارایی (بر اساس نتایج آزمون استاندارد)	% XY.Z
فشار ورودی (Psi) فشار خروجی (Psi) دبی نفت / فرآورده نفتی عبوری (هزار بشکه در روز)	XY.Z XY.Z XY.Z
نام ایستگاه نوع محرک (توربین گاز / الکتروموتور)	

شکل ۱- نمونه شکل برچسب انرژی تلمبه خانه های نفت
 بر اساس شاخص کارایی طراحی و عملیاتی

برچسب مصرف انرژی خطوط لوله انتقال نفت / فرآورده نفتی	
کارایی بیشتر  کارایی کمتر	
شاخص کارایی (بر اساس نتایج آزمون استاندارد)	% XY.Z
طول خط (کیلومتر) قطر خط (اینچ) دبی خط (هزار بشکه در روز)	XY.Z XY.Z XY.Z
نام خط ابتدای خط انتهای خط	

شکل ۲- نمونه شکل برچسب انرژی خطوط لوله انتقال نفت
بر اساس شاخص کارایی طراحی و عملیاتی

۶ الزامات

۱-۶ پیش‌نیازها

سازمان/شرکت ذیربط باید:

- ۱- سامانه مدیریت انرژی در سازمان/شرکت مربوطه را با توجه به موارد مندرج در این استاندارد پیاده سازی و اجرا کند.
- ۲- تشکیلات سازمانی مناسب برای اعمال سامانه مدیریت انرژی در سازمان/شرکت مربوطه را ایجاد کند.
- ۳- حیطه و محدوده مورد نظر برای اعمال مدیریت انرژی در سازمان/شرکت مربوطه را مشخص کند.
- ۴- چگونگی اعمال این استاندارد برای برقراری مدیریت انرژی مداوم در سازمان/شرکت مربوطه، را تعیین کند.
- ۵- تجهیزات مناسب برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز برای ارزیابی شاخص مصرف انرژی را تهیه و نصب نماید.

۲-۶ مسئولیت‌ها

۱-۲-۶ موارد کلی

بالاترین مقام مسئول در سازمان/شرکت ذیربط باید:

- ۱- مدیریت انرژی در شبکه انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی را پایه‌گذاری، اجرا و نگهداری کند.
- ۲- امکانات مورد نیاز برای برقراری و اجرای مدیریت انرژی در سازمان/شرکت مربوطه را مهیا کند.
- ۳- واحد سازمانی لازم برای برقراری مدیریت انرژی در سازمان/شرکت مربوطه را تشکیل دهد.
- ۴- از وجود اهداف مشخص برای ارتقای سطح بهره‌وری انرژی در سازمان/شرکت مربوطه و تلاش در جهت نیل به این اهداف اطمینان حاصل کند.
- ۵- از اندازه‌گیری و ثبت نتایج کارهای انجام شده اطمینان حاصل کند.

۲-۲-۶ انتقال اختیارات و مسئولیت‌ها

بالاترین مقام مسئول در سازمان/شرکت ذیربط باید با انتقال مسئولیت و اختیار، یک واحد سازمانی برای انجام کارهای زیر تعیین کند:

- ۱- اطمینان از تشکیل، اجرا و نگهداری سامانه مدیریت انرژی در سازمان/شرکت مربوطه
- ۲- دریافت گزارش‌ها و مستندات مدیریت انرژی از شرکت‌های تابعه، واحدها و مناطق عملیاتی و انتقال مصوبات بالاترین مقام مسئول سازمان/شرکت ذیربط به شرکت‌های تابعه و واحدهای عملیاتی.
- ۳- تهیه گزارش از نحوه عملکرد سامانه مدیریت انرژی در سازمان/شرکت مربوطه و ارائه آن به بالاترین مقام مسئول در سازمان/شرکت
- ۴- تهیه گزارش و مستندات مدیریت انرژی برای پایش جریان انرژی و اطلاع از میزان پتانسیل ارتقای سطح بهره‌وری انرژی
- ۵- پایش و تحلیل تغییرات جریان انرژی در سازمان/شرکت مربوطه در بازه‌های زمانی مشخص

- ۶- برنامه‌ریزی و مدیریت فعالیت‌های مرتبط با مدیریت انرژی
- ۷- پایش، نظارت و ارزیابی کاربرد استاندارد مدیریت انرژی در سازمان/شرکت مربوطه

۳-۶ برنامه ریزی

سازمان/شرکت ذیربط باید برنامه ریزی لازم را در جهت ارتقای سطح بهره‌وری انرژی با توجه به موارد زیر انجام دهد:

- ۱- پایش شاخص‌های ارزیابی انرژی در سازمان/شرکت مربوطه
- ۲- ارزیابی راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی
- ۳- گزارش‌های استاندارد مدیریت انرژی
- ۴- موارد قانونی و سایر ملاحظات

۴-۶ ارزیابی راهکارهای بهینه سازی انرژی

ارزیابی راهکارهای بهینه‌سازی انرژی براساس شاخص‌های ارزیابی انرژی و در سه مرحله انجام می‌گیرد.

۵-۶ تبیین وضعیت موجود

وضعیت موجود سامانه مورد مطالعه بر اساس متوسط شرایط بهره‌برداری از سامانه در طول بازه زمانی مشخص انجام می‌شود. زمان در نظر گرفته شده برای متوسط گیری باید منتهی به زمان انجام محاسبات باشد.

۶-۶ تحلیل پتانسیل فنی صرفه جویی انرژی

میزان پتانسیل بازیافت انرژی باید بر اساس متوسط شرایط بهره‌برداری از سامانه در بازه‌های زمانی روزانه، هفتگی، ماهانه و سالانه و با توجه به راهکارهای موردنظر برای سامانه مورد بررسی یا میانگین شرایط عملیاتی راهکار مورد نظر در شرایط مشابه باشد.

۷-۶ تحلیل اقتصادی پتانسیل صرفه جویی انرژی

در تحلیل اقتصادی مرتبط با راهکارهای صرفه‌جویی انرژی باید انجام محاسبات اقتصادی برای زمان معادل با طول عمر متعارف راه حل مورد نظر یا عمر باقی‌مانده از سامانه مورد مطالعه باشد. نتایج تحلیل اقتصادی باید حداقل شامل نرخ داخلی بازگشت سرمایه، زمان برگشت سرمایه و خالص ارزش حال سرمایه باشد.

۸-۶ گزارش های ارزیابی انرژی

گزارش های ارزیابی جریان انرژی در ارتباط با خطلوله و تلمبه‌خانه‌ها شبکه انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی به ترتیب زیر است.

۱-۸-۶ گزارش وضعیت جاری

۱-۱-۸-۶ خط لوله

برای خط لوله گزارش وضعیت جاری، باید شامل کارائی خط لوله برای شرایط طراحی و شرایط عملیاتی باشد.

۲-۱-۸-۶ تلمبه‌خانه‌های نفت و فرآورده‌های نفتی

۱-۲-۱-۸-۶ جدول ترازنامه انرژی

جدول ترازنامه انرژی برای تاسیسات انتقال گاز باید حداقل شامل تجهیزات انرژی بر و جریان‌های عمده انرژی باشد.

۲-۲-۱-۸-۶ نمودار سنکی

نمودار سنکی باید با توجه به سطر انتهایی جدول ترازنامه انرژی تهیه شود و میزان هریک از جریانهای انرژی مشخص شده در ترازنامه انرژی، بصورت درصدی و عددی بیان شود.

۳-۲-۱-۸-۶ توزیع تلفات انرژی

توزیع تلفات انرژی باید بصورت نمودار دایره‌ای با توجه به ستون انتهایی ترازنامه انرژی تهیه شود. میزان سهم هریک از تجهیزات مشخص شده در ترازنامه انرژی، باید بصورت درصدی و عددی در نمودار مشخص شود.

۴-۲-۱-۸-۶ بازده سامانه‌های تبدیل انرژی

میزان بازده هریک از سامانه‌های تبدیل انرژی در تلمبه‌خانه‌های نفت و فرآورده‌های نفتی، که در بازه تجهیزات عمده انرژی بر قرار می‌گیرند، باید بر حسب تعاریف متعارف بازده برای تجهیز مورد نظر بیان شود.

۳-۱-۸-۶ ایستگاه تقلیل فشار نفت و فرآورده‌های نفتی

برای ایستگاه تقلیل فشار نفت و فرآورده‌های نفتی گزارش وضعیت جاری، باید شامل کارائی ایستگاه تقلیل فشار نفت و فرآورده‌های نفتی باشد.

۲-۸-۶ جدول فرصت‌های بهبود بازده انرژی

جدول فرصت‌های بهبود بازده انرژی برای هریک از تلمبه‌خانه‌های نفت و فرآورده‌های نفتی یا خط لوله بصورت جداگانه تهیه می‌شود. این جدول باید شامل موارد زیر باشد:

۱-۲-۸-۶ راهکار مورد استفاده برای بهبود بازده انرژی

راهکار مورد نظر برای استفاده از فرصت‌های بهبود بازده انرژی که محاسبات مربوط به میزان پتانسیل صرفه-جویی انرژی با توجه به آن انجام شده، بصورت یک عبارت خلاصه بیان می‌شود.

۲-۲-۸-۶ پتانسیل صرفه جویی انرژی

برای هریک از راهکارهای اشاره شده در جدول، باید میزان پتانسیل صرفه‌جویی انرژی بر حسب یکی از واحدهای متعارف توان و انرژی در سامانه واحد بین‌المللی (SI)، بیان شود.

۳-۲-۸-۶ تغییرات نسبت کارائی انرژی

برای هریک از راهکارهای اشاره شده در جدول، باید نسبت کارائی انرژی مشخص شود. نسبت کارایی انرژی:

۱- برای خط لوله بصورت نسبت کارائی خط لوله در شرایط جدید نسبت به شرایط فعلی محاسبه می- شود.

۲- برای تلمبه‌خانه بصورت نسبت کارائی تلمبه‌خانه در شرایط جدید نسبت به شرایط فعلی محاسبه می‌شود.

۳- برای ایستگاه تقلیل فشار بصورت نسبت کارائی ایستگاه تقلیل فشار نفت و فرآورده‌های نفتی در شرایط جدید نسبت به شرایط فعلی محاسبه می‌شود.

۴-۲-۸-۶ شاخص‌های اقتصادی

برای هریک از راهکارهای ارائه‌شده در جدول، باید میزان نرخ داخلی بازگشت سرمایه، زمان برگشت سرمایه و همچنین خالص ارزش حال سرمایه مشخص شود. این شاخص‌ها باید با توجه به قیمت‌های منطقه‌ای تعیین شوند.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

شاخص‌های جریان انرژی تلمبه‌خانه‌هایی
بامحرک الکتروموتور بر اساس انرژی اولیه

جدول الف-۱- ارزیابی کارایی تلمبه‌خانه‌ها
با الکتروموتور در حالت طراحی (بر اساس انرژی اولیه)

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)
A	$\eta_{PS,Design} < 27/65$
B	$24/50 < \eta_{PS,Design} < 27/65$
C	$21/00 < \eta_{PS,Design} < 24/50$
D	$17/50 < \eta_{PS,Design} < 21/00$
E	$12/50 < \eta_{PS,Design} < 17/50$
F	$\eta_{PS,Design} < 12/50$

جدول الف-۲- ارزیابی کارایی تلمبه‌خانه‌های
با الکتروموتور در حالت عملیاتی (بر اساس انرژی اولیه)

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)
A	$\eta_{PS,Design} < 24/50$
B	$22/75 < \eta_{PS,Design} < 24/50$
C	$19/25 < \eta_{PS,Design} < 22/75$
D	$15/75 < \eta_{PS,Design} < 19/25$
E	$10/50 < \eta_{PS,Design} < 15/75$
F	$\eta_{PS,Design} < 10/50$

پیوست ب

(اطلاعاتی)

مبنای گروه‌بندی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک الکتروموتور

تلمبه‌خانه با توجه طراحی خود و تکنولوژی روز دنیا، در یکی از گروه‌های شش گانه قرار می‌گیرد. یک ایستگاه ممکن است با گذشت زمان و پیشرفت سطح فناوری در گروه متفاوتی قرار گیرد. اساس رتبه‌بندی بر مبنای درصد نزدیکی به شرایط مورد ارزیابی است. جدول بر اساس کمینه شرایط مورد انتظار برای قرار گرفتن در هر یک از گروه‌ها تهیه شده است؛ به این معنا که برای مثال در جدول ۸، کمینه شرایطی که کارایی تلمبه‌خانه شرایط A را داشته باشد، شرایطی است که در سطر مربوطه نشان داده شده است.

جدول ب-۱ رابطه کارایی تلمبه‌خانه‌هایی

با محرک الکتروموتور با بازده تجهیزات آن‌ها در حالت طراحی

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)	الکتروموتور	پمپ	سیستم کنترل دبی سیال (VFD / شیر کنترل فشار)	اتصالات/کوپلینگ و گیربوکس/لوله‌ها
A	$\eta_{PS,Design} < 78$	٪۹۵/۵	٪۸۸	٪۹۶	-
B	$70 < \eta_{PS,Design} < 78$	٪۹۵/۵	٪۸۴	-	٪۹۰
C	$60 < \eta_{PS,Design} < 70$	٪۹۵/۵	٪۸۰	-	٪۸۰
D	$49 < \eta_{PS,Design} < 60$	٪۹۵	٪۷۶	-	٪۷۰
E	$35 < \eta_{PS,Design} < 49$	٪۹۰	٪۷۳	-	٪۵۶
F	$\eta_{PS,Design} < 35$	٪۹۰	٪۷۳	-	٪۵۵

جدول ب-۲ - رابطه کارایی تلمبه‌خانه‌هایی

با محرک الکتروموتور با بازده تجهیزات آن‌ها در حالت عملیاتی

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)	الکتروموتور	پمپ	سیستم کنترل دبی سیال (VFD / شیر کنترل فشار)	اتصالات/کوپلینگ و گیربوکس/لوله‌ها
A	$\eta_{PS,Design} < 74$	٪۹۵/۵	٪۸۵	٪۹۴	-
B	$65 < \eta_{PS,Design} < 70$	٪۹۵/۵	٪۸۴	-	٪۹۰
C	$55 < \eta_{PS,Design} < 65$	٪۹۵/۵	٪۸۰	-	٪۸۰
D	$45 < \eta_{PS,Design} < 55$	٪۹۵	٪۷۶	-	٪۷۰
E	$30 < \eta_{PS,Design} < 45$	٪۹۰	٪۷۳	-	٪۵۶
F	$\eta_{PS,Design} < 30$	٪۹۰	٪۷۳	-	٪۵۵

پیوست پ

(اطلاعاتی)

مبانی گروه‌بندی تلمبه‌خانه‌هایی با محرک توربین گاز

جدول پ-۱- رابطهٔ برچسب انرژی تلمبه‌خانه‌هایی

با محرک توربین گاز با بازدهٔ تجهیزات آن‌ها در حالت طراحی

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)	سیستم تولید توان		پمپ	اتصالات/کوپلینگ و گیربوکس/لوله‌ها
		توربین گاز	سیستم ORC		
A	$\eta_{PS,Design} < 36$	٪۳۲	٪۱۵	٪۸۸	٪۹۸
B	$27 < \eta_{PS,Design} < 36$	٪۳۲	–	٪۸۸	٪۹۸
C	$21 < \eta_{PS,Design} < 27$	٪۲۷	–	٪۸۰	٪۹۸
D	$16 < \eta_{PS,Design} < 21$	٪۲۲	–	٪۷۶	٪۹۷
E	$14 < \eta_{PS,Design} < 16$	٪۲۰	–	٪۷۳	٪۹۷
F	$\eta_{PS,Design} < 12/7$	٪۱۸	–	٪۷۳	٪۹۷

جدول پ-۲- رابطهٔ برچسب انرژی تلمبه‌خانه‌هایی

با محرک توربین گاز با بازدهٔ تجهیزات آن‌ها در حالت عملیاتی

شرایط مصرف انرژی	کارایی تلمبه‌خانه (%)	سیستم تولید توان		پمپ	اتصالات/کوپلینگ و گیربوکس/لوله‌ها
		توربین گاز	سیستم ORC		
A	$27 < \eta_{PS,Design} < 36$	٪۳۲	–	٪۸۸	٪۹۸
B	$21 < \eta_{PS,Design} < 27$	٪۲۷	–	٪۸۰	٪۹۸
C	$16 < \eta_{PS,Design} < 21$	٪۲۲	–	٪۷۶	٪۹۷
D	$14 < \eta_{PS,Design} < 16$	٪۲۰	–	٪۷۳	٪۹۷
E	$10 < \eta_{PS,Design} < 12/7$	٪۱۸	–	٪۷۳	٪۹۷
F	$\eta_{PS,Design} < 10/6$	٪۱۵	–	٪۷۳	٪۹۷