

**مقدمه ای بر مایع سازی هیدروژن
(به همراه شبیه سازی فرآیندها در HYSYS)**

تالیف:

دکتر مهدی مهرپویا

دکتر مجید اسدنیا

انتشارات زرنوشت

تهران - ۱۳۹۹

سرشناسه	:	مهرپویا، مهدی، ۱۳۵۹-
عنوان و نام پدیدآور	:	مقدمه ای بر مایع سازی هیدروژن (به همراه شبیه سازی فرآیندها در HYSYS) / نویسندگان: مهدی مهرپویا، مجید اسدنیایا
مشخصات نشر	:	تهران: زرنوشت، ۱۳۹۹
مشخصات ظاهری	:	۲۴۴ ص.
شابک	:	۹-۰۳-۷۴۷۴-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیبای مختصر
یادداشت	:	فهرست‌نویسی کامل این اثر در وب‌گاه http://opac.nlai.ir در دسترس است.
شناسه افزوده	:	اسدنیایا، مجید، ۱۳۵۶-



انتشارات زرنوشت

تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی،
کوچه مهدی‌زاده، شماره ۲۷، واحد ۱۹
تلفن: ۰۹۰۲۴۸۶۸۹۵۶ - ۶۶۴۷۹۶۱۵ - ۶۶۴۳۵۶۳۷

مقدمه ای بر مایع سازی هیدروژن (به همراه شبیه سازی فرآیندها در HYSYS)

نویسندگان: دکتر مهدی مهرپویا، دکتر مجید اسدنیایا

* چاپ اول: ۱۳۹۹ * شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه * ناشر: زرنوشت

شابک: ۹-۰۳-۷۴۷۴-۶۲۲-۹۷۸

قیمت: ۴۵,۰۰۰ تومان

تمامی حقوق محفوظ است.

فهرست مطالب

۱۹	 پیشگفتار:
۲۱	 مقدمه: الفین:
۲۷	 فصل اول: ضرورت ها، چالش ها و کلیات مایع سازی هیدروژن:
۲۷	 ۱-۱ اهمیت مایع ساز هیدروژن:
۳۰	 ۱-۲ دشواری های مایع سازی هیدروژن:
۳۴	 ۱-۳ مایع سازی هیدروژن: ریک گام:
۳۷	 فصل دوم: توسعه تاریخی مایع سازی هیدروژن:
۳۷	 ۲-۱ پیشینه مایع سازی هیدروژن:
۴۵	 ۲-۲ کارخانجات صنعتی مایع سازی هیدروژن:
۵۱	 ۲-۳ فرآیندهای مفهومی مایع سازی هیدروژن:
۶۸	 ۲-۴ پتانسیل های بهبود فرآیندهای مایع سازی هیدروژن:
۷۳	 فصل سوم: مبانی نظری و سیستم های مایع سازی هیدروژن:
۷۳	 ۳-۱ مقدمه:
۷۳	 ۳-۲ تعاریف، اصول و مبانی نظری:
۷۳	 ۳-۲-۱ هیدروژن ارتو و پارا:
۷۷	 ۳-۲-۲ اهمیت تبدیل هیدروژن ارتو به پارا:
۷۹	 ۳-۲-۳ فرآیند کلی مایع سازی هیدروژن:
۸۷	 ۳-۳ سیستم های مایع سازی هیدروژن:

- ۳-۳-۱ از دمانج تا مایع سازی هیدروژن ۸۷
- ۳-۳-۲ جزئیات بیشتر درباره پیشگامان مایع سازی هیدروژن ۹۷
- ۳-۳-۳ سیکل های پایه مایع سازی هیدروژن ۹۹
- ۳-۳-۴ سیستم دوثر برای مایع سازی هیدروژن ۱۰۰
- ۳-۳-۵ سیکل های ساده مایع سازی هیدروژن ۱۰۰
- ۳-۳-۶ سیکل های کلاوده ساده تغییر یافته ۱۰۲
- ۳-۳-۷ سیستم های پیش سرمایشی مایع سازی هیدروژن ۱۰۳
- ۳-۳-۸ سیکل ای باه پیش سرمایشی با نیتروژن مایع ۱۰۴
- ۳-۳-۹ سیکل ای باه پیش سرمایشی با نیتروژن مایع تغییر یافته ۱۰۵
- ۳-۳-۱۰ سیستم های پیش سرمایشی هلیومی ۱۰۶
- ۳-۳-۱۱ سیستم های پیش سرمایشی ژول-برایتونی ۱۰۶
- ۳-۳-۱۲ سیستم های پیش سرمایشی با هیدروژن جزئی ۱۰۷
- ۳-۳-۱۳ سیستم های آبخاری ۱۱۰
- ۳-۳-۱۴ سیستم های کارخانجات صنعتی مایع سازی هیدروژن ۱۱۴
- ۳-۳-۱۵ سیستم های تئوری پیشنهاد شده برای مایع سازی هیدروژن ۱۱۷
- ۳-۳-۱۶ کارخانجات هیبریدی برای تولید هیدروژن مایع ۱۳۰
- ۳-۳-۱۷ تولید و مایع سازی هیدروژن و منابع انرژی تجدید پذیر ۱۳۲
- ۳-۳-۱۸ اقتصاد مایع سازی هیدروژن ۱۳۳
- ۴-۴ نتایج بررسی سیستم های مایع سازی هیدروژن ۱۳۴
- ۴-۴-۱ نتایج شناختی از مرور فرایندهای مایع سازی هیدروژن در مقیاس بزرگ ۱۳۵
- ۴-۴-۲ نتایج کاربردی برای بهبود فرایند مایع سازی هیدروژن در مقیاس بزرگ ۱۴۶
- فصل چهارم: دو فرایند جدید مایع سازی هیدروژن و شبیه سازی آن ها در HYSYS ۱۴۹
- ۴-۱ شبیه سازی نرم افزاری فرایندها با استفاده از شبیه ساز Aspen HYSYS ۱۵۰

- ۴-۱-۱ علت انتخاب روش ۱۵۰
- ۴-۱-۲ معاله حالت در نظر گرفته شده برای شبیه سازی ۱۵۰
- ۴-۱-۳ متغیرهای مستقل شناسایی شده برای بهینه سازی سیکل های پیشنهادی ۱۵۱
- ۴-۱-۴ روش آنالیز انرژی سیکل های پیشنهادی ۱۵۱
- ۴-۱-۵ روش آنالیز انرژی سیکل های پیشنهادی ۱۵۲
- ۴-۱-۶ تشریح پیکره بندی نوین ترکیب شده با سیستم های مبرد مخلوط برای فرآیند مایع سازی هیدروژن در مقیاس بزرگ ۱۵۵
- ۴-۱-۷ سریع طراحی مفهومی و آنالیز فرآیند نوین مایع سازی هیدروژن کمک شده با یک سیستم تبرید بدی خورشیدی ۱۶۷
- فصل پنجم: نتایج حاصل از بررسی فرآیندهای توسعه داده شده ۱۸۱
- ۵-۱-۱ مقدمه ۱۸۱
- ۵-۱-۱-۱ نتایج فرآیند مایع سازی هیدروژن بهره ور از سیستم های مبرد مخلوط ترکیبی با سیکل های آبشاری ژول-برایتونی ۱۸۱
- ۵-۱-۱-۱-۱ نتایج فرآیند نوین مایع سازی هیدروژن هیبرید شده با سیستم تبرید جذبی خورشیدی ۱۹۴
- ۵-۱-۱-۱-۱ اعتبارسنجی فرآیندهای توسعه داده شده ۲۱۱
- فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۲۱۳
- ۶-۱-۱ مقدمه ۲۱۳
- ۶-۲ جمع بندی ۲۱۴
- ۶-۳ نوآوری های سیکل های مایع سازی هیدروژن توسعه داده شده ۲۱۶
- ۶-۳-۱ نوآوری های تئوری ۲۱۶
- ۶-۳-۲ نوآوری های (توصیه های) عملی ۲۱۷
- ۶-۴ زمینه های توسعه فناوری مایع سازی هیدروژن ۲۱۹

پیشگفتار

توجه به فنآوری های پیشرفته و تلاش در جهت دستیابی به آن ها که همراه با توسعه دانش پیرامونی آن ها خواهد شد، راه متمایز شدن و داشتن مزیت رقابتی و امتیاز برتری در چانه زنی های متداول فضاهای کاری است. حضور در حیات خلوت پژوهش های علمی و کاربردی فنآوری های سطح بالا برای روشن ساختن زوایای پنهان و فراگیری دانش های کلیدی، ضرورت بقا، برای حضور در باشگاه های علمی و رقابت برای کسب جایگاه های برتر است. این امر با توجه به تربیت ادامه دار خیل عظیم دانشمندان جوان در دهه اخیر و برون رفت از مرحله توسعه آموزش های صرفا پایه و ورود به فاز توسعه تخصصات اکثرا تکمیلی امکان پذیر شده است. این سرمایه انسانی گران بها پیشرو گشودن درهای ورود صنایع خانه های دانش های نوین بوده اند و این فرصت تاریخی نباید از دست برود. فرصت تاریخی دیگر ارائه خدمات گسترده به مدد توسعه باورنکردنی و شگرف شبکه ها و کانال های ارتباطی است که زمینه سرویس اشتراک گذاری وسیع و آسان دانش را فراهم آورده است. دوراندیشی و فرصت طلبی اقتصادی که در این شرایط مساعد، هر پژوهشگری سرخ های علمی بدست آورده شده را به اشتراک بگذارد تا دست به دست بگردد و کلافی باز شود. نتیجه این تلاش سلسله وار در حوزه دانش های نوین به غنی شدن کشور می افزاید و نهایتا منجر به افزایش توان حوزه های تصمیم گیر می شود.

فنآوری های سطح بالای بیشماری را می توان نام برد که توجه به توسعه آن ها برای کشور ضروری است. حوزه دانش تولید هیدروژن مایع یکی از زمینه های بکر ره می است که کاوش و کشف در آن نیازمند تلاش جمعی تخصص های مختلف علمی و مهندسی است. ساخت فرآیندهای مایع سازی مرتبط، تعریف و کنترل پارامترهای عملیاتی، ساخت تجهیزات فرآیندی که در دماهای پایین و فشارهای بالا کار می کنند، آشنایی با روش های خالص سازی هیدروژن خوراک، بدست آوری دانش ذخیره سازی و حمل هیدروژن مایع، توسعه تجهیزات اندازه گیری و پایش قابل کاربرد در دماهای پایین و ... از محدود زمینه های بیشمار قابل توجه است. شبکه های بزرگ ذخیره سازی

انرژی بهره ور از هیدروژن مایع که در ترکیب با شبکه های توزیع انرژی، پایداری عرضه انرژی را تضمین می کنند از دیگر زمینه های مرتبط نیازمند توجه است. این که هیدروژن مایع در طیفی از سوخت خودرو تا خنک کننده بدنه فضاپیماها و تحقیقات هسته ای بکار می رود، نشان دهنده کلیدی بودن این ماده راهبردی است. از سوی دیگر، امروزه اقتصاد هیدروژن که بعنوان یک سیستم صنعتی که یکی از حامل های انرژی جهانی آن هیدروژن تعریف شده است، حتی حوزه های علوم انسانی را دربرمیگیرد. متوجه این ماده حیاتی کرده است.

در ویرایش اول کتاب حاضر که به منزله ورود به حوزه دانش و فناوری مایع سازی هیدروژن است، تلاش بر آن بوده است که الفبای فرآیندهای مایع سازی هیدروژن با دقت و جزئیات هر چه بیشتر ارائه شود تا دانش مایع سازی هیدروژن از لیست علوم غریبه خارج شود و سرنخی به دست علاقه مندان این حوزه داده شود. در ویرایش های بعدی، حوزه های دیگری مورد بحث قرار خواهند گرفت. این کوشش ادامه دارد و راه را برای تسهیل توسعه و دستیابی به علوم و فنون نوین است و قطعاً گام های بیسمار دگرگونی می مانده است. در دورنمای کار، تدوین یک دایره المعارف سرمایه گذاری کربوژنیک دیده شده است که با همکاری جمعی از دانشمندان کشور تالیف خواهد شد.

مؤلفین بر خود لازم می دانند که مراتب قدردانی خود را از همه کسانی که در به ثمر ساندن این نهال نوپا همواره از حمایت های خود دریغ ننموده اند تشکر کنند. تعالی کار اشکالاتی دارد که به مدد بزرگواری که سخاوتمندانه نظر خود را به مؤلفین ارائه می دهد رابارتر خواهد شد. مؤلفین بسیار سپاسگزار خواهند بود اگر از مطالعه کنندگان کتاب بازخورد دریافت کنند.