

راهنمای (هندبوک) گاز طبیعی

جلد ۲

«فناوری گاز طبیعی مایع شده، قیمت گذاری و بازار گاز»

گروه نویسندگان و مترجمان زیر نظر سردبیر علمی:

دکتر علی وکیلی

www.ketab.ir

نویسندگان و مترجمان

مهدی طوفانپور رمی - حامد حوری جعفری

غلامعلی رحیمی - وحید سعید ایرانو



شرکت هزاره سوم اندیشه

سرشناسه	: رضایی، عباس، ۱۳۵۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای (هندبوک) گاز طبیعی/نویسندگان زیر نظر سردبیر علمی علی وکیلی؛ ترجمه و تالیف عباس رضایی، حامد حوری جعفری
مشخصات نشر	: تهران: هزاره سوم اندیشه، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ج۲: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ج. ۱۱-۹۷۸-۶۰۰-۷۳۰۶-۹۴-۹ ج. ۲-۹۷۸-۶۰۰-۷۳۰۶-۹۴-۹
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: نویسندگان جلد دوم مهدی طوفانپور رمی، حامد حوری جعفری، غلامعلی رحیمی، وحید سعیدایرانلو.
یادداشت	: کتاب حاضر ترجمه بخشی از دو کتاب " Fundamentals of natural gas processing " تالیف I.I Faulkner و " Handbook of liquefied natural gas " تالیف Saeid mkhatab و دیگران است.
یادداشت	: کتابنامه.
مندرجات	: ج. ۱. فرایندهای فرآورش، تصفیه گاز و هزینه سرمایه‌ای و عملیاتی-ج. ۲. فناوری گاز طبیعی مایع شده، قیمت‌گذاری و بازار گاز
موضوع	: گاز طبیعی (Natural gas)
موضوع	: گاز طبیعی مایع (Liquefied natural gas)
شناسه افزوده	: حوری جعفری، حامد، ۱۳۵۷ -
شناسه افزوده	: وکیلی، علی، ۱۳۳۴ - سردبیر، ناظر
شناسه افزوده	: فاکتر، لین ال-، ۱۹۴۱-م. (Faulkner, L. L.(Lynn L.), 1941)
شناسه افزوده	: مخاطب، سعید، ۱۳۵۵- (Mokhatab, Saeid)
رده‌بندی کنگره	: ۶۶۵/۷۳ : ۱۳۹۸/۱۶۲
رده‌بندی دیویی	: ۶۶۵/۷۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۶۵۶۳۱۳



شرکت هزاره سوم اندیشه

راهنمای (هندبوک) گاز طبیعی (جلد ۲)

«فناوری گاز طبیعی مایع شده، قیمت‌گذاری و بازار گاز»

گروه نویسندگان و مترجمان زیر نظر سردبیر علمی: دکتر علی وکیلی

تألیف و ترجمه: مهدی طوفانپور رمی - حامد حوری جعفری - غلامعلی رحیمی - وحید سعید ایرانلو

• ویرایش: معصومه طوفانپور - آرمیتا رفیع‌زاده

• طرح جلد: آروین رفیع‌زاده

صفحه‌بندی، بازنگری و ویرایش نهایی: هزاره سوم اندیشه

• چاپ و صحافی: قشقایی • نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۰

• تعداد: ۳۰۰ نسخه • قیمت: ۴۰۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۳۰۶-۹۴-۹

• تلفن ناشر: ۶۶۹۷۲۸۷۰ • همراه: ۰۹۱۲۷۱۷۳۹۲۴ • تلفن پخش: ۶۶۹۶۱۹۱۸

• آدرس سایت: www.hsap.ir • الکترونیکی: hsapub@gmail.com

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است.

پیشگفتار

ایران دارنده بزرگ‌ترین منابع گاز طبیعی در دنیاست ولی به لحاظ تولید و صادرات هنوز نتوانسته نظریه ظرفیت ایران در زمینه تولید و افزایش تولید در منطقه پارس جنوبی جای خود را در بازار انرژی دنیا نیافته است. هنوز کشور به این باور نرسیده است که مزیت نسبی کشور در حوزه انرژی است. اولین دارنده مخازن هیدروکربوری در جهان هنوز سهم مناسبی از توسعه کشور در همه زمینه‌ها از پژوهش گرفته تا تولید نهایی و سهم مهمی از صادرات محصولات نهایی ندارد. خصوصاً در زمینه گاز طبیعی. این نکته بارزتر است خصوصاً اینکه صادرات این ماده حیاتی از مشکلات زیادی با توجه به محدودیت نوع انتقال گاز لزوم توجه و مطالعات لازم در زمینه را ایجاب می‌نماید.

طبق طرح جامع انرژی تدوین شده در مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی و متعاقب آن تدوین چشم‌انداز انرژی کشور بر مبنای تولید و روند مصرف آینده استراتژی کشور در خصوص گاز طبیعی مشخص و تبیین گردد.

هنوز یک مرجع کامل و جامع در مورد گاز طبیعی در کشور وجود ندارد. انتشارات محدودی در این خصوص عرضه شده ولی کامل نیست. مدت‌ها به فکر جمع‌آوری و تألیف کتاب جامع شامل همه زمینه‌های مورد نیاز گاز طبیعی خصوصاً در زمینه شکل‌های مختلف از گاز طبیعی نظیر مایع‌سازی و تبدیل گاز به محصولات مختلف

احساس می‌شد. دوست عزیزم آقای دکتر حامد حوری جعفری پیشنهاد تألیف کتاب را با جمع‌آوری مراجع مختلف ارائه نمودند. همکاران محترم مختلفی را با توجه به سوابق ارزشمند علمی و اجرایی آنان برای قسمت‌های گوناگون انتخاب گردیدند و سهم خود را در تدوین این کتاب ارزشمند ایفا نمودند.

با توجه به غیراقتصادی بودن صادرات گاز برای مسافت‌های طولانی و از آنجایی که بازار تقاضای گاز طبیعی خصوصاً شرق آسیا واقع است رویکرد تولیدکنندگان گاز طبیعی به سمت تولید هر چه بیشتر گاز مایع معطوف گردیده است. فن‌آوری‌های مایع‌سازی گاز طبیعی به سمت استفاده از نوآوری‌های جدید و پیچیده متعلق به شرکت‌های عمدتاً غربی به‌ویژه آمریکایی است. هر چند کشورهایی نظیر چین و روسیه سعی به تولید تجهیزات مایع‌سازی گاز نموده‌اند ولیکن تاکنون به لحاظ اقتصادی قابلیت رقابت با فناوری‌های غربی را ندارند. بدین لحاظ سعی نمودیم به صورت جامع تمام فناوری‌های موجود را مورد بررسی عمیق قرار دهیم. به لحاظ عدم هماهنگی حجم صفحات کتاب بین بخش‌های مختلف تاکنون به وجود آمد. تاکنون نشریات و کتب مختلفی ولی غیر جامع و کاملی در مورد بخش‌های کتاب نوشته شده که در این کتاب سعی نمودیم به صورت جامع به آن بخش‌ها نیز پردازیم.

با توجه به حجم گسترده مطالب و تنوع آن در مورد یک موضوع یعنی گاز طبیعی قطعاً خالی از اشکال نخواهد بود لهذا از دانشمندان، کارشناسان عزیز که کتاب را مطالعه می‌نمایند خاضعانه درخواست می‌نمایم از نظرات ارزشمند خود ما را بی‌نصیب نگذارند. حمد و ثنای خداوند متعال به لحاظ توفیق انجام کار و تشکر و تقدیر از همه عزیزانی که در تدوین آن ما را یاری نمودند ابراز می‌نمایم.

فهرست مطالب

۵.....	پیشگفتار
۲۵.....	فصل اول: اصول و مبانی LNG
۲۵.....	۱-۱. مقدمه
۲۶.....	۲-۱. بهره‌برداری اقتصادی از منابع گاز دورافتاده
۲۹.....	۳-۱. مشخصه‌های ال ان جی
۲۹.....	۱-۳-۱. خصوصیات پایه (اولیه)
۳۲.....	۲-۳-۱. خواص ترمودینامیکی
۳۲.....	۳-۳-۱. ایمنی LNG
۳۳.....	۴-۳-۱. واحدها و ضرایب تبدیل
۳۳.....	۴-۱. زنجیره سنتی عرضه LNG
۳۴.....	۱-۴-۱. تأسیسات تولید LNG
۳۴.....	۱-۴-۱. آماده‌سازی گاز خوراک (ورودی)
۳۶.....	۲-۴-۱. بازیافت ان جی ال
۳۷.....	۳-۴-۱. مایع‌سازی
۳۹.....	۲-۴-۱. انواع تأسیسات مایع‌سازی
۴۰.....	۳-۴-۱. ظرفیت واحدهای تولید LNG
۴۴.....	۴-۴-۱. بارگیری LNG
۴۵.....	۵-۴-۱. حمل و نقل LNG
۴۶.....	۱-۵-۴-۱. حمل با کشتی
۶۰.....	۲-۵-۴-۱. حمل LNG با کامیون
۶۳.....	۶-۴-۱. پایانه‌های دریافت LNG

۳۸۲.....	۵-۶-۱. مثالی از بهینه‌سازی سیکل محرک
۳۸۳.....	۵-۷. چالش‌های طراحی بهینه مجتمع‌های متحرک LNG
۳۸۴.....	منابع و مآخذ
فصل ۶: کنترل فرآیند و اتوماسیون (خودکارسازی) تأسیسات LNG و پایانه‌های	
۳۸۷.....	واردات
۳۸۷.....	۶-۱. مقدمه
۳۸۹.....	۶-۱. اهداف اتوماسیون مجتمع LNG
۳۸۹.....	۶-۳. قابلیت‌ها و توسعه اتوماسیون/کنترل فرآیند مجتمع LNG
۳۹۰.....	۶-۳-۱. سیستم کنترل توزیعی
۳۹۱.....	۶-۳-۱-۱. کنترل نظارتی پایه
۳۹۲.....	۶-۳-۱-۲. کنترل نظارتی پیشرفته
۳۹۳.....	۶-۳-۱-۳. مدیریت حلقه
۳۹۴.....	۶-۳-۲. دستگاه‌های هوشمند میزانی
۳۹۷.....	۶-۳-۱-۲. فیلدباس در مجتمع‌های LNG
۳۹۸.....	۶-۳-۳. مدیریت هشدار و ثبت داده‌ها
۳۹۹.....	۶-۳-۴. سیستم ایمنی مجهز به ایزاردقیق
۴۰۰.....	۶-۳-۵. مدیریت موجودی اموال
۴۰۰.....	۶-۳-۶. سیستم مدیریت دارایی
۴۰۳.....	۶-۴. کنترل فرآیند واحدهای کلیدی در مجتمع‌های LNG
۴۰۳.....	۶-۴-۱. تأسیسات ورودی
۴۰۵.....	۶-۴-۱-۱. سیستم فراوری آمین
۴۰۶.....	۶-۴-۱-۲. سیستم رطوبت‌گیری غربال مولکولی
۴۰۷.....	۶-۴-۲. واحد بازیافت NGL
۴۰۹.....	۶-۴-۳. سیستم سوخت‌گازی
۴۱۰.....	۶-۴-۴. سیستم مایع‌سازی
۴۱۱.....	۶-۴-۴-۱. کنترل فرآیندهای سرمایش
۴۱۲.....	۶-۴-۴-۲. کنترل واحد مایع‌سازی
۴۱۴.....	۶-۴-۴-۳. کنترل کمپرسور و توربین گاز
۴۱۶.....	۶-۴-۴-۴. سیستم‌های کنترل ضد ضربه
۴۱۸.....	۶-۴-۴-۵. کنترل توربین گاز

۴۱۹.....	۵-۴-۶ ذخیره و بارگیری
۴۲۰.....	۵-۶ بهینه‌سازی و کنترل فرآیند پیشرفته در مجتمع‌های LNG
۴۲۱.....	۱-۵-۶ تکنولوژی کنترل مدل پیشگو
۴۲۲.....	۲-۵-۶ گام‌های اجرای کنترل فرآیند پیشرفته
۴۲۳.....	۳-۵-۶ مزایا و چالش‌های بکارگیری کنترل فرآیند پیشرفته در مجتمع‌های LNG
۴۲۵.....	۴-۵-۶ کنترل فرآیند پیشرفته در واحدهای مجزا مجتمع‌های LNG
۴۲۵.....	۱-۴-۵-۶ تأسیسات بالادستی و ورودی
۴۲۶.....	۲-۴-۵-۶ واحد زدایش گاز اسیدی
۴۲۷.....	۳-۴-۵-۶ سیستم مایع سازی
۴۲۸.....	۴-۴-۵-۶ برج تصفیه و واحدهای تفکیک
۴۳۰.....	۶-۶ کنترل و اتوماسیون فرآیند در پایانه‌های واردات LNG
۴۳۰.....	۱-۶-۶ سیستم‌های پایه کنترل فرآیند
۴۳۱.....	۲-۶-۶ سیستم مدیریت اطلاعات پایانه
۴۳۲.....	۳-۶-۶ بهینه‌سازی در بهره‌برداری پایانه دریافت LNG
۴۳۳.....	۷-۶ مطالعه موردی: کنترل فرآیند پیشرفته برای فرآیند بهینه‌سازی APCI C3MR LNG
۴۳۴.....	۱-۷-۶ برآورد مزایای اجرای APC
۴۳۶.....	۲-۷-۶ طراحی و اجرای کنترل فرآیند پیشرفته LNG
۴۴۱.....	منابع و مآخذ
۴۴۵.....	فصل ۷: مجتمع LNG و بهره‌برداری از پایانه تبدیل مجدد به گاز
۴۴۵.....	۱-۷ مقدمه
۴۴۶.....	۲-۷ کارکرد عادی مجتمع LNG
۴۴۶.....	۱-۲-۷ لخته گیرها
۴۴۷.....	۲-۲-۷ واحد تثبیت میعانات
۴۴۹.....	۳-۲-۷ واحد زدایش گاز اسیدی
۴۵۲.....	۴-۲-۷ واحد بازیافت گوگرد
۴۵۴.....	۵-۲-۷ واحد فرآوری گازهای مازاد
۴۵۵.....	۶-۲-۷ واحد غربال مولکولی
۴۵۹.....	۷-۲-۷ واحد بازیافت NGL
۴۶۲.....	۸-۲-۷ واحد مایع سازی
۴۶۳.....	۹-۲-۷ مخازن ذخیره LNG

۷۱۴.....	۴-۱-۱۵. هند
۷۱۵.....	۲-۱۵. مکانیزم‌های قیمت‌گذاری گاز خط لوله
۷۱۶.....	۱-۲-۱۵. روش مبتنی بر هزینه
۷۱۶.....	۱-۱-۲-۱۵. روش هزینه تولید
۷۱۸.....	۲-۱-۲-۱۵. هزینه فرآورش
۷۲۰.....	۳-۱-۲-۱۵. هزینه انتقال
۷۲۶.....	۴-۲-۱-۱۵. قیمت تجارت گاز از طریق خط لوله با استفاده از روش مبتنی بر هزینه
۷۲۷.....	۲-۲-۱۵. ارزش جایگزینی
۷۲۹.....	۳-۲-۱۵. مکانیسم قیمت‌گذاری بازگشتی
۷۳۱.....	۴-۲-۱۵. قیمت‌گذاری به روش هاب
۷۳۱.....	۱-۴-۲-۱۵. آمریکا
۷۳۱.....	۲-۴-۲-۱۵. انگلستان
۷۳۳.....	فصل ۱۶: مکانیزم‌های قیمت‌گذاری LNG
۷۳۳.....	۱-۱۶. قیمت‌گذاری LNG
۷۳۴.....	۱-۱-۱۶. آسیا
۷۳۸.....	۲-۱-۱۶. آمریکای شمالی
۷۳۹.....	۳-۱-۱۶. اروپا
۷۴۰.....	۲-۱۶. مکانیزم‌های قیمت‌گذاری LNG
۷۴۰.....	۱-۲-۱۶. روش مبتنی بر هزینه
۷۴۱.....	۱-۱-۲-۱۶. هزینه مایع‌سازی
۷۴۴.....	۲-۱-۲-۱۶. هزینه حمل‌ونقل دریایی
۷۴۶.....	۳-۱-۲-۱۶. هزینه گازی‌سازی مجدد
۷۴۸.....	۴-۱-۲-۱۶. تعیین قیمت کف LNG با رویکرد مبتنی بر هزینه
۷۴۹.....	۲-۲-۱۶. ارزش جایگزینی
۷۵۳.....	فصل ۱۷: نتیجه‌گیری، موارد و مفاهیم GECF
۷۵۳.....	۱-۱۷. جهانی‌سازی قیمت گاز
۷۶۰.....	۲-۱۷. نتیجه‌گیری
۷۶۱.....	۱-۲-۱۷. اشتباهات همگانی در قیمت‌گذاری
۷۶۲.....	۲-۲-۱۷. خصوصیات مکانیزم قیمت‌گذاری عادلانه
۷۶۳.....	۳-۲-۱۷. اثر منحنی J میان قیمت‌های گاز و سهم بازار

۱۷-۲-۴. قیمت‌های پائین گاز و تأثیر آن بر الگوی مصرف کشورهای صادرکننده گاز.....	۷۶۴
۱۷-۲-۵. واردکنندگان مسئول آنچه از آن به‌عنوان «قیمت‌های بالای انرژی» یاد می‌شوند	
هستند.....	۷۶۵
۱۷-۲-۶. نقاط ضعف قیمت‌گذاری گازطبیعی بر اساس قیمت هاب.....	۷۶۶
۱۷-۲-۷. هاب گازی آسیایی و نکات مربوط به قیمت.....	۷۶۹
۱۷-۲-۸. شکست بازار در آمریکا.....	۷۷۲
۱۷-۲-۸-۱. اثرات جانبی (خارجی).....	۷۷۳
۱۷-۲-۹. هزینه‌های تمام شده صادرات LNG ایالات‌متحده آمریکا.....	۷۷۶
۱۷-۳. نکات موردنظر در خصوص مجمع کشورهای صادرکننده گاز: یک پیشنهاد برای	
استراتژی قیمت‌گذاری گاز.....	۷۷۸
استراتژی شماره ۱.....	۷۷۸
استراتژی شماره ۲.....	۷۷۹
استراتژی شماره ۳.....	۷۷۹
استراتژی شماره ۴.....	۷۷۹
استراتژی شماره ۵.....	۷۷۹
استراتژی شماره ۶.....	۷۸۰
ضمایم فصل ۱۷.....	۷۸۲
پیوست ۱: مالیات.....	۷۸۲
پیوست ۲: فرضیات مدل هزینه حمل‌ونقل.....	۷۸۳
منابع.....	۷۸۵
۱۸: گزینه‌های مطلوب برای صادرات گاز ایران؛ تحلیل اقتصادی-ژئوپلیتیک.....	۷۸۷
۱۸-۱. مقدمه و بیان مسئله.....	۷۸۷
۱۸-۱-۱. جایگاه صادرات گاز در انرژی کشور.....	۷۸۷
۱۸-۱-۲. روش‌های صادرات گاز.....	۷۸۸
۱۸-۱-۳. اسناد بالادستی مرتبط با صادرات گاز.....	۷۸۹
۱۸-۱-۴. بیان مسئله.....	۷۹۰
۱۸-۲. امکان‌پذیری صادرات گاز.....	۷۹۱
۱۸-۲-۱. مصارف گاز در کشور.....	۷۹۱
۱۸-۲-۲. تولید گاز در کشور.....	۷۹۴
۱۸-۲-۳. جمع‌بندی.....	۷۹۶
۱۸-۳. تحلیل بازارهای صادراتی گاز ایران.....	۷۹۷

۷۹۸.....	۱۸-۳-۱. بازار منطقه.....
۷۹۹.....	۱۸-۳-۱-۱. تقاضای خالص.....
۸۰۱.....	۱۸-۳-۱-۲. منابع تامین.....
۸۰۳.....	۱۸-۳-۱-۳. وضعیت دیگر کشورهای منطقه.....
۸۰۵.....	۱۸-۳-۱-۴. بازار گاز اروپا.....
۸۰۸.....	۱۸-۵-۱-۵. بازار شرق آسیا.....
۸۱۱.....	۱۸-۴-۴. تحلیل اقتصادی.....
۸۱۱.....	۱۸-۴-۱. نقطه سر به سر هزینه‌های صادرات گاز به روش خط لوله و LNG.....
۸۱۲.....	۱۸-۴-۱-۱. هزینه‌های LNG.....
۸۱۴.....	۱۸-۴-۱-۲. هزینه‌های خط لوله.....
۸۱۴.....	۱۸-۴-۱-۳. جمع‌بندی.....
۸۱۴.....	۱۸-۴-۲. مقایسه اقتصادی صادرات گاز به روش خط لوله و LNG.....
۸۱۶.....	۱۸-۴-۳. مقایسه اقتصادی صادرات برق و صادرات گاز به روش خط لوله.....
۸۱۹.....	۱۸-۴-۴. جمع‌بندی تحلیل اقتصادی.....
۸۲۱.....	۱۸-۵-۵. تحلیل ژئوپلیتیکی.....
۸۲۱.....	۱۸-۵-۱. جهانی شدن بازار گاز.....
۸۲۲.....	۱۸-۵-۱-۱. تاثیر جهانی شدن بازار گاز بر طرف تقاضا.....
۸۲۳.....	۱۸-۵-۱-۲. حمایت امریکا از جهانی شدن بازار گاز.....
۸۲۵.....	۱۸-۵-۱-۳. تاثیر جهانی شدن بازار گاز بر طرف عرضه.....
۸۲۸.....	۱۸-۵-۲. معادلات انرژی منطقه.....
۸۳۰.....	۱۸-۶-۶. جمع‌بندی.....
۸۳۲.....	۱۸-۶-۱. راهبرد: تلاش برای حفظ ساختار «منطقه‌ای» بازار گاز جهان.....
۸۳۲.....	۱۸-۶-۱-۱. عدم ورود ایران به بازار LNG.....
۸۳۳.....	۱۸-۶-۱-۲. تقسیم منطقه‌ای بازار بین ایران، روسیه و قطر با استفاده از ابزارهای مختلف نظیر اوپک گازی (GECF).....
۸۳۳.....	۱۸-۶-۱-۳. خرید گاز مازاد در منطقه و هاب شدن.....
۸۳۳.....	۱۸-۶-۲. راهکار.....
۸۳۵.....	۱۸-۷. منابع و مأخذ.....
۸۳۷.....	ضمائم.....