



شورای جهانی انرژی
کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران

نشریه انرژی ایران

۱۳۸۲ شهربور

شماره ۲۸

سال ۱۱

- ساخت ممبران تیتانیایی نانو ساختار و بررسی خاصیت فوتوکاتالیستی آن
- اثر انتقال جرم بر توزیع فاز پراکنده در طول ستون پر شده ضربه ای
- مقایسه ترمواکونومیکی به کارگیری سیستم های سرمایشی تراکمی وجذبی در پهنه های آب و هوایی ایران
- بررسی امکان تولید سوخت بیودیزل از میکروجلبک
- تحلیل عددی عملکرد بادگیرها به عنوان سیستم های سرمایش انفعالی در مناطق گرم و خشک
- آنالیز اکسرژی اجزای سیکل نیروگاه بخار
- ارزیابی الکوهای سرمایه کذاری و انتقال دانش فنی تبدیل کاز به سوخت و مواد شیمیایی مایع (GTL) و ارائه راهکارهای اجرایی آن



بسم الله الرحمن الرحيم

نشریه انرژی ایران

(فصلنامه علمی - ترویجی)
زیر نظر هیأت تحریریه
سال یازدهم / شماره بیست و هشتم
شهریور ۱۳۸۷

صاحب امتیاز: کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران
مدیر مسئول: مهندس حمید چیت چیان
سردبیر و رئیس هیأت تحریریه: دکتر سید محمد صادق زاده
مدیر داخلی: فیروزه امینی

هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

دکتر سید محمد رضا آیت‌اللهی	دکتر محمد احمدیان
مهندس مجید فرمد	دکتر مهدی اشجعی
دکتر بهروز کاری	محسن بختیار
دکتر احمد کهریزایان	مصطفی توانپور پاوه
دکتر داود منظور	دکتر مهدی صادقی
دکتر سید ابراهیم موسوی ترشیزی	

صحت مطالب مندرج در نشریه به عهده نویسندهای مقالات می باشد.
این نشریه با حمایت وزارت نیرو منتشر گردیده است.
نقل مطالب با ذکر مأخذ آزاد است.

نشانی: تهران، تقاطع بزرگراه کردستان و نیایش، ضلع جنوبی پارک ملت، ساختمان مرکزی وزارت نیرو، طبقه هفتم
کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران - دفتر نشریه انرژی ایران
تلفن: ۰۰۹۸-۲۱-۸۱۶۰۶۸۶۰ ، نماینده: ۰۰۹۸-۲۱-۸۱۶۰۶۸۶۲
آدرس الکترونیکی: energyJournal@moe.org.ir
وب سایت: <http://www.necjournals.ir>

- ۱- مقالات ارسالی برای "نشریه انرژی ایران" نباید در هیچ مجله دیگری از نشریات داخلی به چاپ رسیده باشد.
- ۲- در ارتباط با مقالات مستخرج از تحقیق چنانچه تحقیق از منابع مالی سازمان محل خدمت محقق یا سازمانهای دیگر استفاده کرده، ذکر موضوع در انتهای مقاله در بخش تشکر و قدردانی ضروری است.

الف - مشخصات مقالات ارسالی

- ۱- نام، نام خانوادگی نویسنده و یا نویسنده‌گان باید در صفحه اول و زیر عنوان مقاله نوشته شده باشد. نشانی مرتبه تخصصی یا مرتبه دانشگاهی مولفینی که عضو هیأت علمی هستند و نشانی محل کار در پانوشت صفحه اول درج شود.
- ۲- عنوان مقاله باید با حروف بزرگ سیاه و درشت در حداقل ۶۰ حررف در صفحه اول مقاله با فونت تیتر و سایز ۲۰، و عنوان دیگر مانند: چکیده، مقدمه، عنوانین بخش‌های اصلی مقاله، نتیجه گیری، فهرست مراجع، فهرست علائم اختصاری، واژگان کلیدی و تشکر و قدردانی به ترتیب با فونت یاقوت و سایز ۱۱ (درشت تر از متن) نوشته شود.
- ۳- مقالات ارسالی باید دارای اجزای اصلی یک مقاله باشند. که عبارتند از چکیده (به زبان فارسی و انگلیسی)، واژه‌های کلیدی، مقدمه، عنوانین بخش‌های اصلی آزمایش و پژوهش، نتایج و تحلیل نتایج، نتیجه گیری، مراجع و تشکر و قدردانی.
- ۴- عنوان جداول در بالای آن و عنوان شکلها و نمودارها در پایین آنها درج می‌گردد. محل ترجیحی نمودارها، جداول و شکلها پس از اولین اشاره در متن مشخص می‌شود. در مقالات فارسی باید از اعداد و ارقام فارسی در شکلها، نمودارها و جداول استفاده شود.
- ۵- آحاد فیزیکی در کلیه مقالات باید در سیستم متريک بوده و هر سیستم دیگری در صورت لزوم در پرانتز نوشته شود.
- ۶- فرمولها و روابط بطور خوانا از راستای انتها سطور در سمت چپ شروع شود و در منتها الیه سمت راست شماره گذاری گردد.
- ۷- از به کار بردن واژه‌ها و اصطلاحات لاتین که معادل متدالون فارسی دارند، اجتناب گردد و در مورد نمادها از علائم استاندارد استفاده شود.
- ۸- در متنون حتی الامکان از به کار بردن اصطلاحات خارجی خودداری شود و معادل واژه‌ها به صورت زیرنویس در پایین صفحات آورده شود.
- ۹- در خصوص ترجمه مقالات، مترجم می‌بایست اصل مقاله را به همراه ترجمه به دفتر نشریه ارسال نماید.
- ۱۰- مراجع در متن با درج نام مولفین به زبان اصلی با درج تاریخ در جلوی آن مشخص شده مثلًا (Yousefi 2003) یا احمد زاده (۱۳۷۹).

ب - ارسال مقالات

مقالات باید در یک روی کاغذ A4 و فاصله بین خطوط ۱,۲ سانتیمتر حداکثر در حجم ۱۲ صفحه (۲۵ خطی با فونت میترا سایز ۱۲ تایپ شده) و سپس با مراجعته به سایت www.necjournals.ir و از طریق منوی ثبت نام نویسنده مقاله را ارسال نمایند.

ضمناً یادآوری می‌گردد به علت آن که کلیه امور داوری از طریق الکترونیک انجام می‌گیرد. خواهشمند است از طریق دیگر مقالات خود را ارسال ننماید.

چکیده:

- خلاصه‌ای از هدف و روش اصلی تحقیق و نتایج کلی حاصل از آن در حداکثر دویست کلمه به دو زبان فارسی و انگلیسی
- متن چکیده انگلیسی بایستی عیناً مطابق چکیده فارسی باشد.
- پس از قبول مقاله برای چاپ تهیه یک خلاصه مبسوط (Extended Abstract) حداکثر در ۱ صفحه به زبان انگلیسی توسط مولفین ضروری است.
- ارسال فایل الکترونیک مقاله در محیط Microsoft word (Microsoft word) و همچنین به صورت PDF ضروری است.

واژه‌های کلیدی : حداکثر شش واژه کلیدی ، به زبان فارسی و انگلیسی در انتهای چکیده ها آورده شود.

مقدمه : مروری بر کارهای انجام یافته توسط دیگر پژوهشگران در همان زمینه ، با ذکر مأخذ و ساختار مطالب ارائه شده در مقاله می باشد.

روش تحقیق و آزمایش : شرح کامل روش تحقیق و نحوه آزمایش‌های انجام شده همراه با جداول و شکلها و توضیحات مربوط به آن می باشد.

نتایج و تحلیل نتایج : خلاصه‌ای از نتایج حاصل از تحقیقات و آزمایش‌های انجام شده و بحث بر روی نتایج با تأکید بر یافته‌های جدید، نتیجه گیری و جمع بندی نتایج بدست آمده است. نتیجه گیری می تواند بصورت بخشی مجزا آورده شود.

تشکر و قدردانی: مولف می تواند به قراردادهای تحقیقاتی که مقاله در قالب آن تهیه شده است و افرادی که به او کمک کرده اند در این قسمت اشاره کند.

پی‌نوشتها : کلیه پی‌نوشتها با شماره‌ای که در متن استفاده شده است از شماره ۱ قبل از مراجع شماره گذاری شوند.

مراجع : کلیه مراجع مورد استفاده از دیگر پژوهشگران، باید در متن مقاله با اسم مولف و همکاران به زبان اصلی و با درج تاریخ چاپ در جلوی آن مشخص و فهرست آنها در انتهای مقاله به ترتیب حروف الفبا آورده شود. اگر متن مقاله مرجعی دو نویسنده داشته باشد بین آنها کلمه "and" (در انگلیسی and) گذاشته می‌شود. و اگر بیش از دو مولف داشته باشد کلمه "همکاران" در فارسی و در انگلیسی " et al." نوشه شود. مانند:

- اگر مرجع مورد استفاده مجله باشد از فرمت زیر استفاده شود:

[۱] غلامعلی رحیمی، نشریه انرژی ایران، شماره ۲۶، صفحه ۲۹، سال دهم، ۱۳۸۵.

[1] Linnhoff, B. and Ahmad, S.,Optimal Synthesis of Energy Management Systems, TASME (J.Eng.Res.Tech.), III (3), PP.121-130, 1989.

- اگر مرجع کتاب باشد از فرمت زیر استفاده شود:

[۲] سلیمانی، محمد، اصول رادار، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۷۵.

[2] Linnhoff, B. et al, User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy, 1.chem.E, UK, 1988.

علامت : مولف می تواند علائم و نشانه هایی (notation) که در مقاله استفاده شده است را در آخر مقاله درج نماید.

فهرست

-
- ساخت ممبران تیتانیایی نانوساختار و بررسی خاصیت فوتوفکاتالیستی آن
 □ علی عالم، حسین سرپولکی
 - اثر انتقال جرم بر توزیع فاز پراکنده در طول ستون پرشده ضربه‌ای
 □ آرمن طاهری، ایرج گودرزنیا، سید جابر صفری
 - مقایسه ترمواکونومیکی به کارگیری سیستم‌های سرمایشی تراکمی و جذبی در پهنه‌های آب و هوایی ایران
 □ شبتم منصوی، ثریا رستمی، محسن جبار، مصطفی نوری
 - بررسی امکان تولید سوخت بیودیزل از میکروجلبک
 □ بهمن نجفی، امیرحسین زمزمیان، محمدامین حجازی، مهدی ترکیان
 - تحلیل عددی عملکرد بادگیرها به عنوان سیستم‌های سرمایش انتقالی در مناطق گرم و خشک
 □ محسن مزیدی، محمد مزیدی
 - آنالیز اکسریزی اجزای سیکل نیروگاه بخار
 □ احسان بافکرپور، محمدحسین بابایی، مادرضا حیرانی نوبرانی
 - ارزیابی الگوهای سرمایه‌گذاری و انتقال دانش فنی تبدیل گاز به سوخت و مواد شیمیایی مایع (GTL) و ارائه راهکارهای اجرایی آن
 □ خلیل کاظمی، مجید فرمد، مصطفی توانپور

ساخت ممبران تیتانیایی نانو ساختار و بررسی خاصیت فتو کاتالیستی آن

علی عالم^۱، حسین سرپولکی^۲

چکیده:

در این تحقیق عوامل موثر بر ساخت و خاصیت فتوکاتالیستی ممبران تیتانیایی بر روی زیرپایه آلومینیمی مورد بررسی قرار گرفته است. سل تیتانیا به روش سل - ژل ساخته شد و روش غوطه‌وری به منظور لایه‌نشانی به کار گرفته شد. میانگین اندازه ذرات موجود در سل کلوئیدی با استفاده تکنیک تفرق بیم لیزر، برابر nm $55/6$ اندازه‌گیری شد. بررسی ریزساختاری ممبران به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی، نشان می‌دهد ضخامت ممبران برابر 930 نانومتر می‌باشد. بررسی‌های بیشتر در این ضخامت نشان دهنده ممبران عاری از ترک و دارای ریزساختاری هموزن می‌باشد؛ این امر بیانگر بهینه بودن شرایط ساخت ممبران است. خاصیت فتوکاتالیستی ممبران نیز از طریق تجزیه متیل اورنج در مجاورت تابش فرابنفش در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شد و مقدار 27 درصد برای زمان 9 ساعت تابش حاصل گردید. عوامل موثر بر خاصیت فتوکاتالیستی ممبران از جمله زمان و دمای کلسيناسيون نیز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند.

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۸۷/۴/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۸۷/۷/۷

کلمات کلیدی:

تیتانیا، ممبران، خاصیت
فوتوکاتالیستی

(۱) دانشگاه علم و صنعت، دانشکده مواد، گروه سرامیک، کارشناس ارشد، مهندسی مواد، سرامیک
(۲) دانشگاه علم و صنعت، دانشکده مواد، گروه سرامیک، دانشیار، مهندسی مواد، سرامیک.

مقدمه

بسیاری از مواد آلی که امروزه در صنایع مختلف و همچنین کشاورزی به صورت متدال مورد استفاده قرار می‌گیرند سبب آلوده شدن محیط زیست می‌گردند. جهت تصفیه و جداسازی این مواد از روش‌هایی مانند سوزاندن، انقاد/رسوب، جذب، جداسازی توسط ممبران و تبخیر می‌توان بهره جست [۱]. روش جداسازی توسط ممبران‌ها امروزه به عنوان یک روش جدید به منظور تصفیه و استفاده مجدد از پساب‌ها و فاضلاب‌ها مطرح می‌باشد که برتری‌های زیادی نسبت به سایر روش‌های متدال جداسازی دارد؛ این مزایا شامل کاهش هزینه انرژی مصرفی، امکان بازیافت مواد، کاهش اثرات زیست محیطی، امکان جداسازی انتخابی مواد و امکان ترکیب با فرآیندهای دیگر می‌باشند [۲,۳].

در میان انواع مختلف ممبران‌ها، ممبران‌های سرامیکی به دلیل پایداری حرارتی و شیمیایی بالا، استحکام مکانیکی زیاد، طول عمر زیاد و نفوذپذیری بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند [۴,۵]. آلمینا، زیرکونیا و تیتانیا مهمترین مواد سرامیکی می‌باشند که در ساخت ممبران‌های سرامیکی به کار می‌روند. در این میان تیتانیا به دلیل خواص منحصر به فرد خود اهمیت ویژه‌ای داشته؛ این ماده علاوه بر خنثایی، دارا بودن فلاکس بالای فاز مایع، مقاومت شیمیایی و مکانیکی بالا و غیر سمتی بودن، دارای خاصیت فوتوكاتالیستی نیز می‌باشد [۶,۷]. لازم به ذکر است که در میان مواد فوتوكاتالیست، تیتانیا به عنوان یک فوتوكاتالیست ایده‌آل مطرح است که دلیل آن، انرژی متوسط نوار ممنوعه، غیرسمی بودن، سطح مخصوص بالا، خاصیت فوتوكاتیویته بالا، پایداری شیمیایی و فوتوشیمیایی بالا، هزینه کم و قابلیت بازیافت مجدد آن می‌باشد [۸,۹]. هدف اصلی فرآیند فوتوكاتالیستی، تجزیه ترکیباتی آلی بوده که برای انسان و محیط زیست مضر می‌باشند. این خاصیت سبب می‌گردد که ماده تحت تابش در اثر جذب نور با طوج موج مطلوب، گونه‌های فعالی تولید نماید که توانایی اکسید نمودن کامل ترکیبات آلی را دارا هستند. در نتیجه با ساخت ممبران‌های تیتانیایی امکان ترکیب فرآیندهای جداسازی ممبرانی با فرآیند فوتوكاتالیستی مهیا می‌گردد. تجزیه فوتوكاتالیستی گونه‌های آلی از مهمترین کاربردهای ممبران‌های تیتانیایی می‌باشد [۱۰]. فرآیند فوتوكاتالیستی یک فرآیند بی‌ضرر و اقتصادی بوده که قادر به جایگزینی بسیاری از روش‌های رایج گندزدایی می‌باشد؛ روش‌هایی چون به کارگیری ازن، کلر، تابش شدید UV-C که خطربناک بوده و اغلب باعث تولید محصولات فرعی زیستی و مضر می‌گردد. این در حالی است که در فرآیند فوتوكاتالیستی، ترکیبات آلی به محصولاتی چون آب و دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شوند.

نشریه انرژی ایران

۳

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

فعالیتهای تجربی

ساخت ممبران

(۱) ساخت زیرپایه: ساخت زیرپایه‌ها به وسیله پرس پودر آلومینیمی گرانوله KMS-92 محصول شرکت مارتینزورک^۱ انجام گرفت. این پودر آماده برای پرس بوده و مشخصات آن در جدول (۱) نشان داده شده است. نمونه‌ها تحت فشار ۳۱ MPa پرس شدند. قطر نمونه‌ها در حدود ۱/۵ cm ۲ mm بود. زیرپایه‌های خام در دمای ۱۳۵۰ °C به مدت ۱ ساعت زینتر شدند.

جدول (۱): مشخصات پودر گرانوله KMS-92

درصد	مواد تشکیل دهنده
۹۲	Al ₂ O ₃
۲/۵	CaO
۳/۶	SiO ₂
۱/۵	MgO

(۲) ساخت لایه تیتانیایی: مواد اولیه مصرفی در ساخت سل کلوجیدی تیتانیا عبارتند از: ترا ایزوپروپیل اور تو تیتانات(۸۲۱۸۹۵) به عنوان آلكوکسید فلزی تیتانیا، ایزوپروپانول (Merck ۱۰۹۶۳۴) به عنوان حلال، هیدروکسی پروپیل سلولز^۲ (۴۳۵۰۰.۷) و پلی وینیل الكل^۳ (Merck ۸۲۱۰۳۸) به عنوان افزودنی‌های آلی، اسید نیتریک(۱۰۰۴۴۳) به عنوان ممانعت کننده و آب مقطر. ابتدا محلول آلكوکسید فلزی در ایزوپروپانول با غلظت ۰/۴ مول بر دسی (Merck) به عنوان مکعب ساخته گردید و به مدت ۱۰ دقیقه همزده شد. سپس محلول دوم شامل آب در ایزوپروپانول با غلظت ۴/۵ مول بر دسی متر مکعب تهیه گردید. در ادامه با افزودن محلول اول (حاوی آلكوکسید) به محلول دوم (حاوی آب) و انجام فرآیند هیدرولیز، سوسپانسیون^۴ Ti(OH)₄ تهیه شد. رسوب حاصله ابتدا توسط صافی جمع‌آوری و سپس توسط آب مقطر شست و شو گردید. رقیق کردن رسوب^۴ Ti(OH)₄ حاصله توسط آب مقطر گام بعدی بود. سپس سل ابتدا توسط اسید نیتریک لخته‌زدایی گردید و به منظور تکمیل فرآیند لخته‌زدایی به مدت ۷۵ دقیقه در دمای ۴۵ تا ۵۰ °C در حین به هم خوردن حرارت داده شد. در ادامه پس از قرار دادن سل به مدت ۲ ساعت در حمام اولتراسونیک، افزودنی‌های آلی مذکور که قبلا

1) Martinswerk

2) HPC

3) PVA



محلول آبی آنها با غلظتهاي $gr/100cm^3$ ۰/۰ و $۰/۱ gr/100cm^3$ ۰/۳۵ و $۰/۳۵ gr/100cm^3$ به ترتیب برای هیدروکسی پروپیل سلولز و پلی وینیل الکل ساخته شده بودند به آن افوده شدند. در آخر نیز سل به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط کهنه گردید.

پس از تهیه سل مناسب، عملیات پوشش دهی به روش غوطه وری^۱ بر روی زیرپایه ها انجام شد. برای این منظور تنها یک طرف زیرپایه با سل تماس داده شد و پس از طی زمان مورد نظر، نمونه از سل خارج می گردید. پس از پوشش دهی، لایه به همراه زیرپایه به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط کهنه گردید؛ فرآیند خشک کردن لایه به مدت ۱ ساعت در دمای $۴۵^{\circ}C$ در دمای $۴۰^{\circ}C$ انجام شد و سپس لایه ها با نرخ $10^{\circ}C/hr$ در دمای $۳۰^{\circ}C$ و ۳ ساعت در دمای $۳۰^{\circ}C$ انجام شد و سپس لایه ها با نرخ $10^{\circ}C/hr$ در دمای $۳۰^{\circ}C$ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت زینتر شدند.

تعیین خواص لایه

(۱) تعیین خواص لایه کلوئیدی تیتانیا: اندازه ذرات سل کلوئیدی توسط تکنیک تفرق بیم لیزر (Malvern UK 3000HSA) تعیین شد. به منظور تعیین اندازه حفره ممبران از روش جذب گاز نیتروژن استفاده شد. برای بررسی های مورفولوژیکی از سطح و سطح مقطع لایه ایجاد شده بر روی زیرپایه از میکروسکوپ الکترونی روبشی (PhillipsXL30) و (Cambridge S-360) استفاده گردید.

(۲) تعیین خاصیت فوتوكاتالیستی تیتانیا: این آزمایش توسط محفظه ساخته شده و لامپ UV ($\lambda = ۳۶۰ - ۴۱۵ nm$) انجام گردید. مقدار ۲۰ cc محلول آبی متیل اورنج با غلظت $۵/۲ mg/l$ درون یک بشر ریخته شد و ممبران تیتانیایی نیز درون بشر قرار گرفت. بشر برای زمان های مشخص ۹، ۶ و ۹ ساعت، در درون محفظه در مقابل تابش فرابنفش قرار گرفت. در ادامه و پس از اتمام تابش، محلول از درون بشر خارج گردید و غلظت آن توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر تعیین شد.

نتایج و بحث

(۱) سل کلوئیدی تیتانیا: همانطور که می دانید سل های کلوئیدی در فرآیند سل-ژل، سوسپانسیون های بر پایه آب هستند. در ساخت بهینه سل کلوئیدی علاوه بر نوع پیش ماده و حلال مصرفی، عواملی چون pH سل، دمای لخته زدایی، زمان لخته-

1) Dip coating
2) Age

۳) طول موج تابش فرابنفش

نشریه انرژی ایران

۵

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

زدایی و مقدار و نحوه به کارگیری افزودنی‌های آلی نیز بسیار حائز اهمیت هستند. شرایط سل کلوئیدی ساخته شده در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲): شرایط ساخت سل کلوئیدی

نوع سل	[H ₂ O]/[Ti]	[H ⁺]/[Ti]	pH	دماه لخته‌زدایی (°C)
کلوئیدی	۲۰	۰/۵	۱	۵۰

به منظور ساخت یک سل کلوئیدی بهینه، انجام مطلوب فرآیند لخته‌زدایی ضروری می‌باشد. برای این منظور pH باقیستی در محدوده ۰/۰ تا ۱/۵ باشد؛ عدم تنظیم pH در این محدوده مانع از انجام فرآیند لخته‌زدایی خواهد شد [۱۱]. در فرآیند لخته‌زدایی، آگلومره‌های موجود دیسپرس شده و لایه‌ای از بار مثبت (H⁺) در اطراف هر ذره مجزا (یا اطراف گروه کوچکی از ذرات) تشکیل خواهد شد. با تنظیم pH، میزان نیروی دافعه ناشی از لایه مضاعف الکتریکی ذرات سل به مقدار بهینه خود می‌رسد؛ این امر سبب پایدار شدن سل خواهد گردید و از رسوب ذرات و تنشیینی آنها جلوگیری خواهد نمود. فرآیند لخته‌زدایی پس از استفاده از حمام اولتراسونیک تکمیل خواهد شد. این امواج پر انرژی بقیه آگلومره‌های نرم باقیمانده را خواهد شکست و در نتیجه توزیع اندازه ذرات سل باریکتر خواهد شد.

اندازه ذرات سل پایدار تیتانیایی، تحت تاثیر غلظت یون هیدروژن یا همان pH سل است [۱۳]. همانطور که در جدول (۳) نشان داده شده است اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات سل پس از پایدارسازی، نشان داد که ذرات سل کلوئیدی دارای اندازه میانگین ۵۵/۶ نانومتر بودند.

جدول (۳): نتایج اندازه‌گیری اندازه ذرات سل کلوئیدی با دستگاه زتاباسایزر

نوع سل	اندازه میانگین ذرات سل (nm)
کلوئیدی	۵۵/۶

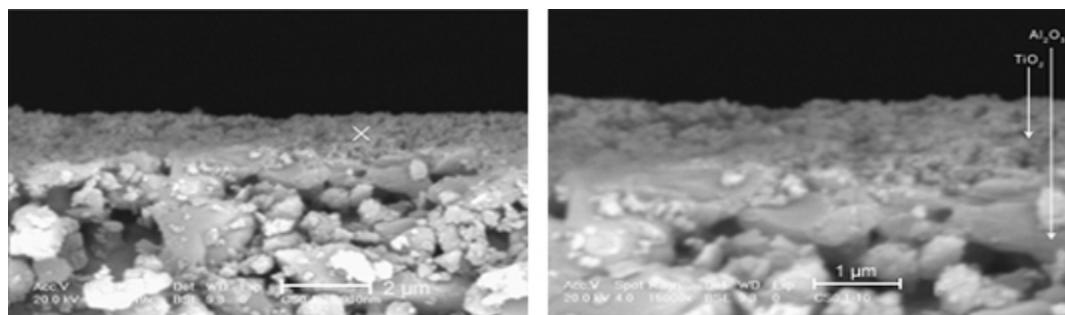
مرحله خشک کردن یکی از مهمترین و بحرانی‌ترین مراحل در ساخت ممبران‌های سرامیکی است زیرا در این مرحله ممبران‌ها تمایل شدیدی به ترک خوردن نشان می‌دهند [۱۴]. در نتیجه فرآیند ساخت ممبران دارای زیرپایه، همواره منجر به ایجاد یک لایه پیوسته و عاری از ترک نخواهد شد. به طور خاص در ممبران‌های تیتانیایی، بخش قابل ملاحظه‌ای از ممبران‌های دارای زیرپایه، پس از خشک کردن و کلسیناسیون، در لایه فوقانی خود ترک خواهند داشت. ترک‌های ایجاد شده ناشی از تنش‌های بزرگی است که در حین مراحل خشک کردن و کلسیناسیون لایه ایجاد می‌گردد، این تنش‌ها از استحکام شکست شبکه ژل فراتر رفته که به سبب آن ایجاد ترک می‌نمایند. به منظور کاهش خطرات و مشکلات فرآیند مخصوصا در حین مراحل خشک کردن و کلسیناسیون، قبل از لایه‌نشانی، بایستی از افزودنی‌های آلی استفاده نمود. افزودنی‌های مصرفی در سل‌های کلوئیدی می‌توانند از آگرگیت شدن ذرات جلوگیری نمایند، ویسکوزیته سل را تنظیم نموده و همچنین با افزایش استحکام بدنه خام از تشکیل ترک جلوگیری کنند [۱۵].



از عواملی که سبب خروج مواد پلیمری بدون ایجاد عیب در ممبران می‌شود نرخ گرمایش در مرحله کلسيناسیون است که کنترل کننده نرخ خروج مواد آلتی از لایه می‌باشد. این نرخ بایستی به حد کافی پایین باشد تا ممبران حاصله دچار ترک نشود. کنترل نرخ گرمایش علاوه بر اثر مذکور، مانع از ایجاد ترک ناشی از عدم تطابق ضریب انبساط حرارتی لایه و زیرپایه می‌گردد.

(۲) خواص لایه تیتانیا: اندازه گیری جذب نیتروژن نشان داد که ممبران حاصله دارای سطح مخصوص m^2/gr ۷۵/۱۶۹ و اندازه حفره nm ۴/۷۶ می‌باشد. با توجه به اندازه حفره حاصله، ممبران ساخته شده از نوع مزوپور می‌باشد [۱۶]. اندازه گیری سطح مخصوص بر اساس مدل BET انجام شده است و تعیین اندازه حفره نیز بر اساس فرض سیلندری بودن حفرات صورت گرفته است [۱۷-۱۹].

یکی از عوامل بسیار موثر در کیفیت و ضخامت ممبران تشکیل شده، غلظت سل کلوئیدی می‌باشد. بررسی تصاویر میکروسکوپیک نمونه‌ها نشان داد که به منظور ساخت لایه مطلوب و بدون ترک، غلظت سل ساخته شده از اهمیت بالایی برخوردار است. شکل (۱) تصاویر مربوط به لایه کلوئیدی ساخته شده را نشان می‌دهد.



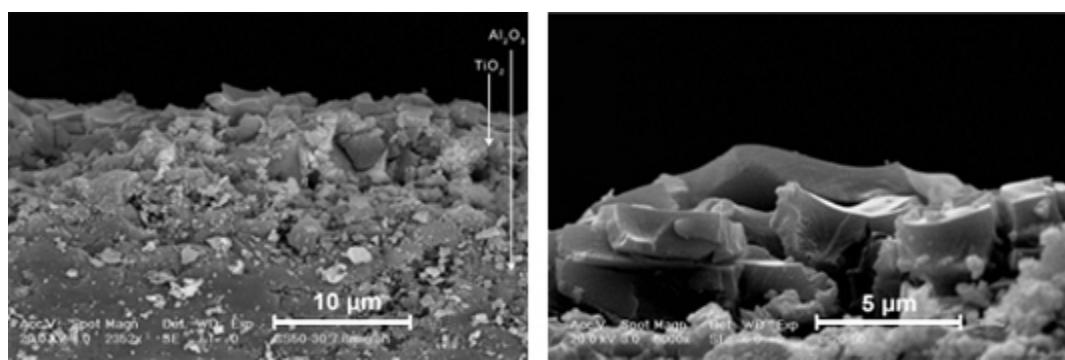
الف

ب

شکل (۱): تصاویر ریزساختار ممبران‌های حاصله از سل کلوئیدی؛ (الف) تصویر با بزرگنمایی بیشتر؛ ضخامت لایه در حدود ۹۳۰ nm

کنترل ضخامت لایه در ممبران‌ها بسیار حائز اهمیت است. ضخامت لایه تاثیر چشمگیری بر روی نفوذپذیری ممبران دارد به نحوی که افزایش آن منجر به کاهش نفوذپذیری می‌گردد. ضخامت لایه در ممبران فوق حدود ۹۳۰ نانومتر است. لازم به ذکر که غلظت سل دارای مقداری بهینه است و برای افزایش آن محدودیت وجود دارد. هنگامی که غلظت سل از مقدار بحرانی خود بالاتر باشد به دلیل افزایش بیش از حد ضخامت لایه و در ادامه افزایش تنش‌های ایجاد شده در آن در حین فرآیندهای خشک کردن و کلسيناسیون، لایه حاصله ترک خواهد خورد.

در شکل (۲) سه بار لایه‌نشانی توسط سل کلوئیدی با غلظت بالاتر از حد بحرانی انجام شده است. به دلیل تنش‌های زیاد ایجاد شده در مراحل خشک کردن و زیترینگ لایه، ناشی از ضخامت زیاد آن، نمونه‌ها دارای ترک هستند.

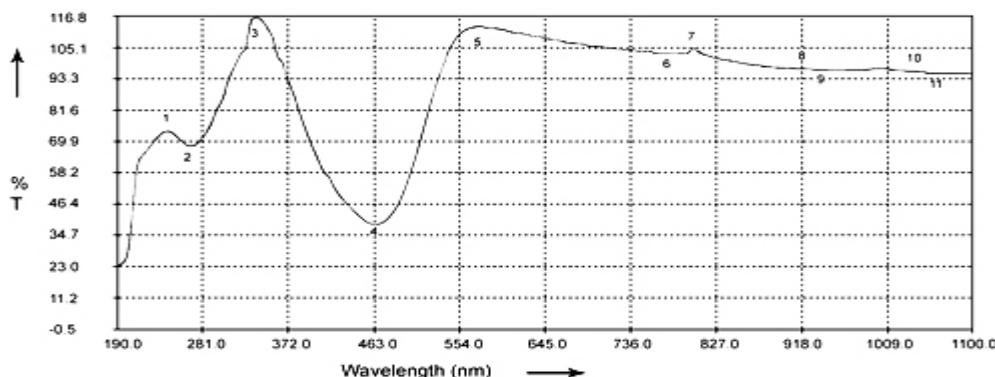


الف

ب

شکل (۲): ترک‌ها در نمونه‌های سه بار لایه‌نشانی شده توسط سل کلوئیدی با غلظت بالاتر از حد بحرانی؛ (الف) تصویر با بزرگنمایی کمتر (ب) تصویر با بزرگنمایی بیشتر مهمترین عوامل ایجاد ترک، در لایه، استحاله فازی آناتاز به روتیل و همچنین مقدار زیاد تنش ایجاد شده در مرحله کلسیناسیون است. به دلیل انتخاب مناسب دمای زیترن در نمونه‌های فوق و ممانعت از رخداد استحاله فازی مذکور (مطابق با نتایج آنالیزهای فازی انجام شده)، عامل اصلی تشکیل ترک در نمونه‌های فوق، تنش‌های بزرگ ایجاد شده در مرحله کلسیناسیون می‌باشد که ناشی از ضخامت زیاد لایه است.

(۳) خاصیت فتوکاتالیستی: همانطور که قبلاً ذکر گردید تیتانیا به دلیل خاصیت فوتواکتیویته بالای خود به طور گسترده‌ای در کاربردهای فتوکاتالیستی به کار می‌رود. منحنی عبور بر حسب طول موج برای متیل اورنج در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که از شکل مشخص می‌باشد لبه جذب متیل اورنج ۴۶۴ نانومتر می‌باشد.



شکل (۳): منحنی عبور بر حسب طول موج برای متیل اورنج، تعیین شده توسط دستگاه اسپکتروفوتومتری



با اندازه‌گیری جذب نمونه‌های شاهد و نمونه‌های مجهول (در محدوده لبه جذب متیل اورنج یعنی ۴۶۴ تا ۴۷۶ نانومتر) میزان تجزیه متیل اورنج بر حسب زمان تابش فرابنفش محاسبه گردید که نتایج حاصله در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴): میزان تجزیه متیل اورنج بر حسب زمان تابش (در مجاورت تابش فرابنفش)

تجزیه پس از ۹ ساعت تابش (%)	تجزیه پس از ۶ ساعت تابش (%)	تجزیه پس از ۳ ساعت تابش (%)	نوع کاتالیست مصرفی برای انجام فرآیند فوتوكاتالیستی
۲۷/۱	۲۰	۱۵/۸	ممبران تیتانیایی

بر طبق اصول فرآیند فوتوكاتالیستی، جفت‌های الکترون - حفره تولیدی در اثر تابش فرابنفش، به سمت سطح TiO_2 حرکت می‌کند و با آب، گروه‌های هیدروکسیل و مولکول‌های اکسیژن جذب شده بر روی سطح واکنش می‌دهند و رادیکال‌های فعال O_2^- و OH^- وغیره را ایجاد می‌نمایند. این رادیکال‌های فعال با ترکیبات جذب شده بر روی سطح TiO_2 واکنش نموده و آنها را اکسید یا احیا می‌نمایند.^[۲۰].

همانطور که در قسمت فعالیتهای تجربی ذکر گردید قطر ممبران مذکور ۱۵ mm می‌باشد. با توجه به سطح تماس اندک بین ممبران و محلول، ممبران ساخته شده راندمان فوتوكاتالیستی بالایی بر اساس واحد وزن تیتانیا دارد. این فعالیت بالای فوتوكاتالیستی بیانگر بینه بودن روند ساخت ممبران می‌باشد.

به منظور مقایسه نتایج، محلول متیل اورنج در غیاب ممبران در مجاورت تابش فرابنفش قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که حتی پس از زمان طولانی تابش نیز متیل اورنج تجزیه نگردید و کاملاً پایدار باقی ماند. در این تحقیق مشاهده گردید که خاصیت فوتوكاتالیستی به شدت به زمان و دمای کلسیناسیون حساس می‌باشد و این دو عامل مستقیماً بر روی سطح مخصوص ممبران تاثیر داشته و افزایش آنها به دلیل پدیده زینترینگ، سبب کاهش سطح مخصوص ممبران می‌گردد. از طرفی با افزایش دما و زمان زینترینگ احتمال تشکیل فاز روتیل و افزایش میزان آن در ممبران افزایش پیدا خواهد کرد (تشکیل این فاز سبب کاهش راندمان فوتوكاتالیستی لایه و ایجاد ترک در آن می‌گردد). با توجه به نتایج آنالیز پراش اشعه X، کلسیناسیون لایه به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۵°C استحکام کافی را در کنار حداکثر سطح مخصوص در ممبران ایجاد می‌نماید. علاوه بر آن تیتانیا به صورت کاملاً کربستالی بوده و تنها به صورت فاز آناتاز حضور خواهد داشت.

سطح مخصوص عاملی است که مستقیماً بر روی خاصیت فوتوكاتالیستی تاثیر می‌گذارد؛ زیرا این عامل تعیین کننده خواصی چون میزان ترکیب جفت الکترون - حفره، نرخ انتقال حامل‌ها به سطح و تعداد مراکز فعال بر روی سطح فوتوكاتالیست می‌باشد. با افزایش سطح مخصوص، ترکیب حامل‌های بار به دلیل کوتاه‌تر شدن فاصله مورد نیاز برای مهاجرت به سطح، کاهش خواهد یافت. از طرفی افزایش تعداد مراکز فعال بر روی سطح فوتوكاتالیست نیز به معنی نرخ

بالاتر واکنش h^+ و e^- با محیط می‌باشد؛ افزایش نرخ واکنش حامل‌های بار با محیط، معادل کاهش میزان ترکیب این حامل‌ها با یکدیگر و در نتیجه افزایش راندمان فوتوکاتالیستی است [۲۰، ۲۱]. لازم به ذکر است که افزایش سطح مخصوص ممبران سبب افزایش دائمی خاصیت فوتوکاتالیستی نمی‌گردد. زیرا در ذرات بسیار ریز، ترکیب حامل‌های بار در سطح فوتوکاتالیست اهمیت پیدا می‌شود و سبب می‌شود راندمان فوتوکاتالیستی کاهش یابد [۲۱، ۲۲]. نتایج این تحقیق نشان داد که خاصیت فوتوکاتالیستی به ساختار کریستالی، اندازه کریستالیت و اندازه سطح مخصوص تیتانیا وابسته می‌باشد. همچنین مشاهده گردید که ضخامت ممبران بر روی فعالیت فوتوکاتالیستی تاثیر می‌گذارد. افزایش ضخامت لایه (تا حدی که ترک در آن مشاهده نشود)، سبب افزایش میزان کاتالیست تیتانیا بر روی زیرپایه شده و سبب افزایش مقدار متیل اورنج جذب شده می‌گردد و در نتیجه راندمان فرآیند بالا خواهد رفت. اگرچه لازم به ذکر است افزایش ضخامت لایه سبب افزایش زمان و مخارج تهیه نمونه خواهد شد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ممبران عاری از ترک تیتانیا به طور مطلوبی بر روی زیرپایه آلومینیایی نشانده شد و در ادامه شرایط بهینه ساخت و خاصیت فوتوکاتالیستی آن بررسی گردید. سل کلوئیدی ساخته شده پس از پایدارسازی دارای میانگین اندازه ذره $55/۶$ نانومتر بود. سطح مخصوص و اندازه حفره ممبران به ترتیب $gr/75/۱۶۹ m^2$ و $4/76 nm$ محاسبه شد. با توجه به اندازه حفره حاصله، ممبران در گروه مزوپورها قرار می‌گیرد. فعالیت بالای فوتوکاتالیستی ممبران نیز با 27% تجزیه متیل اورنج پس از ۹ ساعت تابش فرابنفش مشاهده گردید. پارامترهایی چون زمان و دمای کلسیناسیون بر روی خاصیت فوتوکاتالیستی ممبران شدیداً تاثیر گذارند.

منابع

- [1] A. Dobosz, A. Sobczynski, "The influence of silver additives on titania photoactivity in the photooxidation of phenol," *J. Water Research* 37, pp. 1489–1496, 2003.
- [2] I. Voigt, G. Fischer, P. Puhlfür, M. Schleifenheimer, M. Stahn, "TiO₂-NF-membranes on capillary supports," *J. Sep. Purif. Technol.* 32, pp. 87–91, 2003.
- [3] A.L. Ahmad, M.R. Othman, H. Mukhtar, "H₂ separation from binary gas mixture using coated alumina-titania membrane by sol-gel technique at high-temperature region", *Int. J. Hydrogen Energy* 29, pp. 817–828, 2004.
- [4] P.R. Bhate, "Inorganic membrane synthesis, characteristics and applications", Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
- [5] A. J. Burggraaf, L. Cot, "Fundamentals of inorganic membrane science and technology", Elsevier, 1966.



- [6] Yu. V. Kolen'ko, A. V. Garshev, B. R. Churagulov, S. Boujday, P. Portes, C. Colbeau-Justin, "Photocatalytic Activity of Sol-gel Derived Titania Covered into Nanocrystalline Powders by Supercritical Drying", *J. of Photochemistry and Photobiology*, pp. 1-8, 2005.
- [7] V. Yordanova, K. Stabova, W. Hintz, J. Tomas, U. Wendt, "Excimer Laser Induced Photo-Thermal Changes of Sol-gel TiO₂ Thin Films", *J. of Optoelectronics and Advanced Materials*, Vol. 7, No. 5, pp. 2601-2606, 2005.
- [8] J. Wade, "An Investigation of TiO₂-ZnFe₂O₄ Nanocomposites for Visible Light Photocatalysis", University of South Florida, 2005.
- [9] R. S. Sonawane, S. G. Hedge, M. K. Dongare, "Preparation of titanium(IV) oxide thin film photocatalyst by sol-gel dip coating", *J. Materials chemistry and physics* 77, pp. 744-750, 2002.
- [10] A. Dobosz, A. Sobczynski, "The influence of silver additives on titania photoactivity in the photooxidation of phenol", *J. Water Research*, 37, pp. 1489, 2003.
- [11] J. Sekulić-Kuzmanović, "Mesoporous and microporous titania membranes", Thesis, 2004, ISBN 90-365-2107-6.
- [12] Tim Van Gestel, Carlo Vandecasteele, Anita Buekenhoudt, Chris Dotremont, Jan Luyten, Rager Leysen, Bart Van der Bruggen, Guido Maes, "Alumina and titania multilayer membranes for nanofiltration: presentation, characterization and chemical stability", *J. Membrane science* 207, pp. 73-89, 2002.
- [13] H. V. Olphen, "An introduction to clay colloid chemistry: for clay technologists, geologists, and soil scientists", John Wiley & Sons, 1977.
- [14] K. P. Kumar, V. T. Zaspalis, K. Keizer, A. J. Burggraaf, "Drying process in the formation of sol-gel-derived TiO₂ ceramic membrane", *J. Non-crystalline solids* 147&148, pp. 375-381, 1992.
- [15] A. Larbot, J. P. Fabre, C. Guizard, L. Cot, "Inorganic membrane obtained by sol-gel techniques", *J. Membrane science* 39, pp. 203-212, 1988.
- [16] W.J. Koros, Y.H. Ma, T. Shimidzu, "Terminology for membranes and membrane rocess", IUPAC; Commission on membrane nomenclature, 1995.
- [17] A. Saito, H.C. Foley, "Curvature and parametric sensitivity in models for adsorption in micropores", *AICHE Journal*, 37, pp. 429, 1991.
- [18] S.J. Gregg, K.S.W. Sing, "Adsorption, surface area and porosity", 2nd edition, Academic Press, 1982.
- [19] K. S. W. Sing, D. H. Everett, R. A. W. Haul, L. Moscou, R. A. Pierotti, J. Rouquerol, T. Siemieniewska, "Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity", *J. Pure & Appl. Chem.*, 57, pp. 603, 1985.
- [20] Chao He, Yun Yu, Xingfang Hu, Andre Larbot, "Influence of silver doping on the photocatalytic activity of titania films", *J. Applied Surface Science* 200, pp. 239-247, 2002.
- [21] T.V. Gestel, C. Vandecasteele, A. Buekenhoudt, C. Dotremont, J. Luyten, R. Leysen, B.V. der Bruggen, G. Maes, "Alumina and titania multilayer membranes for nanofiltration: presentation, characterization and chemical stability", *J. Membrane science* 207, pp. 73-89, 2002.
- [22] V.T. Zaspalis, W. Van Praag, K. Keizer, J. R. H. Ross, A. J. Burggraaf, "Synthesis and Characterization of Primary Alumina, Titania And Binary Membranes", *J. Materials Science and Catalysis*, 27, pp. 1023-1035, 1992.

اثر انتقال جرم بر توزیع فاز پراکنده در طول ستون پرشده ضربه‌ای

آرمن طاهری^۱، ایرج گودرزنیا^۲، سید جابر صفری^{۱*}

چکیده:

اگرچه ستون‌های ضربه‌ای هم بصورت سینی‌دار و هم پرشده استفاده می‌شوند ولی بیشتر تحقیقات روی ستون‌های سینی‌دار انجام شده است. موجودی فاز پراکنده (holdup) یکی از پارامترهای کلیدی در طراحی ستون‌های پرشده ضربه‌ای می‌باشد. هدف این مقاله بررسی تاثیر انتقال جرم بر روی تغییرات موجودی فاز پراکنده در ستون استخراج ضربه‌ای پرشده می‌باشد. آزمایشات بر روی یک ستون استخراج ضربه‌ای شیشه‌ای در مقیاس آزمایشگاهی به قطر ۲ اینچ انجام شده است. تغییرات موجودی فاز پراکنده در طول ستون و تاثیر انتقال جرم بر آن مورد بررسی قرار گرفته است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، به عنوان یک روند کلی، با افزایش ارتفاع، موجودی فاز پراکنده زیاد می‌شود. هنگامی که انتقال جرم از فاز پیوسته به فاز پراکنده (قطرات) باشد، موجودی فاز پراکنده افزایش می‌باید. بلکن هنگامی جهت انتقال جرم از فاز پراکنده به فاز پیوسته باشد، موجودی کمتر می‌شود.

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۸۷/۶/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۸۷/۷/۲۰

کلمات کلیدی:

استخراج مایع - مایع،
موجودی فاز پراکنده، ستون
استخراج ضربه‌ای پرشده.

(۱) دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، کارشناس ارشد مهندسی شیمی Armin.Taheri@gmail.com

(۲) دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، استاد مهندسی شیمی.

مقدمه

ستون‌های ضربه‌ای از سال ۱۹۵۰ در مقیاس صنعتی در صنایع هسته‌ای در کشورهای پیشرفته استفاده شده است. بدلیل بازده بالا و اینمنی بالا، از این نوع ستون‌ها بطور وسیع در صنایع هسته ای استفاده می‌شود.^[۱] ستونهای ضربه‌ای معمولاً برای استخراج اورانیوم، پلوتونیوم و توریم در صنعت هسته‌ای و کارخانه‌های باز فرآوری فلز و همچنین در فرآیندهای بیوتکنولوژی استفاده می‌شود.^[۲]

ستون‌های ضربه‌ای معمولاً به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

(۱) ستون‌های ضربه‌ای با سینی مشبک (Pulsed-perforated-plate columns)

(۲) ستون‌های ضربه‌ای پر شده با آکنه (Pulsed packed columns)

در ستون‌های ضربه‌ای، عملیات ستون توسط ظرفیت و راندمان استخراج بیان می‌شود و راندمان استخراج معمولاً با

^1HTU یا $^2\text{HETU}$ بیان می‌شود.^[۳]

جهت خالص سازی یک مایع یا بازیافت اجزا، از یک ترکیب، ستون استخراج ضربه ای پرشده یک جواب خیلی راضی کننده و موثر را می‌دهد. این برج‌ها قابلیت تحمل ظرفیت زیاد بازده بالا در اندازه‌های بزرگ و کوچک را دارند. مزایای این برجها عبارتند از:

(۱) اختلاط محوری آنها کم است.

(۲) توزیع فاز پراکنده در طول سطح مقطع یکسان است.

(۳) سطح انتقال جرم را می‌توان کنترل کرد.

(۴) در شرایط هیدرودینامیکی یکسان، بازده استخراج مستقل از قطر ستون است.

(۵) عملیات استخراج در این برج‌ها اقتصادی‌تر است.^[۴]

انواع روش‌های اندازه‌گیری موجودی فاز پراکنده^[۵]

(۱) روش جابجایی فصل مشترک: بیشترین روش مورد استفاده است. بلافصله بعد از خاموش کردن دستگاه تمام ورودی‌ها و خروجی‌ها به برج را می‌بندند. بعد از اینکه فاز پراکنده در یک انتهای ستون جمع شد، حجم آن را اندازه می‌گیرند. اگرچه این روش ساده‌ای است ولی مهمترین عیب آن این است که مقدار صحیح موجودی فاز پراکنده کلی را در قسمت فعال ستون را نمی‌دهد.

1) Height of transfer unit (مورد استفاده در ستون‌های سینی‌دار)

2) Height equivalent to a theoretical stage (مورد استفاده در ستون‌های پرشده)

نشریه انرژی ایران

۱۳

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

(۲) روش اختلاف فشار: با استفاده از اختلاف فشار نقاط مختلف برج و با توجه به دانسیته دو فاز، موجودی فاز پراکنده اندازه‌گیری می‌شود. اگرچه با استفاده از این روش بطور پیوسته تغییرات موجودی فاز پراکنده را با ارتفاع ستون مشاهده می‌شود ولی با توجه به تغییرات ناگهانی فشار (به علت جریان آشفته مایع درستون) خطای این روش بالاست.

(۳) روش نمونه‌گیری: از نقاط مختلف برج نمونه‌گیری می‌شود. نسبت فاز پراکنده به پیوسته، موجودی فاز پراکنده را نشان می‌دهد. در این روش لازم است بعد از هر نمونه‌گیری دستگاه به حالت پایدار برسد.

(۴) روش آلتراسونیک: که بر اساس اندازه‌گیری سرعت صوت با توجه به اختلاف سرعت صوت در دو فاز، موجودی اندازه‌گیری می‌گردد.^[۶]

در این کار با استفاده از روش نمونه‌گیری، میزان موجودی فاز پراکنده در طول برج بررسی شده است.

دستگاه آزمایش

مشخصات ستون مورد استفاده در جدول (۱) آورده شده است.

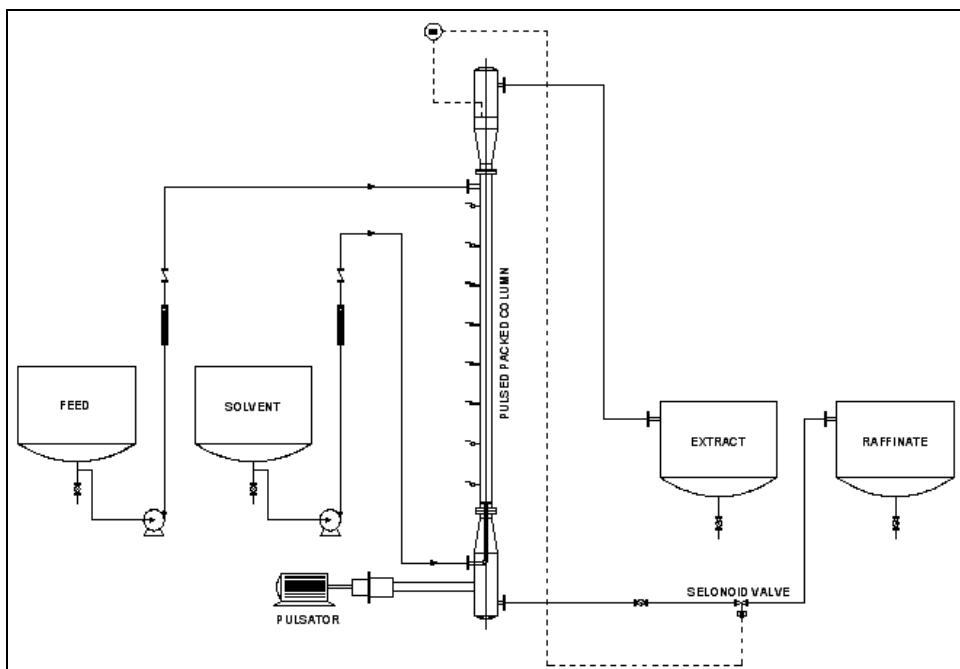
محافظ آکنه‌ها (Packing Support) از جنس PTFE و در بالای آکنه‌ها قرار داده شده است. شیرهای نمونه‌گیری به فاصله مساوی در طول قسمت فعال ستون قرار داده شده‌اند. دو عدد پمپ از نوع پیستونی، جهت فازهای سبک و سنگین استفاده شده است. فاز پیوسته از بالای برج و فاز پراکنده از پایین برج، توسط پمپ وارد می‌شوند.

()

نوع ستون	قطر ناحیه فعال (اینج)	قطر ناحیه ته‌نشینی (اینج)	طول ناحیه فعال (متر)	نوع آکنه و سایز	تعداد شیرهای نمونه‌گیری
شیشه‌ای	۲	۳	۱/۲	راشیگ سرامیکی ۱/۴ اینچ	۵

از یک سینی سوراخ‌دار بعنوان توزیع‌کننده فاز پراکنده در پایین برج استفاده می‌شود که این توزیع بوسیله بطور موثر با عمل پالس در طول ستون باقی می‌ماند لذا نیازی به نصب توزیع‌کننده مجدد نداریم. شکل (۱) نمودار شماتیک از ستون مورد استفاده در آزمایش می‌باشد.

دستگاه مولد ضربه یک پمپ پالسی (Pump Pulsator) از نوع رفت و برگشتی است که توسط یک الکتروموتور برقی تولید ضربه می‌نماید و مجهر به کنترل کننده دامنه و فرکانس می‌باشد. دستگاه دارای چهار مخزن مشابه می‌باشد که دو تای آنها جهت نگهداری خوراک و حلال و دو تای دیگر جهت جمع آوری محصولات بالا و پایین برج می‌باشد.



شکل(۱): نمودار شماتیک دستگاه

مواد و روش آزمایش

سیستم‌های توصیه شده توسط فدراسیون مهندسی شیمی اروپا (European Federation for Chemical Engineering) عبارتند از تولوئن-استن-آب ، بوتیل استات-استن-آب و انبوتanol-اسیدساکسینیک-آب که به ترتیب برای برای کشش بین فازی بالا، متوسط و پایین بکار می‌روند.^[۷] معمولاً سیستم کشش بین فازی کم، مورد آزمایش قرار نمی‌گیرد. قل از این سیستم‌ها، دستگاه بوسیله سیستم آب-نفت سفید(kerosene) مورد آزمایش قرار می‌گیرد. در جدول(۲) مشخصات سیستم‌های مورد استفاده در این کار آمده است.جهت اندازه‌گیری موجودی در طول ستون از روش نمونه‌گیری موضعی و با استفاده از یک استوانه مدرج هر بار ۲۰ سی سی از محتويات برج را از طریق شیرهای نمونه‌گیری تخلیه شد. سپس به آن زمان داده شد تا دو فاز از هم جدا شوند. از تقسیم حجم فاز پراکنده به کل حجم، موجودی فاز پراکنده بدست می‌آید. با توجه به اینکه اگر بطور کامل تمام شرایط بررسی می‌شد نیاز آزمایشات زیادی بود (چندین سطح برای دبی فاز پراکنده دبی فاز پیوسته، فرکانس دامنه، کشش بین فازی و اثر انتقال جرم) لذا در طرح ریزی آزمایشات تعداد آزمایشات کم گردید یعنی با تغییر دادن تنها یک متغیر و ثابت نگاه داشتن (Design of Experience(DOE))

نشریه اذرزی ایران

۱۵

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

بقیه متغیرها، به بررسی آثر آنها پرداخته شد. این مقاله تنها به بررسی آثر انتقال جرم، با ثابت نگاه داشتن سایر شرایط عملیاتی پرداخته است.

در طول آزمایشات دامنه ۲ سانتی‌متر، فرکانس ($1/\text{min}$) ۴۸، دبی فاز پیوسته (CC/s) $۵/۴$ و دبی فاز پراکنده (CC/s) $۴/۴$ بود. همچنین در طول آزمایشات دما ثابت فرض شد.

آزمایشات در دو حالت بدون انتقال جرم و با انتقال جرم (از فاز پیوسته به فاز پراکنده و بلعکس) در دو غلظت ۳% و ۵% وزنی استن انجام گردید.

برای راهاندازی اولیه ستون به شرح زیر عمل می‌شد:

ستون را به وسیله سیال سنگین (فاز پیوسته) پر شده و اجازه داده می‌شد تا سیال سنگین تا محل تقریبی جدایش فازها پیش رود.

با تنظیم دامنه و فرکانس، سیستم ضربه راهاندازی می‌شد. چون ایجاد ضربه بوسیله پالس هوا است با تنظیم فرکانس باز و بسته شدن شیرهای مربوط به هوا، فرکانس و با تنظیم فشار ورودی هوا، دامنه تنظیم می‌شد.

پمپ فاز سبک (پراکنده) و فاز سنگین را راهاندازی کرده و دبی آنها تنظیم می‌شد.

پس از گذشت زمان لازم جهت رسیدن به شرایط یکنواخت، سیستم مورد بررسی قرار می‌گرفت.

جدول (۲): مشخصات سیستمهای استفاده شده در آزمایشات

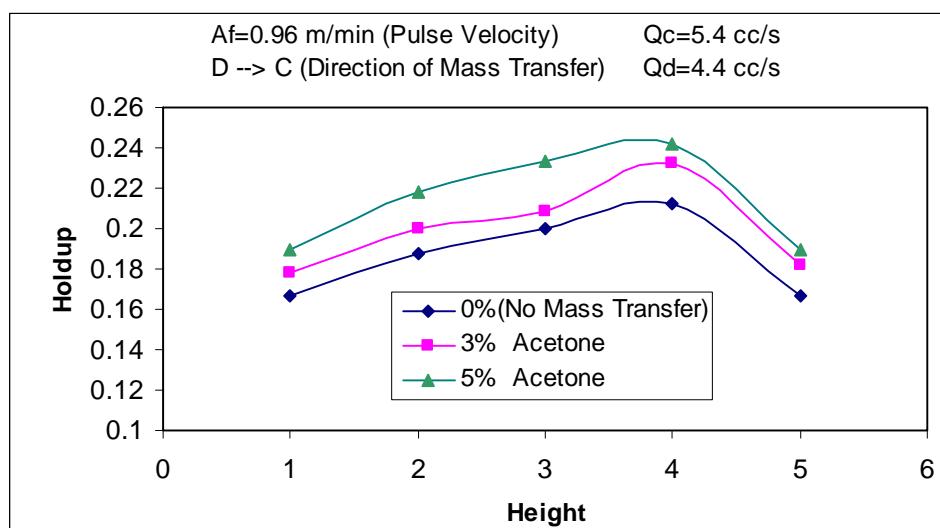
SYSTEM		μ_c	μ_d	ρ_c	ρ_d	γ
Cont.	Disp.	mPa.s	mPa.s	Kg.m ⁻³	Kg.m ⁻³	mN.m ⁻¹
Water	Kerosene	۱/۰۰۲	۱/۶۷	۹۹۸	۸۰۰/۸	۴۴
Water	Toluene	۱/۰۰۲	۰/۵۸۷	۹۹۸	۸۶۵/۸	۳۵/۴

نتایج و بحث

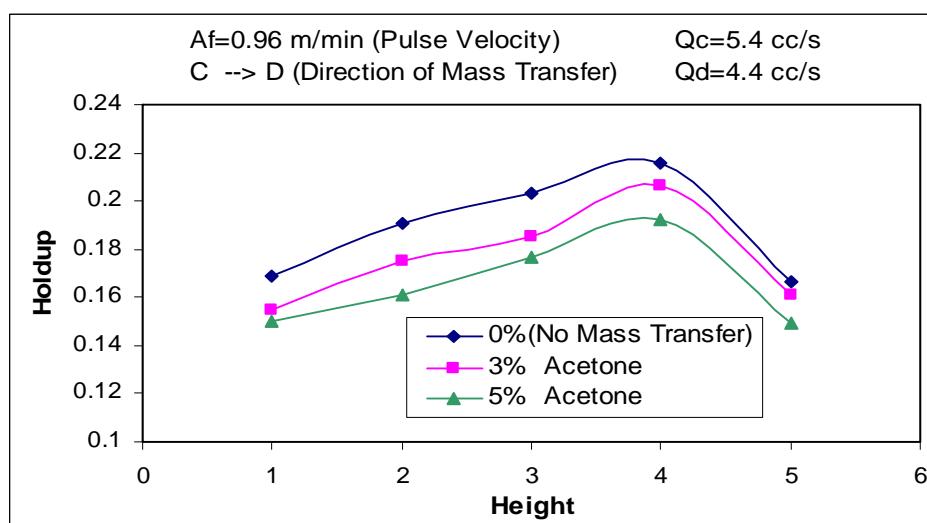
همانطور که از شکل‌ها مشخص است به عنوان یک روند کلی، با افزایش ارتفاع موجودی فاز پراکنده زیاد می‌شود. در پایین برج قطرات بزرگ است. همینکه قطرات در ستون بخاطر نیروی شناوری (Buoyancy) بالا می‌روند، شکستن قطرات رخ می‌دهد و قطر قطرات کاهش می‌یابد [۵]. انتقال جرم تأثیری بر روند کلی سیستم (افزایش موجودی فاز پراکنده در طول ستون) تأثیری ندارد. البته موجودی فاز پراکنده در نقطه آخر نمونه‌گیری (نقطه ۵ در اسکال) کاهش

می‌یابد. علت این است که در بالای برج فضایی وجود دارد که خالی از آکنه است لذا در بالای برج قطرات به راحتی صعود می‌کند و در نتیجه موجودی کاهش می‌یابد.

هنگامی که انتقال جرم از فاز پیوسته به فاز پراکنده(شکل ۲) باشد، به علت شکستن بیشتر قطرات(Breakage)، قطرات کوچکتری بوجود می‌آیند.



شکل (۲): تاثیر غلظت بر موجودی هنگامی که انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد



شکل (۳): تاثیر غلظت بر موجودی هنگامی که انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته باشد

قطرات کوچکتر زمان ماند (Residence Time) بزرگتری دارند لذا موجودی فاز پراکنده افزایش می‌یابد. بلعکس هنگامی جهت انتقال جرم از فاز پراکنده به فاز پیوسته باشد، نرخ به هم پیوستن قدرات (Coalescence) افزایش و لذا قدرات بزرگتری بوجود می‌آید و موجودی کمتر می‌شود.^[۹,۸]

وقتی دو قطره در مجاور هم و انتقال جرم از فاز پراکنده به فاز پیوسته باشد، غلظت فیلم مایع بین دو قطره سریعاً با قدرات به تعادل می‌رسد. این پدیده گرادیان کشش سطحی بوجود می‌آورد که جریان سطحی بوجود می‌آورد. افزایش امکان جابجایی فصل مشترک به علت جریان سطحی، فاز پیوسته بین دو قطره را به هم می‌چسباند و به هم پیوستگی افزایش می‌یابد اگر چه به علت کشش سطحی کم شکستن قدرات وجود دارد ولی به هم پیوستن قدرات غالب است و باعث می‌شود قطر قدرات زیاد شود تا زمانی که به هم بچسبند؛ لذا قدرات بزرگتری با سرعت صعود بیشتر بوجود آمده و در نتیجه نسبت به حالت بدون انتقال جرم موجودی فاز پراکنده کمتر می‌شود. بلعکس هنگامی که جهت انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد (شکل ۲)، موجودی فاز پراکنده بیشتر می‌شود. این مورد به دلیل غلبه میزان شکستن قدرات بر بهم پیوستن قدرات می‌باشد، لذا قدرات کوچکتری با سرعت صعود کمتر بوجود آمده و در نتیجه نسبت به حالت بدون انتقال جرم موجودی فاز پراکنده بیشتر می‌شود.

بحث و نتیجه گیری

- (۱) به عنوان یک روند کلی موجودی فاز پراکنده با افزایش ارتفاع زیاد می‌شود.
- (۲) هنگامی که جهت انتقال جرم از فاز پیوسته به پراکنده باشد، موجودی فاز پراکنده بزرگتر خواهد شد.
- (۳) هنگامی که جهت انتقال جرم از فاز پراکنده به پیوسته باشد، موجودی (Holdup) فاز پراکنده، کوچکتر خواهد شد.
- (۴) با افزایش غلظت جزء منتقل شونده در فاز پراکنده، موجودی زیاد و بلعکس با افزایش غلظت جزء منتقل شونده در فاز پیوسته موجودی کم می‌گردد.

منابع

- [1] C. Tsouris, V. I. Kirou, and L. L. Tavlarides, "Drop Size Distribution and Holdup Profiles in a Multistage Extraction Column", AICHE J. vol. 40, No. 3, 407 (1994).
- [2] G. V. Potnis, H. C. Bijawat, and L. K. Doraiswamy, "Upping Column Extraction Efficiency by Pulse Application – Packed column", Ind. Eng. Che. Vol. 51, No.5, 645 (1959).

-
- [3] A. J. Simons, "Pulsed Packed Columns" Handbook of Solvent Extraction", Chap.11.1, 343 (1983).
 - [4] Ph. A. Schweitzer, "Pulsed Packed Columns", Handbook of Separation Technology for Chemical Engineering, sec.1.10.
 - [5] J. C. Godfery, and M. J. Slater, "Pulsed Packed Columns", Liquid-Liquid Extraction Equipment, chap.8, 241 (1994).
 - [6] A. Kumar, and S. Hartland, "A Unified Correlation for the Prediction of Dispersed Phase Holdup in Liquid-Liquid Extraction Columns", Ind. Eng. Chem. Res. Vol.34, No.11, 3925 (1995).
 - [7] M. H. I. Baird, and Z. J. Shen "Holdup and Flooding in Reciprocating Plate Extraction Columns", Can. J.Chm. Eng., Vol.62, 218 (1984).
 - [8] Wolfgang Pietzsch, Eckhart Blass, Chem. Eng. Tech., No.10,78 (1987).
 - [9] J. C. Bonnet, and L. L. Tavlarides, "Ultrasonic Technique for Dispersed Phase Holdup Measurements", Ind. Eng. Chem. Res. Vol.26, 811 (1987).
 - [10]J. Yi, and L. L. Tavlarides, "Model for Holdup Measurement in Liquid Dispersion Using an Ultrasonic Technique", Ind. Eng. Chem. Res., Vol.29, No.3, 475 (1990).
 - [11]N. I. Gel'perin, V. L. Pebalk, T. G. Chicherina, "Investigation of a pulsating packed extraction column", Int. Chem. Eng., Vol.3, No.3, 365 (1963).
 - [12]V. Khemangkorn J. Molinier and H. Angelino," Influence of mass transfer direction on efficiency of a pulsed perforated plate column", Chem. Eng. Sci., Vol.33, 501 (1978).
 - [13]D. Venkatanarasaiah, Y. B. G. Varma, "Dispersed Phase Holdup and Mass Transfer in Liquid Pulsed Column", Bioprocess Eng., Vol.18, 119 (1998) 16.
 - [14]M. N. Spaay, A. J. F. Simons, and G. P. Ten Brink, "Design and Operation of a Pulsed Packed Column for Liquid-Liquid Extraction", Proce. Int. L-L Ext., Vol.44, 281 (1955).
 - [15]Y. Jie, and F. Weiyang, "Hydrodynamics and Mass Transfer in a Pulsed Packed Column", Can. J. Chem. Eng., Vol.78, December 2000.

مقایسه ترمواکونومیکی به کارگیری سیستم‌های سرمایشی تراکمی و جذبی در پهنه‌های آب و هوایی ایران

شبnum منصوری^۱، ثریا رستمی^۲، محسن جبار^۳، مصطفی نوری^۴

چکیده:

گسترش روز افزون به کارگیری سیستم‌های سرمایش مرکزی تراکمی و جذبی در بخش‌های اقتصادی و اجتماعی و در مناطق مختلف کشور، نیازمند بررسی‌ها و مطالعات جامع برای ارائه الگوی استفاده از این سیستم‌ها در کاربری‌ها، اقیانی‌ها و ظرفیت‌های گوناگون می‌باشد. در مقاله حاضر استفاده از سیستم‌های سرمایش مرکزی در شرایط مختلف و با توجه به عوامل مختلف فنی، اقتصادی و زیست محیطی براساس روش «ارزش یکنواخت سالیانه» مورد تحلیل قرار گرفته و استراتژی مناسب برای به کارگیری آنها از دیدگاه‌های مصرف کننده، عرضه کننده انرژی و همچنین دیدگاه ملی تعیین می‌گردد. دامنه بررسی سیستم‌های مورد مطالعه در این مقاله شامل دو نوع سیستم تراکمی هوا خنک و آب خنک و پنج نوع سیستم جذبی تک اثره آب داغ، جذبی شعله مستقیم، جذبی تک اثره بخار، جذبی دو اثره و جذبی تک اثره آب گرم می‌باشد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه سیستم‌ها، بهره‌برداری، هزینه‌های انرژی شامل برق، گاز و آب براساس مطالعات میدانی صورت گرفته و ظرفیت‌های مرسوم این سیستم‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از مطالعه، انتخاب سیستم برتر، در ظرفیت، پهنه و کاربری مورد نظر را امکان پذیر ساخته و علاوه بر صرفه اقتصادی چگونگی حمایت دولت از سیستم‌های مناسب را در شرایط مناسب با آن شفاف و میسر می‌سازد.

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۸۷/۴/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۸۷/۷/۲۷

کلمات کلیدی:

سیستم‌های سرمایشی،
تراکمی، جذبی، اولویت
بندي، دیدگاه تحلیل
اقتصادی، پهنه آب و هوایی.

(۱) پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده انرژی و محیط زیست، فوق لیسانس مهندسی مکانیک، تبدیل انرژی - Shmansoori@nri.ac.ir

(۲) پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده انرژی و محیط زیست، لیسانس مهندسی صنایع، تحلیل سیستم‌ها.

(۳) پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده انرژی و محیط زیست، فوق لیسانس انرژی.

(۴) پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده انرژی و محیط زیست، لیسانس مهندسی مکانیک.

مقدمه

کاربرد وسیع و روز افزون سیستم‌های سرمایش مرکزی در ساختمان‌ها در ایجاد پیک شبکه نقش مهمی ایفا می‌کنند. از طرف دیگر با توجه به اینکه ظرفیت تولید، انتقال و توزیع شبکه سراسری باید متناسب با پیک شبکه باشد لذا تامین نیازهای مذکور مستلزم صرف هزینه‌های هنگفتی می‌باشد. به همین دلیل بررسی سیستم‌های خنک کن به عنوان یکی از عوامل ایجاد کننده پیک شبکه از نظر مدیریت بار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. بدون تردید عوامل تأثیر گذار در انتخاب و استفاده از سیستم‌های برودتی مختلف را می‌توان در پارامترهای فنی و اقتصادی آن سیستم خلاصه نمود. تکامل سیستم‌های خنک کن جذبی و افزایش راندمان آنها، عدم نیاز به انرژی الکتریکی و امکان پیاده‌سازی راهکارهای گوناگون مدیریت انرژی با استفاده از این سیستم را می‌توان از جمله عواملی به حساب آورد که تمایل به کاربرد سیستم‌های خنک کن جذبی را بیش از پیش افزایش داده است ولیکن سیستم‌های جذبی دارای معایب و ویژگی‌های خاص خود می‌باشند.

در مقاله حاضر به امر ارزیابی و مقایسه اقتصادی چیلرهای جذبی و تراکمی پرداخته شده، و سعی شده جوانب اقتصادی در گزینش سیستم برتر مورد بررسی قرار گیرد [۱]. پس از تعیین روش مناسب برای تحلیل اقتصادی، پارامترهای اقتصادی موثر تعیین می‌شود. با انجام آنالیز اقتصادی، اولویت‌بندی سیستم‌های خنک کن پس از اعمال عوامل موثر بر رتبه‌بندی تعیین می‌گردد. در این تحقیق همچنین بین سیستم‌های سرمایش مرکزی جذبی و تراکمی از دیدگاه‌های مصرف‌کننده و عرضه‌کننده انرژی مقایسه به عمل آمده است.

گزینش روش برتر در ارزیابی اقتصادی و مقایسه چیلرهای جذبی و تراکمی

با توجه به اینکه چیلرهای جذبی و تراکمی به عنوان سیستم‌های خنک کن از نظر قابلیت تولید سرما برای تهویه مطبوع و بسیاری از پارامترهای دیگر نسبتاً مشابه به حساب می‌آیند و هدف از انجام این تحقیق مقایسه این سیستم‌ها با یکدیگر است، و از طرفی با عنایت به این که هدف از بکارگیری این سیستم‌ها تولید برودت و بهره‌گیری از منافع ناشی از تهویه مطبوع می‌باشد و در این سیستم‌ها در نهایت مقایسه هزینه‌ها و گزینش سیستم با هزینه کمتر، ما را به سمت اهداف پروژه رهنمون خواهد ساخت، از بین روش‌های تحلیل اقتصاد مهندسی، روش «ارزش یکنواخت سالیانه» به عنوان روش برتر در مقایسه چیلرهای جذبی و تراکمی تشخیص داده می‌شود. [۲].

معرفی و محاسبه پارامترهای اقتصادی مورد نیاز در ارزیابی اقتصادی چیلرهای جذبی به روش معادل سالانه هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه: این مقدار برابر با هزینه‌های اولیه اجرای طرح، نظیر خرید تجهیزات، هزینه حمل و نقل تجهیزات، هزینه نصب و سایر هزینه‌هایی است که در ابتدا بر سرمایه گذار تحمیل می‌شود. در این مقاله هزینه تجهیزات سیستم اولیه مدنظر قرار گرفته است که این هزینه عبارتست از هزینه خرید چیلر جذبی یا تراکمی، هزینه خرید برج خنک کن، پمپ، کنداسور هوایی، بویلر، پمپ بویلر (بسته به نوع سیستم) و هزینه حمل و نقل و نصب آنها.

نشریه انرژی ایران

۲۱

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

هزینه‌های تعمیرات و نگهداری: هزینه‌های تعمیرات و نگهداری عبارتند از مجموعه هزینه‌هایی که برای یک سیستم طی سال‌های عمر مفید آن به صورت ثابت یا متغیر صرف می‌شوند تا سیستم طی هر سال بتواند آماده کار کردن شود یا در صورت بروز خرابی از طریق رفع عیب و تعویض قطعات امکان کار را داشته باشد.

در مورد برآورد این هزینه‌ها افراد متخصص در زمینه تعمیرات و نگهداری تا ۵ درصد هزینه سرمایه گذاری اولیه را برآورده از هزینه تعمیرات و نگهداری سالانه می‌دانند [۳]. در برخی کتابهای مرتبط روش دیگری برای برآورده هزینه سالانه تعمیرات و نگهداری چیلرهای جذبی و تراکمی با استفاده از فرمول آورده شده است. در مقاله حاضر با توجه به تأیید متقابل پاسخهای دو روش و کاربرد بیشتر روش اول در ارزیابی‌های داخلی از رابطه اول جهت محاسبه هزینه تعمیرات و نگهداری چیلر در سال اول استفاده شده است [۴].

هزینه‌های عملیاتی: هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه‌هایی می‌باشند که طی عمر مفید پروژه برای پا بر جایی و بقای سیستم صرف می‌شوند. به عنوان مثال در مورد چیلرهای جذبی عبارتست از هزینه برق، آب و گاز طبیعی و در مورد چیلرهای تراکمی هزینه برق و آب می‌باشد.

در تحقیق حاضر به منظور مقایسه عملکرد چیلرهای جذبی و تراکمی در ظرفیت‌های مختلف، سناریوهای متفاوتی در رابطه با هزینه انرژی مصرفی چیلر در نظر گرفته شده است و سعی شده هزینه انرژی هم از دید مصرف کننده - که در ایران حامل انرژی را با یارانه دریافت می‌کند - و هم از دید عرضه کننده (دولت) - که در حقیقت قیمت تمام شده و هزینه فرصتی متفاوت از قیمت فروش به مشترک را برای هر واحد انرژی (برق یا گاز) متصور است - در محاسبات ملاحظه گردد. لذا در این رابطه سه سناریو برای برق، دو سناریو برای آب و دو سناریو برای گاز وجود دارد. این سناریوها در مورد برق عبارتند از:

(۱) قیمت برق (از دید مصرف کننده): برای محاسبه هزینه برق چیلرهای جذبی و تراکمی از تعریف شماره ۲ برق سال ۸۴ مربوط به مصارف عمومی و آزاد (بند ۱-۲ و ۲-۲) که مربوط به مصارف مشترک مصرف کنندگان مسکونی و تجاری است، استفاده می‌شود. بسته به اینکه مجموع توان چیلر و تجهیزات آن از ۳۰ کیلووات کمتر باشد یا بیشتر، از ارقام متناظر این حالتها در جدول تعریفه استفاده خواهد شد [۷۵]. روند رشد ۱۸/۴۷ درصدی طی سالهای ۷۸ تا ۸۲ قیمت برق برای مشترکان تجاری ۱۳/۵۸ برای مشترکان مسکونی در سال ۸۴ برآورد می‌گردد [۶].

(۲) قیمت برق (از دید عرضه کننده و جهانی): برای محاسبه هزینه انرژی یکبار قیمت مطابق قیمت ارائه حامل انرژی (برق یا گاز) به مصرف کننده و بار دیگر برابر قیمت تمام شده یا هزینه فرست حامل انرژی برای دولت در نظر گرفته می‌شود. در مورد برق، قیمت جهانی برای هر کیلووات ساعت برق برابر ۶ سنت (با توجه به اینکه قیمت برق در بازارهای جهانی ۳ تا ۷ سنت می‌باشد) و ۲ درصد افزایش سالانه در نظر گرفته شده است [۸]. مطابق اطلاعات دریافت شده (دفتر مطالعات اقتصادی توکنیر) توسط قیمت هر کیلووات ساعت برق تولید شده در نیروگاههای ایران در سال ۱۳۸۴ برابر ۲۰۰ ریال برآورد می‌گردد [۸].



(۳) قیمت گاز طبیعی (از دید مصرف کننده): قیمت هر متر مکعب گاز طبیعی برای مصرف کننده تجاری، مطابق

ترازنامه انرژی [۶] در سال ۱۳۸۳ برابر ۱۹۵/۸۸ ریال بر متر مکعب با توجه به روند رشد ۱۲/۲۵ درصدی

قیمت آن طی سالهای ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ برای سال ۱۳۸۴ برابر ۲۱۹/۸۸ ریال پیش بینی می‌گردد [۹].

(۴) هزینه فرصت گاز طبیعی (از دید دولت): برابر است با قیمت FOB خلیج فارس هر متر مکعب گاز طبیعی به

علاوه برآوردي از هزینه توزيع که مطابق اطلاعات از معاونت برنامه ریزی تولید می‌توان آنرا معادل ۱۰ سنت بر

متر مکعب در سال ۱۳۸۴ در نظر گرفت. پیرو همین اطلاعات، روند رشد ۲ درصد فرض شده است [۸].

(۵) قیمت آب (از دید مصرف کننده): این رقم مطابق تعریفه آب سال ۱۳۸۴ برای مصارف زیر ۲۰ متر مکعب در

ماه برابر ۱۲۸۸ ریال بر متر مکعب و برای مصارف بیشتر از آن ۱۷۳۷ ریال بر متر مکعب می‌باشد. بنابر

اظهارات کارشناسان شرکت آب و فاضلاب استان تهران، بطور متوسط از ۱۳ درصد رشد برخوردار بوده است.

(۶) قیمت تمام شده آب (از دید دولت): برابر اطلاعات دریافتی از کارشناسان شرکت آب و فاضلاب استان تهران

قیمت تمام شده هر متر مکعب آب در سال ۱۳۸۴ برابر ۱۰۸۱/۷۷ ریال بر متر مکعب می‌باشد. همچنین

بنابراین اطلاعات برای این رقم می‌توان به طور متوسط ۱۲ درصد رشد سالانه را در نظر گرفت.

بنا به تحقیقات انجام شده و مطالعات صورت گرفته، عمدۀ کاربری چیلرها برای مشترکان تجاری در تهران از

اواسط اردیبهشت تا اواسط مهرماه (حدود ۵ ماه) و در هر روز ۱۶ ساعت (۴ ساعت در پیک و ۱۲ ساعت در

میان باری) اتفاق می‌افتد. لذا می‌توان با توجه به ساعت کاربری چیلرها و قیمت‌های برق، آب و گاز طبیعی و

روند رشد آنها برآورد مناسبی از هزینه مصرف انرژی توسط چیلرها را ارائه نمود.

عمر مفید: عمر مفید یا عمر اقتصادی یک سیستم، طرح یا تجهیزات عبارتست از دوره زمانی (تعداد سال‌هایی) که دستگاه

در حال کار بوده و انتظار می‌رود به صورت مطلوب و سود دهی مورد انتظار به کار خود ادامه دهد. بنا بر تحقیقات صورت

گرفته از شرکت‌های تاسیساتی فعال در بخش نگهداری و تعمیرات و نیز سازندگان تجهیزات سرمایشی، عمر مفید

چیلرهای جذبی و تراکمی را می‌توان به طور متوسط ۲۰ سال در نظر گرفت.

ارزش اسقاطی^{۱)}: ارزش اسقاطی یک سیستم عبارتست از مقدار ارزش خالص باقیمانده آن سیستم در پایان عمر مفید یا

اقتصادی سیستم. در مورد ارزش اسقاطی چیلرهای جذبی و تراکمی متخصصین معتقدند در مورد چیلرهای تراکمی ۵ درصد

قیمت اولیه چیلر را می‌توان متصور شد. ارزش اسقاطی برای چیلرهای جذبی عموماً صفر در نظر گرفته می‌شود زیرا پس از

طی عمر مفید قطعات فلزی دچار خوردگی خواهند شد.

1) Salvage Value

نشریه انرژی ایران

۲۳

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

سایر پارامترهای موجود در محاسبات: جهت انجام تحلیلهای اقتصادی به روش «ارزش معادل سالانه» که قبلاً در مورد آن صحبت شد، پارامترهای دیگری نیز تاثیرگذارند که تحت سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند. این پارامترها در ذیل توضیح داده شده‌اند.

- نرخ بهره و نرخ تورم: برابر اطلاعات موجود در سایت اینترنتی بانک مرکزی ایران نرخ بهره در سال ۸۴ معادل ۱۶ درصد سالانه [۱۰] و نرخ تورم حامل‌های انرژی معادل نرخ رشد سالانه آنها و نیز نرخ تورم هزینه‌های تعمیرات و دستمزد نگهداری بنابر اطلاعات گرفته شده از شرکت‌های فعال در این زمینه معادل ۱۰ درصد سالانه در نظر گرفته می‌شود.

آنالیز اقتصادی سیستم‌های جذبی و تراکمی و محاسبه هزینه تولید هر تن تبرید

برای مقایسه سیستم‌های برودتی تراکمی و جذبی از روش معادل سالانه استفاده خواهد شد. در این روش لازم است کلیه هزینه‌ها و درآمدهای احتمالی هر سیستم به کمک نرخ‌های بهره و تورم مناسب طی عمر مفید آن، به صورت یکنواخت تعديل شود. در نتیجه جمع جبری این هزینه‌ها و درآمد در هر سال، هزینه یکنواخت سالانه هر سیستم طی عمر مفید آنرا نشان خواهد داد. از مقایسه این دو هزینه (هزینه یکنواخت سالانه چیلرهای جذبی و تراکمی در ظرفیت‌های یکسان)، تعیین می‌گردد در هر ظرفیت مشخص شده، انتخاب کدام نوع چیلرهای جذبی و یا تراکمی اقتصادی‌تر است. آنچه در اینجا ذکر آن ضروری به نظر می‌رسد فروضی هستند که در تحلیل اقتصادی به آنها توجه شده است و عبارتند از:

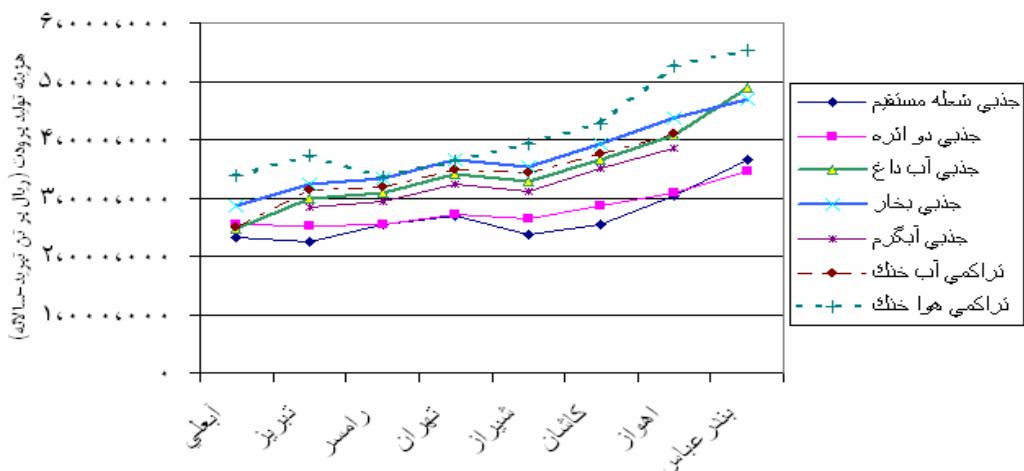
- (الف) سال پایه برای محاسبات اقتصادی سال ۱۳۸۴ در نظر گرفته شده و لذا تمام قیمت‌ها و هزینه‌ها بر اساس سال مذکور وارد محاسبات شده و در عمر مفید سیستم روند افزایش و یا کاهش آن پیش‌بینی و محاسبه گردیده است.
- (ب) بررسی‌های اقتصادی برای انواع چیلرهای تراکمی و جذبی متدالو (شامل تراکمی آبی، تراکمی هوایی، جذبی تک اثره آبگرم، جذبی تک اثره آب داغ، جذبی تک اثره بخار، جذبی دو اثره و جذبی شعله مستقیم) مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

- (ج) هزینه حامل‌های انرژی شامل برق، آب و گاز در حالات مختلف از دید مصرف کننده و عرضه کننده بررسی شده‌اند.
- (د) با وجودی که هر کدام از این چیلرها ویژگی‌های خاصی از لحاظ سر و صدا، ارتعاشات و غیره دارند، کیفیت برودت تولید شده در انواع چیلرها یکسان فرض شده است.

تاثیر عوامل مختلف بر هزینه تولید برودت

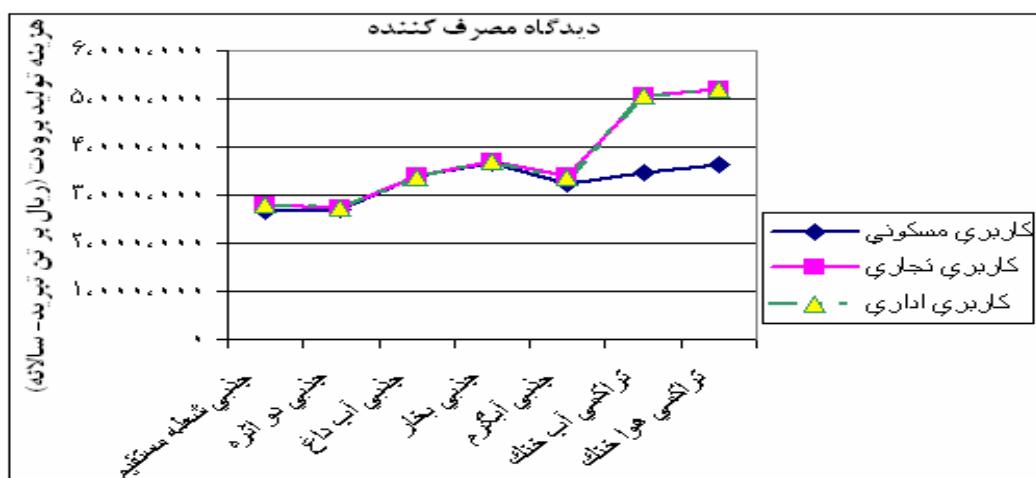
تاثیر اقلیم‌های آب و هوایی: برای انجام مقایسه در اقلیم‌های مختلف کشور، از هر یک از اقلیم‌های هشتگانه یک شهر به عنوان نماینده اقلیم مورد نظر انتخاب شد [۱۱]. نحوه تاثیر شرایط آب و هوایی بر هزینه تولید برودت بر حسب ریال بر تن تبرید - سالانه در شکل (۱) قابل مشاهده است. هدف تامین برودت ۱۸۰ تن است.

کاربری مسکونی-دیدگاه مصرف کننده



شکل(۱): تأثیر اقلیم بر هزینه تولید برودت در سیستم‌های سرمایشی با کاربری مسکونی و از دیدگاه مصرف کننده

تأثیر کاربری: برای انجام مقایسه در کاربری‌های مختلف سه نوع ساختمان مسکونی، تجاری و اداری به عنوان نماینده سه کاربری انتخاب شده‌اند. برای تعیین تأثیر نوع کاربری هزینه تولید برودت بر حسب ریال بر تن تبرید - سالانه محاسبه شده و در شکل (۲) قابل مشاهده می‌باشدند. باز برودتی ساختمان‌های مفروض ۱۸۰ تن تبرید و شهر مورد نظر تهران می‌باشد.



شکل (۲): تأثیر کاربری بر هزینه تولید برودت در سیستم‌های سرمایشی در شهر تهران و از دیدگاه مصرف کننده

نشریه انرژی ایران

۲۵

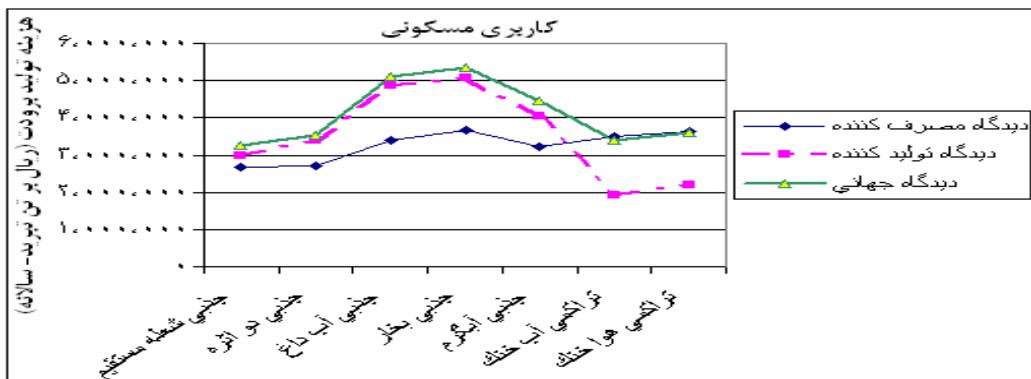
سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

تأثیر دیدگاه عرضه انرژی: هزینه انرژی تابع قیمت عرضه آن و نرخ رشد قیمت حامل‌های انرژی طی عمر مفید سیستم می‌باشد. برای محاسبه هزینه انرژی سه سناریو در نظر گرفته شده است که پاسخ‌های نهایی تحلیلها در قالب سه دیدگاه کلی مطرح می‌گردد:

دیدگاه مصرف کننده: در این دیدگاه برق و آب مطابق تعریفه و گاز برابر قیمت عرضه به مصرف کننده می‌باشد.
دیدگاه تولید کننده: در این دیدگاه برق با قیمت تمام شده، آب با قیمت تمام شده و گاز با قیمت وارداتی در محاسبات ملحوظ گردیده اند.

دیدگاه جهانی: در این دیدگاه برق با قیمت جهانی و آب با قیمت تمام شده و گاز با قیمت وارداتی در محاسبات وارد می‌شوند.

در شکل (۳) هزینه تولید برودت برای هفت نوع سیستم مفروض از سه دیدگاه مصرف کننده، تولید کننده و جهانی آورده شده‌اند. همچنین در جدول (۲) تاثیر دیدگاه عرضه انرژی بر رتبه‌بندی سیستم‌های خنک کن قابل مشاهده است.



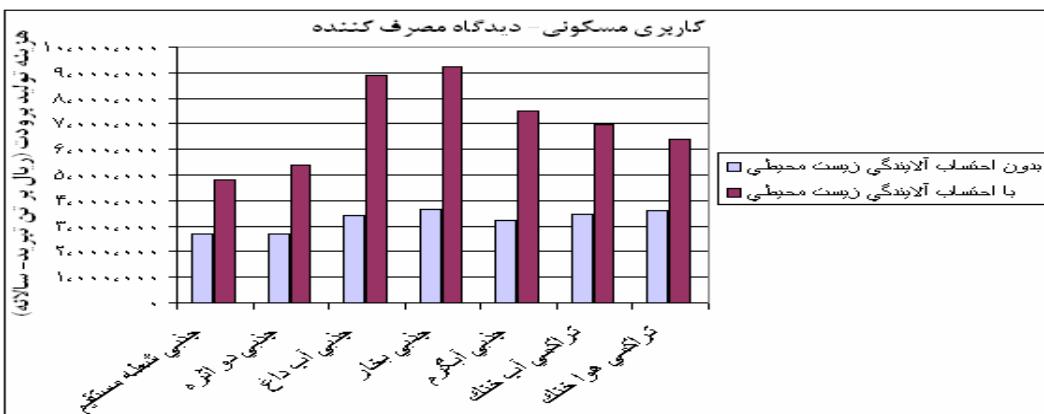
شکل (۳): تاثیر دیدگاه عرضه انرژی بر هزینه تولید برودت در سیستم‌های سرمایشی در تهران و در کاربری مسکونی

جدول (۲): تاثیر نوع دیدگاه بر تغییر اولویت در شهر نمونه تهران با کاربری تجاری

دیدگاه عرضه انرژی		
دیدگاه جهانی	دیدگاه تولید کننده	دیدگاه مصرف کننده
تراکمی آب خنک	تراکمی آب خنک	جزئی دوازه
جزئی شعله مستقیم	تراکمی هوا خنک	جزئی شعله مستقیم
تراکمی هوا خنک	تراکمی شعله مستقیم	جزئی تک اثره آب داغ
جزئی دوازه	جزئی دوازه	جزئی دوازه آب گرم
جزئی تک اثره آب گرم	جزئی تک اثره آب بخار	جزئی تک اثره آب بخار
جزئی تک اثره آب داغ	جزئی تک اثره آب داغ	تراکمی آب خنک
تراکمی تک اثره آب بخار	جزئی تک اثره آب خنک	تراکمی هوا خنک

تاثیر آلاینده‌گی زیست محیطی: آلاینده‌گی در سیستم‌های بودتی شامل آلاینده‌گی زیست محیطی ناشی از احتراق گاز طبیعی در دیگ‌ها (چیلرهای جذبی)، ناشی از نشت و یا تخلیه گاز مبرد فریون (چیلرهای تراکمی) و ناشی از تولید برق در نیروگاه می‌باشد. بنابر اطلاعات آمار تفصیلی صنعت برق ایران از مجموع ظرفیت نیروگاه‌های وزارت نیرو سهم نیروگاه‌های بخاری ۴۱٪، سهم نیروگاه‌های گازی ۲۶٪ و سهم نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۱۸٪ می‌باشد. بنابراین از برآیند سهم نوع نیروگاه‌ها و شاخص انتشار آلاینده‌گی نیروگاه‌ها به ازای هر کیلووات ساعت برق ۰/۸۳۴ گرم NO_x ، ۰/۷۱۱ گرم CO_2 و $541/3$ گرم SO_2 انتشار می‌پادد [۱۲].

هزینه‌های زیست محیطی آلاینده‌های حاصل از انتشار گازهای آلاینده در نتیجه احتراق به اتمسفر به ازای هر کیلوگرم به صورت ریالی عبارتند از: آلودگی NO_x برابر ۵۱۷۹۶/۵ ریال به کیلوگرم، آلودگی SO_2 برابر ۷۱۰۰ ریال بر کیلوگرم و آلودگی CO_2 برابر ۱۹۲ ریال بر کیلوگرم می‌باشد. [۱۳]. مبرد موجود در چیلرهای تراکمی R-22 و میزان آنها بسته به مدل انتخاب شده بر حسب کیلوگرم ارائه می‌شود. برای محاسبه هزینه‌های آلاینده‌گی چیلرهای تراکمی باید، معادل CO_2 آنها از لحاظ اثرات گرمایش جوی (GWP) در ۱۰۰ سال مشخص شود. برای R-22 این مقدار، ۱۷۰۰ با واحد معادل CO_2 بر مقدار فریون بر حسب کیلوگرم می‌باشد که معنای آن این است که هر کیلوگرم مبرد R-22 از لحاظ پتانسیل گرمایش جوی، معادل ۱۷۰۰ کیلوگرم CO_2 می‌باشد. همچنین بطور میانگین در سال حدود ۵ درصد مبرد به جو نشت می‌کند. اگر عدد حاصل از مقدار مبرد در گردش در چیلر با اعمال مقدار نشتش آن بر حسب کیلوگرم در معادل CO_2 مبرد فریون و در میزان آلاینده‌گی CO_2 که برابر با ۱۹۲ ریال بر هر کیلوگرم می‌باشد، ضرب شود، هزینه آلاینده‌گی چیلر بدست خواهد آمد [۱۴]. در شکل (۴) تأثیر آلاینده‌های زیست محیطی بر هزینه تولید برودت قابل مشاهده می‌باشد.



شکل (۴): تاثیر آلاینده‌های زیست محیطی بر هزینه تولید برودت در سیستم‌های سرمایشی در شهر تهران، دیدگاه مصرف کننده و کاربری مسکونی

تاثیر ظرفیت: از عواملی که بر اولویت‌بندی سیستم‌ها موثر می‌باشد ظرفیت سیستم برودتی می‌باشد. برای بررسی تاثیر ظرفیت، یک ساختمان نمونه در شهر تهران با ظرفیت‌های ۱۱۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ تن مورد بررسی قرار گرفته و نتایج در جدول (۳) ارائه شده‌اند.

نشریه انرژی ایران

۲۷

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

()

ظرفیت شهر	۱۱۰	۱۸۰	۲۴۰
تهران	جنزی تک اثره آب داغ	جنزی شعله مستقیم	جنزی دوازه
	جنزی شعله مستقیم	جنزی دوازه	جنزی شعله مستقیم
	تراکمی آب خنک	جنزی تک اثره آب گرم	جنزی تک اثره آب داغ
	جنزی تک اثره بخار	جنزی تک اثره آب داغ	جنزی تک اثره آب گرم
	جنزی دوازه	تراکمی آب خنک	جنزی تک اثره بخار
	تراکمی هوا خنک	تراکمی هوا خنک	تراکمی آب خنک
	جنزی تک اثره آب گرم	جنزی تک اثره بخار	تراکمی هوا خنک
	تراکمی هوا خنک	جنزی تک اثره آب داغ	جنزی دوازه

جمع‌بندی و نتیجه گیری

مقاله حاضر به بررسی اقتصادی سیستم‌های خنک کن جزئی و تراکمی پرداخته است. در این پژوهه هدف مقایسه بین سیستم‌های خنک کن مرکزی بود. هفت نوع سیستم سرمایش مرکزی چیلر تراکمی آبی، چیلر تراکمی هوایی، چیلر جزئی تک اثره آب گرم، چیلر جزئی تک اثره آب داغ، چیلر جزئی تک اثره بخار، چیلر جزئی دو اثره و چیلر جزئی شعله مستقیم که سیستم‌های رایج در کشور می‌باشد، انتخاب شدند.

برای اعمال دیدگاه‌های مختلف سه سناریو برای هزینه‌های انرژی مدنظر قرار گرفت. پس از تعیین مفروضات و سناریوهای مختلف انواع سیستم‌های تبرید تراکمی و جزئی با استفاده از هزینه تولید برودت بر تن تبرید مورد نیاز اولویت بندی شدند. در ابتدا تاثیر اقلیم بررسی شد. نتایج نشان دادند با تغییر اقلیم به مناطق گرم، هزینه‌ها افزایش می‌یابند و نرخ افزایش هزینه در سیستم‌های هواخنک بیش از بقیه سیستم‌ها است (شکل ۱).

در مورد تاثیر کاربری نتایج نشان دادند که نوع کاربری تاثیر چندانی بر هزینه تولید برودت توسط سیستم‌های جزئی ندارد ولی سیستم‌های تراکمی تابع نوع کاربری هستند و هزینه تولید برودت در کاربری مسکونی کمتر از هزینه تولید برودت در کاربری غیرمسکونی است (شکل ۲).

تاثیر دیدگاه عرضه انرژی بر هزینه تولید برودت نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر برتری سیستم‌های جزئی بر سیستم‌های تراکمی از دیدگاه مصرف کننده می‌باشد. ولی در دیدگاه‌های تولید کننده هزینه‌ها در سیستم‌های تراکمی و جزئی به یکدیگر نزدیک شده و در شرایطی هزینه تولید در سیستم‌های تراکمی کمتر است (شکل ۳). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد در دیدگاه تولید کننده و تا ظرفیت حدود ۲۰۰ تن سیستم‌های تراکمی نسبت به دیدگاه مصرف کننده از اولویت بالاتری برخوردارند (جدول ۲).

نتایج نشان دادند اعمال هزینه‌های زیست محیطی باعث افزایش هزینه‌های تولید برودت تا حد دو برابر شدند (شکل ۴). همچنین با اعمال هزینه‌های زیست محیطی اولویت سیستم‌های جزئی تک اثره را پایین آورده.

بررسی تاثیر ظرفیت برودتی نشان داد در ظرفیت‌های پایین سیستم‌های تراکمی از لحاظ هزینه تولید برودت سیستم‌های مطلوبی می‌باشد و با افزایش ظرفیت این مقبولیت به سمت سیستم‌های جزئی می‌رود (جدول ۳).



با مقایسه نتایج تحلیل‌ها چنین بر می‌آید که از دیدگاه مصرف کنندگان استفاده از چیلرهای تراکمی به علت قیمت بالای برق البته در ظرفیت‌های ۶۰ تن به بالا به نفع مصرف کنندگان نمی‌باشد و حتی چیلر جذبی تک اثره آب گرم با وجود COP بسیار پایین به صرفه‌تر از چیلر تراکمی می‌باشد. با افزایش ظرفیت، هزینه تولید بر تن در چیلرهای تراکمی افزایش می‌یابد در صورتی که این هزینه‌ها در چیلرهای جذبی کم می‌شود و مصرف کنندگان را به سمت استفاده از چیلرهای جذبی در ظرفیت‌های بالا تشویق می‌کند.

در صورتی که از دیدگاه عرضه کننده و در شرایطی که قیمت برق و گاز طبیعی با قیمت واقعی آن در نظر گرفته شود، مشاهده می‌شود، چیلرهای تراکمی آبی تا ظرفیت‌های حدود ۲۰۰ تن اقتصادی‌تر از بقیه سیستم‌ها است و این بدین معنی است که تا این ظرفیت‌ها حمایت دولت از تولید کنندگان سیستم‌های تراکمی از توجیه مناسبی برخوردار است.

منابع

- [۱] پژوهشگاه نیرو، گروه انرژی و مدیریت مصرف، "بررسی و مقایسه فنی، اقتصادی و زیست محیطی سیستم‌های خنک کن تراکمی و جذبی"، گزارش مرحله دوم، سال ۱۳۸۵.
- [۲] اسکونژاد م، "ارزیابی اقتصادی پژوهه‌های صنعتی"، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۸.
- [۳] م توانپور، م.ا. سربندی فراهانی، "مقایسه فنی - اقتصادی بکارگیری سیستم‌های برودتی رایج در کشور"، نشریه علمی برق، سال سیزدهم، بهار ۱۳۷۹.
- [۴] Jan F.kreider; "Handbook of Heating, Ventilation and Air Conditioning"; CRC Press LLC, 2001.
- [۵] وزارت نیرو، سازمان توانیز، تعریفهای برق ، سال ۱۳۸۴.
- [۶] وزارت نیرو، معاونت انرژی ایران، ترازنامه انرژی، سال ۱۳۸۲.
- [۷] <http://www.Tavanir.org.ir/>
- [۸] دفتر معاونت برنامه‌ریزی توانیز
- [۹] <http://www.iranenergy.org.ir>
- [۱۰] <http://www.cbi.ir>
- [۱۱] کسمایی، م. "پهنه‌بندی اقلیمی ایران : مسکن و محیط‌های مسکونی" ، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۲.
- [۱۲] آمار تفصیلی صنعت برق ایران، سال ۱۳۸۳.
- [۱۳] ترازنامه انرژی، معاونت امور انرژی، سال ۱۳۸۳.
- [۱۴] پژوهشگاه نیرو، گروه انرژی و مدیریت مصرف، "بررسی و مقایسه فنی، اقتصادی و زیست محیطی سیستم‌های خنک کن تراکمی و جذبی"، گزارش مرحله سوم، سال ۱۳۸۵.

بررسی امکان تولید سوخت بیودیزل از میکروجلبک

بهمن نجفی^۱، امیرحسین زمزمیان^۲، محمدامین حجازی^۳، مهدی ترکیان^۴

چکیده:

پایان‌پذیری سوخت‌های فسیلی و بحران‌های زیست محیطی محققان را بر آن داشته تا به دنبال سوخت‌های جایگزینی باشند که هم تجدیدپذیر بوده و هم آلودگی کمتری ایجاد کنند. سوخت‌های بیولوژیک و مخصوصاً بیودیزل به عنوان یک سوخت جایگزین در موتورهای دیزل فعلی می‌باشد. بیودیزل استرهای اسید چرب است که از روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی تولید بیودیزل می‌شود، اما این روغن‌ها به عنوان غذا مطرح بوده و نمی‌توانند منابع مناسبی برای تولید سوخت باشند. در این میان میکروجلبک‌ها با قابلیت رشد سریع و تولید حجم بالای روغن می‌توانند به عنوان منبعی برای تولید بیودیزل، می‌توانند مطرح باشند. میکروجلبک‌ها نسبت به گیاهان روغنی دارای درصد روغن بیشتری می‌باشند و قابلیت پرورش در آب و هوای مختلف را دارند. فرآیند تولید بیودیزل از میکروجلبک شامل سه مرحله پرورش، روغن‌کشی و تبدیل روغن به بیودیزل می‌باشد که در این تحقیق به نحوه انجام این سه مرحله پرداخته شده است.

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۸۷/۴/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۸۷/۷/۲۶

کلمات کلیدی:

(۱) دانشگاه محقق اردبیلی، استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، Bahman_Najafi@yahoo.com

(۲) پژوهشگاه مواد و انرژی، استادیار.

(۳) مؤسسه تکنولوژی غرب و شمالغرب ایران ، استادیار .

(۴) دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ماشین‌های کشاورزی .

مقدمه

در حال حاضر مهمترین منبع تامین انرژی در بخش‌های مختلف صنعتی، کشاورزی، خانگی و حمل و نقل سوخت‌های فسیلی و مشتقات آن می‌باشد اما در استفاده از سوخت‌های فسیلی دو مشکل وجود دارد، یکی پایان‌پذیری این سوخت‌ها و دیگری آلودگی محیط زیست ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی. برای مقابله با این دو مشکل دانشمندان به فکر استفاده از انرژی‌های جایگزین هستند. منابع مختلفی به عنوان انرژی‌های جایگزین مطرح هستند و تحقیقات گسترده‌ای بر روی آنها صورت گرفته است. سوخت‌های جایگزین باید سازگار با موتورهای موجود بوده و از نظر اقتصادی نیز با صرفه باشند. همچنین قابل دسترس و دوستدار محیط زیست باشند [۲]. در این میان سوخت‌های بیولوژیک می‌توانند به عنوان یک انرژی جایگزین، مزیت تجدیدپذیر بودن و کاهش آلودگی به هنگام احتراق را دارا باشند [۴].

انرژی‌های بیولوژیک مانند چوب و مواد بیوماس دیگر، از مدت‌ها قبل شناخته شده و بشر همواره از آن سود جسته است اما امروزه انرژی‌های بیولوژیک به صورت‌های جدیدتری وارد عرصه شده‌اند که از آن جمله می‌توان به بیودیزل اشاره کرد. بیودیزل استرهایی اسید چرب است که از روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی تولید شده و به عنوان سوخت در موتورهای دیزل قابل استفاده است. این سوخت بسیار شبیه به گازوئیل متداول بوده و برای استفاده از آن لازم به ایجاد تغییرات اساسی در موتور دیزل نیست [۲]. هنگام احتراق بیودیزل، آلودگی کمتری نسبت به گازوئیل تولید می‌کند لذا سوختی دوستدار محیط‌زیست به شمار می‌رود.

امکان تولید بیودیزل از میکروجلبک

بیودیزل از روغن‌های طبیعی تولید می‌شود اما این منابع به عنوان یک منبع غذایی نیز مطرح هستند، بنابراین تولید بیودیزل از روغن‌های خوراکی، مناسب نبوده و به لحاظ اقتصادی نیز مقرر به صرفه نیست. سوال اینجاست چه منابعی می‌توانند به عنوان منبع تولید بیودیزل مطرح شوند؟ منابعی به عنوان منبع تولید بیودیزل مناسب هستند که غیرخوراکی بوده و از طرفی قیمت ارزانتری داشته باشند. میکروجلبک‌ها می‌توانند چنین خصوصیاتی داشته باشند زیرا دارای سرعت رشد بالایی بوده و حجم روغن زیادی را در بافت‌های خود ذخیره می‌کنند [۹]. در جدول (۱) به برخی از گیاهان روغنی و میزان تولید روغن آنها در واحد سطح مزرعه، آورده شده است، میزان تولید روغن از میکروجلبک نسبت به آفتابگردان در حدود ۰/۰۷ برابر است [۱۳].

جدول (۱): گیاهان روغنی و میزان تولید روغن از آنها

نوع گیاه	میزان تولید روغن (kg/m^2)	جلبک	آفتابگردان	سویا	جاتروفیبا ^{۱)}	راپسید
۰/۷۵۷۳	۰/۰۸۰۷	۰/۰۵۰۴	۰/۱۶۳۶	۰/۱۰۲۵		

[۹]

1) Jatropha
2) Rapeseed

نشریه انرژی ایران

۳۱

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

ولی در صورت تولید انبوه آن، هزینه‌ها کاهش می‌یابد^[۶]. میکروجلبک‌ها از پتانسیل بالایی برای تولید انرژی برخوردار هستند ولی در حال حاضر، هزینه تولید بیودیزل از میکروجلبک بدلیل تولید آزمایشگاهی آن، بالاتر از سوخت‌های دیگر است. برای کاستن هزینه تولید می‌توان از راه کارهایی مانند، تغذیه میکروجلبک از فاضلاب، استفاده از بیوماس باقیمانده از میکروجلبک روغن‌کشی شده در تولید متانول، استفاده از انرژی بیوماس باقیمانده در تولید انرژی الکتریسته اولیه مورد نیاز و استفاده از دی‌اکسیدکربن ناشی از سوختن بیودیزل برای پرورش میکروجلبک استفاده کرد^[۵]. همچنین امکان تولید مصنوعی میکروجلبک به کمک فتوبیوراکتورها را نیز وجود دارد که پرورش آن را در شرایط مختلف اقلیمی امکان‌پذیر می‌کند و در نتیجه سوخت حاصل از آن دارای مزیت در «دسترس بودن» می‌باشد^[۵].

مراحل تولید بیودیزل از میکروجلبک

تولید بیودیزل از میکروجلبک شامل سه مرحله پرورش میکروجلبک، استخراج روغن و تبدیل روغن به بیودیزل می‌شود. برای پرورش میکروجلبک از دو سیستم، حوضچه‌های رویاز و فتوبیوراکتور استفاده می‌کنند^[۶]. برای روغن‌گیری از پرس‌سرد و یا حاللهای شیمیایی بهره می‌گیرند. برای تبدیل روغن میکروجلبک به بیودیزل معمولاً از فرآیند ترانس استریفیکاسیون استفاده می‌شود^[۱۰ و ۱۲]. هر چند که می‌توان به کمک روش پیرولیز نیز روغن بدست آمده از میکروجلبک را به سوخت قابل استفاده در موتور تبدیل کرد که البته محصول نهایی بیودیزل نبوده و در واقع روغنی هست که وسکوزیته آن پایین آورده شده است^[۱۱]. در تحقیق حاضر امکان تولید بیودیزل از میکروجلیک از مرحله کشت تا تولید محصول نهایی که همان بیودیزل می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته است.

پرورش میکروجلبک: جلبک‌ها از دسته آغازیان و ساده‌ترین موجودات واجد کلروفیل هستند که با فتوستنتز مواد غیرارگانیک را به مواد ارگانیک تبدیل می‌کنند. میکروجلبک‌ها عموماً دارای سرعت رشد بالایی بوده و قابلیت تولید حجم روغن بالایی را دارند^[۱۲].

جدول ۲: میزان روغن برخی از میکروجلبک‌ها

نوع میکروجلبک	میزان روغن (درصد)
بوتوبیوسیوس ^۱	۲۵ - ۲۷
کلرلا ^۲	۲۸ - ۳۲
اسچیزوچیرتیوم ^۳	۵۰ - ۷۷
نیزتسچیا ^۴	۴۵ - ۴۷
نانوکلروفیسیس ^۵	۳۱ - ۶۸

[۶]

1) *Botryococeus*

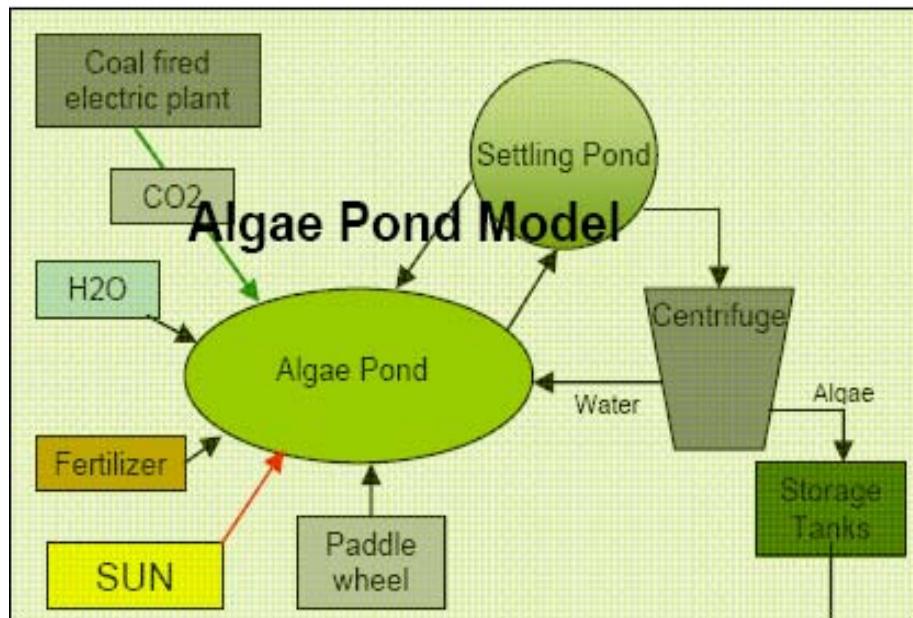
2) *Chlorella*

3) *Schizochytrium*

4) *Nitzschia*

5) *Nannochloropsis*

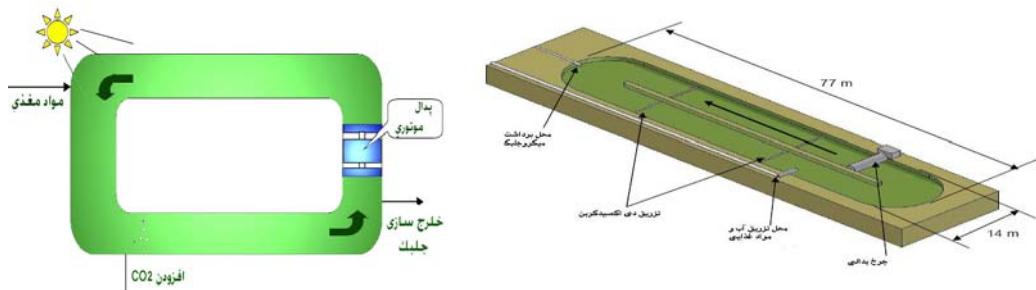
با استفاده از ارقام مرغوب میکروجلبک‌ها با سرعت رشد بالا می‌توان به میزان رogen بالاتری در سیستم‌های پرورش مصنوعی دست یافت ولی استفاده از ارقام بومی میکروجلبک‌ها به دلیل سازگاری بیشتر با محیط در اولویت قرار می‌گیرد. بیوماس حاصل از جلبک دارای یک فرمول کلی $\text{CO}_{0.48}\text{H}_{1.83}\text{N}_{0.11}\text{P}_{0.01}$ بوده و برای پرورش آن احتیاجات غذایی کمی مورد نیاز است. این مواد عبارتند از: نور، آب، دی‌اکسیدکربن، نمک و مواد مغذی مانند آهن، فسفر، نیترات. آب دریا به همراه املahi چون فسفات و نیترات و مقدار کمی مواد مغذی می‌تواند محیطی مناسب برای پرورش میکروجلبک باشد. نکته قابل توجه در مورد میکروجلبک‌ها استفاده از فاضلاب برای پرورش آن هست. به این ترتیب می‌توان هم مسئله آلودگی فاضلاب را با پرورش میکروجلبک‌ها برطرف نمود و هم یک منبع ارزان قیمت و رایگان برای تولید بیوماس میکروجلبک و در پی آن انرژی پیدا کرد[۶].



شکل (۱): مواد لازم برای پرورش میکروجلبک

میکروجلبک‌ها در طبیعت به فراوانی در محیط‌های مختلف یافت می‌شوند اما برای کشت و تولید آنها از دو روش عمدۀ استفاده می‌کنند: حوضچه‌های روباز و فتوبیوراکتورهای لوله‌ای[۵].

۱) حوضچه‌های روباز : این حوضچه‌ها عبارتند از یک سری کانال‌های رو باز و بهم پیوسته‌ای که عمدتاً از جنس سیمان می‌باشند. عمق حوضچه‌ها کم و تا حدود ۳۰ سانتیمتر هست تا نور به ته کانال‌ها نفوذ کند. در طراحی این حوضچه‌ها مساحت سطح نسبت به حجم آن حالت بحرانی‌تری دارد چون در این حوضچه‌ها مسئله دریافت نور فاکتور مهم و محدود کننده بحساب می‌آید. در این حوضچه‌ها برای گردش آب از چرخ‌های پدالی استفاده می‌شود. مواد غذی عمدتاً بعد از این چرخ پدالی به آب اضافه می‌شود و دی‌اکسیدکربن در پشت چرخ پدالی انجام می‌شود. از جمله معایب پرورش جلبک در حوضچه‌های میکروجلبک قبل از اتمام سیکل گردش در پشت چرخ پدالی انجام می‌شود. از جمله معایب پرورش جلبک با دیگر روباز می‌توان به تبخیر آب، عدم استفاده بهینه از دی‌اکسیدکربن، عملکرد پایین، آلودگی میکروجلبک با دیگر میکروارگانیزم‌ها اشاره کرد ولی پایین بودن هزینه‌های تولید و سادگی کاربرد آن در مقیاس وسیع از مزایای این روش می‌باشد[۵].



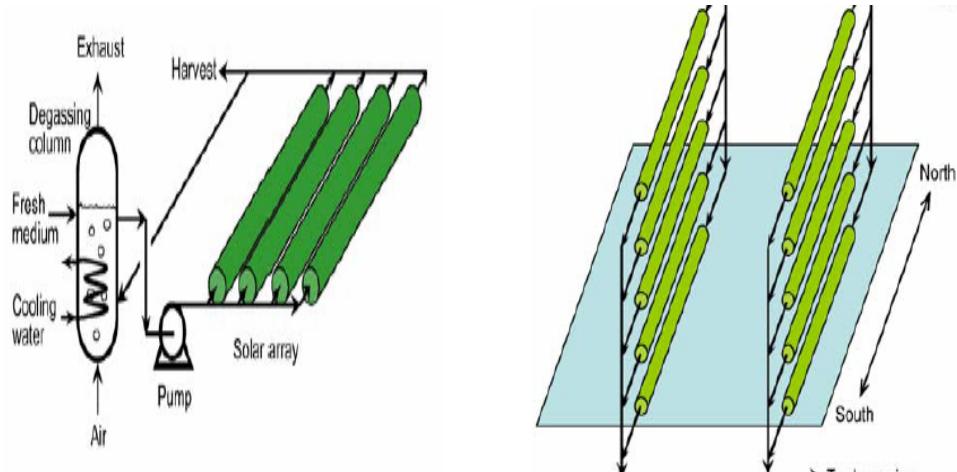
شکل (۲): حوضچه‌های روباز پرورش میکروجلبک

۲) فتوبیوراکتور : فتوبیوراکتورها شامل مدارهای بسته و پوشیده‌ای از آب می‌باشند که شرایط مناسبی برای رشد جلبک با عملکرد بالاتر بوجود می‌آورند. شکل فتوبیوراکتورها یا به صورت لوله‌های مارپیچ هست که عمدتاً در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا به صورت لوله‌های مستقیم که در واحدهای گلخانه‌ای به کار می‌روند[۱۵]. ساختمان فتوبیوراکتورها شامل لوله‌های شفاف پلاستیکی یا شیشه‌ای، کالکتورخورشیدی، مخزن، پمپ، خنک‌کننده و منطقه گازریابی برای خارج کردن اکسیژن، می‌باشد. لوله‌ها در سه شکل مارپیچی، استوانه‌ای و افقی قرار می‌گیرند. به دلیل اهمیت نفوذ نور خورشید و رسیدن آن به تمام بیomas میکروجلبک قطر لوله‌ها معمولاً از ۱۰ سانتی‌متر تجاوز نمی‌کند. طول لوله‌ها نباید

1) Raceway Ponds
2) Photobioreactor

بیش از ۸۰ متر باشد زیرا میکروجلبک‌ها در عمل فتوستتر خود اکسیژن آزاد می‌کنند و در صورت طولانی بودن طول لوله‌ها احتمال اکسیداسیون آنها وجود دارد البته طول موثر لوله‌ها به غلظت بیوماس، چگالی نور، سرعت جریان و غلظت اکسیژن داخل لوله‌ها بستگی دارد. ممکن است کالکتور خورشیدی (مکانی که لوله‌ها در آن قرار می‌گیرند تا نور خورشید را دریافت کنند) با ورقه‌های سفید پوشیده شود تا احتمال دریافت نور خورشید توسط لوله‌ها بیشتر باشد.

سیستم کاری فتوبیوراکتورها به این صورت می‌باشد که میکروجلبک اولیه که به عنوان مایه تلقیج شناخته می‌شود به همراه آب داخل مخزن ریخته می‌شود و از آنجا توسط پمپ به لوله‌هایی که در کالکتور خورشیدی قرار دارند هدایت و پمپاز می‌شود. مواد مغذی بعد از پمپ به آن افزوده شده و دی‌اکسید کربن در چندین مکان به داخل لوله‌ها تزریق می‌شود. برای اینکه اکسیژن موجود در داخل لوله‌ها باعث از بین رفتن میکروجلبک‌ها نشود در منطقه‌ای به اسم منطقه گازریابی^۱ اکسیژن از محلول کشت جدا می‌شود. همچنین سیستم ممکن است به یک خنک‌کننده نیز مجهز باشد تا دمای محیط کشت قابل کنترل شود. بهترین دما برای پرورش میکروجلبک‌ها بین ۲۰ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در انتهای لوله‌ها محلول کشت وارد یک مخزن بزرگ می‌شود و از آنجا برداشت انجام می‌گیرد که برای برداشت، می‌توان مخلوط آب و میکروجلبک را فیلتر کرده و یا از دستگاه‌های سانتریفوژ بهره برد[۶].

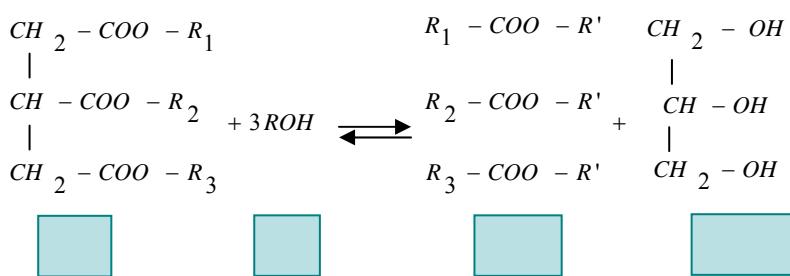


شکل (۳) : نمایی از فتوبیوراکتورهای مختلف

1) Degassing zone

روشهای استخراج روغن از میکروجلبک: روغن کشی از میکروجلبک‌ها به دو روش پرس سرد^۱ و استفاده از حلال^۲ صورت می‌گیرد. پرس سرد به دلیل اینکه عملکرد پایینی دارد امروزه در صنعت هم خیلی کم مورد استفاده قرار می‌گیرد. تا استخراج به کمک محلول با استفاده از حلال‌هایی که قادرند چربی را در خود حل کنند، انجام می‌گیرد. مهمترین حلالی که در صنعت استفاده می‌شود، حلال هگزان است البته از حلال‌های دیگری مثل اتانول و بتزن هم می‌توان استفاده کرد. میکروجلبک دارای دیواره سلولی بسیار سختی است بنابراین لازم است تا قبل از روغن کشی از آن، دیواره سلولی آن با روش مکانیکی (ساییدن به کمک ذرات شن) یا شیمیابی (استفاده از اسیدها) شکسته شود.^[۳]

روشهای تولید بیودیزل از روغن میکروجلبک: تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از روغن خالص در موتور، مناسب نیستند بنابراین لازم است تا ساختار زنجیره‌های هیدروکربنی روغن به اجزاء ساده‌تری شکسته شوند که این کار به روش‌های مختلفی مانند پیرولیز، میکرومولسیون و ترانس‌استریفیکاسیون انجام می‌گیرد.^[۴] از بین این روش‌ها، روش ترانس‌استریفیکاسیون^۳ به لحاظ سادگی کاربرد بیشتری دارد. این فرآیند شبیه به فرآیند هیدرولیز است با این تفاوت که به جای آب، الكل جایگزین می‌شود. بدین منظور مولکول‌های ترکیبات روغن یا چربی با یک الكل مانند مтанول و یا اتانول در حضور یک کاتالیزور اسیدی یا قلیایی شرکت کرده و OH⁻ الكل مورد استفاده جایگزین زنجیره هیدروکربنی موجود در روغن می‌شود. در نتیجه استرهایی با ساختمان مولکولی جدید به نام استرهای متیل یا اتیل اسید چرب بوجود می‌آید که تشابه زیادی با گازوئیل شماره ۲ دارند.^[۲] میزان کاتالیزور مصرفی برابر ۱/۰ درصد وزنی روغن می‌باشد. نسبت استوکیومتریک برای واکنش نسبت ۳ به ۱ مولی الكل به روغن است ولی عموماً در صنعت از نسبت ۶ به ۱ استفاده می‌کنند که این به دلیل اطمینان از پیشرفت سریع و انجام کامل واکنش بوده و از نظر اقتصادی نیز باصره می‌باشد. یکی از محصولات با ارزش در فرآیند ترانس‌استریفیکاسیون گلسرین است که در صنایع مختلف از جمله داروسازی و مواد آرایشی کاربرد دارد. در شکل(۱) فرآیند تبدیل روغن به بیودیزل نشان داده شده است.^[۸]



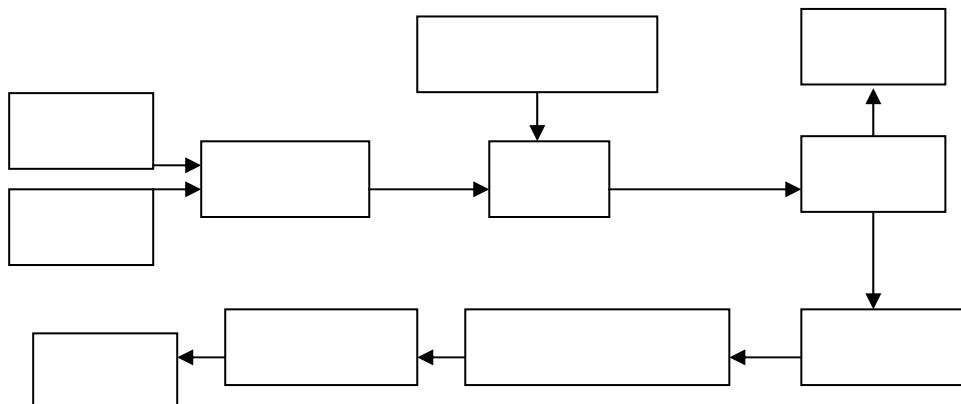
شکل (۴): فرآیند تبدیل روغن به بیودیزل

1) Cold press

2) Solvent

3) Transestrification

ترانس استریفیکاسیون از نظر اقتصادی با صرفه بوده و روش ساده تری می‌باشد معمولاً از این روش استفاده می‌کنند. این فرآیند شبیه تولید بیودیزل از سایر روغن‌های گیاهی می‌باشد.^[۱۰] در این فرآیند نیز یکی از محصولات فرعی با ارزش گلیسرین است که در مرحله جداسازی از محصول جدا می‌شود. برای خشک کردن بیودیزل بعد از مرحله شستشو از روش تبخیر در خلاء استفاده می‌شود.



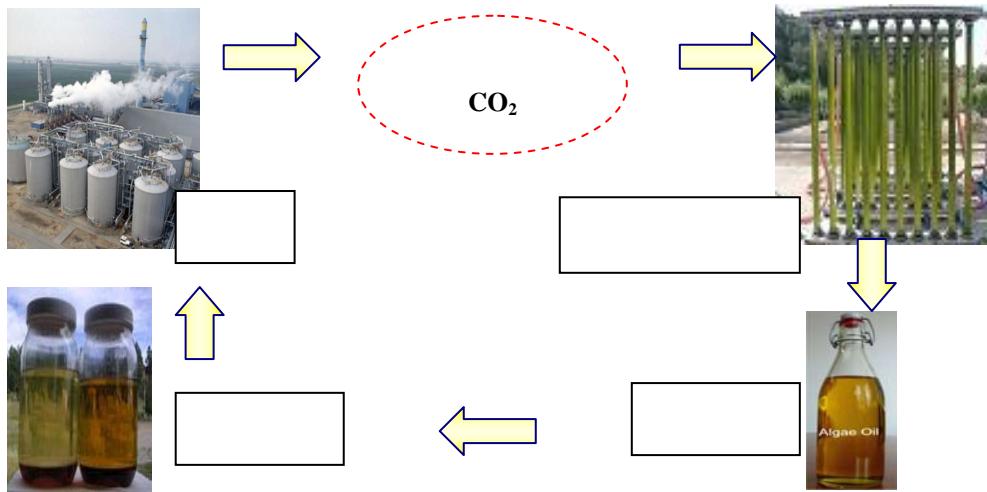
شکل (۵): فرآیند تولید بیودیزل از میکروجلبک

برای استفاده در موتور بهینه شده است [۱۱].

بحث و نتیجه گیری

میزان مصرف گازوئیل در ایران طبق آمار ارائه شده از طرف وزارت نفت برابر $30/55$ میلیارد لیتر در سال ۱۳۸۵ می باشد [۱۷] و از طرفی میزان مصرف روغن در ایران برابر $1/2$ میلیون تن هست که از این مقدار فقط $12/5\%$ آن در داخل تولید می شود و مابقی یعنی در حدود 850 هزار تن روغن گیاهی وارد کشور می شود [۱۴] لذا تولید سوخت جایگزین برای گازوئیل، از دانه های روغنی مناسب نیست. از طرف دیگر، با اتمام منابع سوخت های فسیلی و به وجود آمدن بحران انرژی در جهان، کشور ایران نیز با آن روبرو خواهد شد، بنابراین یافتن منابع جدید انرژی نه تنها انتخاب نیست بلکه یک الزام است. میکروجلبک ها این قابلیت را دارند که بتوانند به عنوان منبعی مطمئن برای انرژی مطرح باشند. میکروجلبک ها

رشد سریعی داشته به طوری که در مدت ۲۴ ساعت توده بیوماس به دو برابر افزایش می‌باید و قابلیت سازگاری با محیط‌های مختلف را دارند و حتی می‌توانند در آب و هوای سرد و خشن پرورش یابند. میکروجلبک‌ها می‌توانند در واحدهای کوچک تولید انرژی در خدمت کارخانجاتی که مقدار زیادی دی‌اکسیدکربن تولید می‌کنند، باشند. در یک سیستم تولید سوخت به کمک میکروجلبک، با طراحی یک واحد جذب دی‌اکسیدکربن می‌توان میکروجلبک را پرورش داد و سوخت بیو دیزل تولید نمود [۵].



شکل (۸) : سیستم تولید بیو دیزل از میکروجلبک در یک کارخانه

در تولید اقتصادی سوخت از جلبک، می‌توان از بیوماس باقیمانده از میکروجلبک روغن‌گیری شده، به عنوان غذای حیوانی و یا کود استفاده کرد و یا از آن به کمک تخمیر، الکل اتانول تولید کرد. همچنین از گلیسیرین تولید شده در عملیات ترانس‌استریفیکاسیون می‌توان در صابون‌سازی و یا صنایع آرایشی استفاده کرد. جهت کاهش هزینه‌های تولید می‌توان از آب دریا به همراه بعضی از مواد مغذی مانند فسفات و نیترات جهت محیط کشت میکروجلبک استفاده کرد. همچنین از فاضلاب برای تغذیه میکروجلبک می‌توان بهره گرفت. با طراحی فتوپیوراکتورهای مناسب می‌توان سرعت رشد میکروجلبک را افزایش داده و از مرگ و میر آن جلوگیری کرد. به کمک علم ژنتیک می‌توان تغییراتی از قبیل، افزایش فتوستتر موثر برای افزایش عملکرد بیوماس، افزایش سرعت رشدی بیوماس، افزایش حجم روغن بیوماس، بهبود محدوده دما برای کاهش هزینه‌های خنک کردن، حذف پدیده اشباع نوری، کاهش قابلیت فتوکسیداسیون که باعث آسیب سلول‌ها می‌شود، را انجام داد تا هزینه‌های تولید را کاهش داده و قابلیت میکروجلبک‌ها را افزایش دهیم [۶].



منابع

- [۱] کوچکی. ع، "کارایی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۱۵۸، ۱۳۷۸.
- [۲] نجفی، ب. پیروزپناه، و. قبادیان، ب. ۱۳۸۵، "فرآیند احتراق و آلایندگی موتور دوگانه سوز با استفاده از سوخت گاز طبیعی و بیودیزل"، رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۳] پروانه، و، "کنترل کیفی و آزمایش‌های مواد غذایی"، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۴۸، ۱۳۷۱.
- [4] A.H. Scragg, J. Morrison, S.W. Shales. 2003. "The use of a fuel containing Chlorella vulgaris in a diesel engine". Faculty of Applied Sciences, Centre for Research in Environmental Systems, Pollution and Remediation, University of the West of England, Frenchay, Bristol BS16 1QY, UK.
- [5] A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: "Biodiesel from Algae".
- [6] Yusuf Chisti .13 February 2007. "Biodiesel from microalgae". New Zealand, Institute of Technology and Engineering, Massey University.
- [7] Weing.Z, "production of sunflower oil ethyl ester for use as a Biodiesel fuel", Canada,Toronto university,2000.
- [8] J.Van Gerpen, B. Shanks, and R.Pruszko. 2004. Biodiesel Analytical Methods, Subcontractor Report, Iowa State University
- [9] Sazdanof,N. and Guezenec,Y. 2006. "Modeling and Simulation of the Algae to Biodiesel Fuel Cycle". Ms.c thesis, Department of Mechanical Engineering, The Ohio State University, USA.
- [10] Xu,H. and Miao,X. and Wu,Q. 2006. "High quality biodiesel production from a microalga Chlorella protothecoides by heterotrophic growth in fermenters". Jurnal of Biotechnology 126, pp.499-507.
- [11] Xiaoling Miao, Qingyu Wu, Changyan Yang. "Fast pyrolysis of microalgae to produce renewable fuels". 2003. Department of Biological Sciences and Biotechnology, Tsinghua University, PR China c Institute of Process Engineering.
- [12]<http://www.mardoman.com/diet/algae.aspx>
- [13]<http://rifr.blogfa.com/cat-2.aspx>
- [14]<http://www.hamshahrionline.ir/News/?id=9233>
- [15] E. Molina, J.Fernaández, F.G. Acíén, Y.Chisti. 2000. "Tubular photobioreactor design for algal cultures". Department of Chemical Engineering, University of Almería, E-04071 Almeria, Spain.
- [16]<http://www.farsnews.com/newstext.php?nn=8612250285>

تحلیل عددی عملکرد بادگیرها به عنوان سیستم‌های سرمایش انفعالی در مناطق گرم و خشک

محسن مزیدی^۱، محمد مزیدی^{۲*}

چکیده:

بادگیرها برج‌های کوچکی هستند که برای تهویه طبیعی ساختمان‌ها در مناطق گرم و خشک ایران از زمان‌های قدیم بکار می‌رفته‌اند. با وزش باد، هوا وارد ستون بادگیر شده، گرمای هوا به سطوح داخلی دیواره بادگیر منتقل و در نهایت هوای خنک وارد ساختمان می‌شود. مهمترین مزیت بادگیرها خنک سازی هوا بدون بکارگیری انرژی الکتریکی است. در این مقاله عملکرد بلندترین بادگیر جهان (بادگیر باغ دولت آباد یزد) با به کارگیری یک بسته نرم افزاری دینامیک سیالات محاسباتی مورد مطالعه قرار گرفته است. توزیع دما، فشار و سرعت هوا در طول ستون بادگیر بدست آمده که معادلات ترمودینامیکی، مکانیک سیالاتی و انتقال حرارتی حاکم برای تخمین عملکرد این بادگیر بکار گرفته شده است. در نهایت نتایج بدست آمده در نمودارهایی ارائه گردیده است.

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۸۷/۴/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۸۷/۷/۹

کلمات کلیدی:

بادگیر، سرمایش انفعالی، تهویه مطبوع سنتی، تحلیل عددی، ساختمان

^{۱)} یزد، بافق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافق، گروه مهندسی مکانیک، هیئت علمی، کارشناس ارشد مدیریت انرژی.

mazidi_mohsen@yahoo.com

^{۲)} دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، تبدیل انرژی.

مقدمه

از جمله پدیده‌های چشمگیر در ساختمان‌های روزگاران گذشته ایران، بنای بادگیر است که مخصوصاً در شهرهای کویری و دشت و هامون‌های بادخیز بر فراز ساختمان‌ها ساخته می‌شده و برخی اشخاص آنرا بیش از فایده تهווیه از جنبه تزئینی مهم می‌پندازند. شهرها و مناطقی که در حاشیه کویر قرار دارند دارای ساختار مخصوص به خود هستند. از شرایط اقلیمی حاکم بر آن جا می‌توان به آفتاب سوزان، خنکی هوا در شب، کم بودن بارش نزولات آسمانی، وزش بادهای شدید و همچنین وجود تفاوت محسوس دما بین آفتاب و سایه اشاره نمود. مردمی که در این نواحی زندگی می‌کنند تدبیر خاصی برای مقابله با این شرایط اقلیمی اندیشیده‌اند که می‌توان متمرکز نمودن اماکن و بناها در یک جا، ساخت آب انبارها، حفر قنات و همچنین ایجاد کوچه‌های نسبتاً باریک و گاه سرپوشیده با تاق‌های قوسی را نام برد. اگر خانه‌های قیمه‌ی را با ساختمان‌های امروزی مقایسه کنیم درمی‌باییم که در خانه‌های قدیمی دیوارها بلند و ضخیم بوده، مصالح بکار رفته در آنها خشت و گل است. ولی در ساختمان‌های امروزی دیوارها دارای ضخامتی کمتر و کوتاه‌تر هستند و مصالح کمتری در آنها بکار رفته و ساختمانها سبکتر شده‌اند. در نتیجه در ساختمان‌های قدیمی بهای ساخت بالا و مخارج نگهداری و گرم و سرد کردن سرده‌کردن محیط پایین است ولی در ساختمان‌های امروزی بهای ساخت پایین تر و مخارج نگهداری و گرم و سرد کردن محیط بالاتر است [۱]. در حقیقت بادگیرها در عین زیبایی و زینت بخشیدن به ساختمانها، نقش بس ارزنده در چگونگی تهווیه فضای درونی ساختمانها و خنک کردن سرداهها و آب انبارها دارند. آنها برجهایی هستند که با توجه به نحوه ساختمان ویژه خود جریان طبیعی هوا را به داخل بناهای مختلف هدایت می‌کنند و از مصادیق بارز استفاده‌هایی از انرژی‌های پاک محسوب می‌شوند [۲].

پیشینه معماری بادگیر

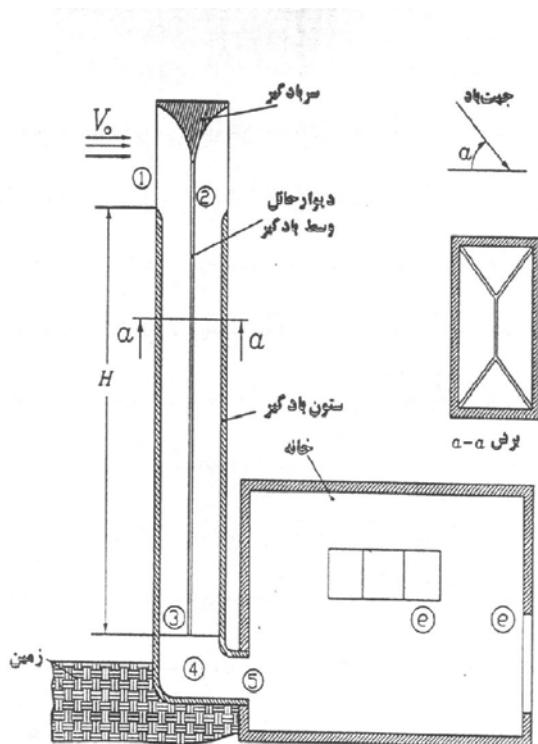
بادگیرها سازه‌های سنتی در معماری اصیل ایران هستند که با عملکردی یکسان، ساختارهای گوناگونی دارند. بررسی بادگیرهای موجود در نقاط مختلف ایران نشان می‌دهد که تفاوت‌های ساختاری آنها از نیاز اقلیمی و تکامل معماری سرچشم‌هه گرفته است [۳]. با مطالعه در ساختمان بادگیرها می‌توان بادگیرها را به سه دسته تقسیم نمود که عبارتند از بادگیر اردکانی، بادگیر کرمانی و بادگیر یزدی [۴].

بادگیر اردکانی بیشتر در منطقه اردکان دیده می‌شود که جهت چشم‌های بادگیر رو به باد مطبوع اصفهانی بوده و از سمت غرب، شرق و جنوب منفذی ندارد. ساختار این بادگیرها از لحاظ معماری ساده و از لحاظ اقتصادی مقرن به صرفه است. در بعضی از شهرهای جنوبی ایران مانند بندرعباس، بندر بوشهر و غیره که در مجاورت دریا می‌باشند، بادگیرهای یک طرفه ای رو به دریا ساخته شده اند تا بادهایی را که از روی آب گذشته و بصورت نسیم خنکی در می‌آیند به فضای داخلی ساختمان انتقال دهند [۵].

بادگیرهای کرمانی از نظر معماری ساده و تقریباً کوچک هستند و چون دو طرفه می‌باشند به آنها بادگیر دوقلو نیز می‌گویند. کارکرد این بادگیرها نسبت به بادگیرهای اردکانی دقیق‌تر است زیرا فشار باد از یک طرف، موجب تخلیه سریع هوای گرم و آلوده از طرف دیگر می‌گردد. ضمناً بادگیر بیشتر آب انبارها را از نوع بادگیر کرمانی می‌سازند [۶].
بادگیر یزدی که از سایر انواع بادگیرها بزرگ‌تر است معمولاً بصورت چهار طرفه ساخته می‌شود و ارتفاع آن زیاد می‌باشد. این نوع بادگیر از نظر معماری از سایر انواع بادگیرها پیچیده‌تر و زیباتر بوده که زیباترین و بلندترین بادگیر از این نوع، بادگیر باغ دولت آباد یزد است [۷].

بررسی نحوه عملکرد بادگیرها

همانطورکه در شکل (۱) مشخص است یک بادگیر از سه قسمت اصلی شامل سربادگیر، ستون بادگیر و زانوبی‌های هدایت کننده تشکیل شده است [۸].



شکل (۱): نمای یک بادگیر

عملکرد شبانه و روزانه بادگیر در زمانیکه سرعت باد صفر است: درشب به علت پایین بودن دمای محیط و تشعشع حرارتی از سطح دیوارهای خارجی بادگیر به آسمان، مقداری انرژی سرمایی در جرم ساختمان بادگیر ذخیره می گردد. در ساعات اولیه صبح روز آینده، در اثر نیروی شناوری مقداری هوا وارد ساختمان می شود. در اوایل شب به علت گرم بودن دیوارهای بادگیر، چگالی هوای داخل ستون بادگیر نسبت به چگالی هوای محیط کم می شود، در اثر این اختلاف چگالی، هوا از داخل بادگیر به محیط هدایت می شود.

در اثر تشعشع خورشید در طی روز، دمای دیوارهای بادگیر بالا می رود و هوای داخل ستون بادگیر نسبت به هوای محیط سبک تر می گردد. بنابراین هوای داخل ساختمان از طریق بادگیر به محیط هدایت می شود. در واقع در این حالت بادگیر مانند یک دودکش عمل می کند [۹].

عملکرد بادگیر زمانی که باد با سرعت مناسبی بوزد: درهنگام وزش باد، هوای خنک در شب از طریق خود بادگیر وارد ساختمان می شود و در اوایل صبح نیز هوا با عبور از ستون بادگیر که در شب قبل مقداری انرژی سرمایی در خود ذخیره کرده، خنک می گردد. در روز نیز هوا با کمی تغییرات درجه حرارت وارد ساختمان می شود [۹].

تحلیل عددی عملکرد بادگیر نمونه (بادگیر باغ دولت آباد یزد)

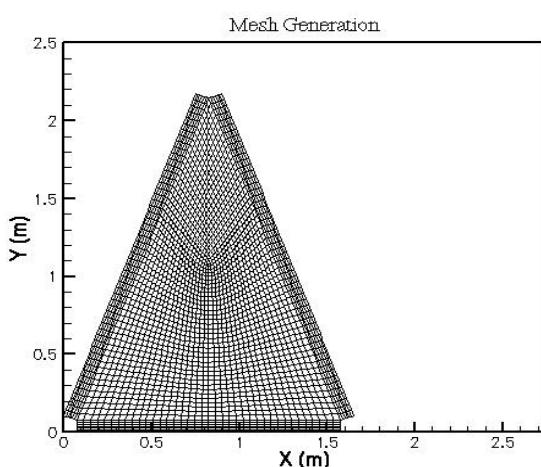
در این قسمت به تحلیل عددی بادگیر نمونه (بادگیر باغ دولت آباد یزد) به کمک نرم افزار Fluent می پردازیم. این بادگیر دارای هشت کانال ورودی هوا می باشد که در اینجا یک کانال به علت تشابه کانال‌ها، عنوان کانال مرجع مورد بررسی قرار گرفته است.

کانال مورد نظر یک منشور مثلث القاعده بوده که اندازه قاعده آن $1/5$ متر و اندازه ساق آن $2/2$ متر و ارتفاع آن $23/8$ متر است. اتفاقی نیز در زیر بادگیر قرار دارد که دارای طول 6 متر، عرض 4 متر و ارتفاعی برابر با $2/5$ متر است. درست در زیر بادگیر حوضچه هشت گوشی قرار گرفته که طولی برابر با $1/75$ متر و عمقی برابر با $0/75$ متر دارد. جنس بادگیر از خشت و گل(کاهگل) و ضخامت دیواره بیرونی آن $8/0$ متر می باشد. در این تحلیل سیال در نظر گرفته شده (جریان یافته در درون بادگیر) هوای خشک ($R.H=0\%$) می باشد.

شکل (۲) نمایشی از مش بندی سطح مقطع کانال مورد نظر را نشان می دهد که از نوع مش مربعی می باشد. در این مش بندی علاوه بر حجم کنترل بادگیر، دیواره بیرونی بادگرینیز مش بندی شده است. تعداد مش زده برای حجم کنترل بادگیر 103740 عدد و برای دیواره ها 53280 عدد می باشد.

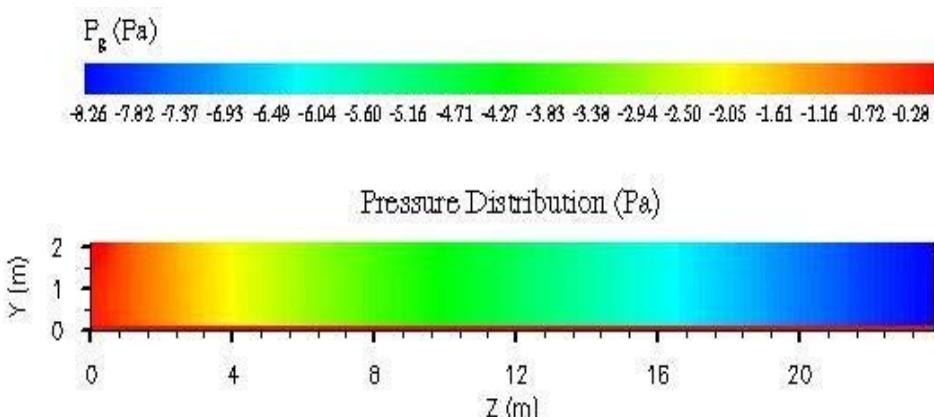
در این تحلیل برای نمایش تغییرات سرعت، دما و غیره از دو نوع مقطع یا برش، یکی موازی با صفحه XY و دیگری عمودی بر صفحه XY استفاده شده است.

مقطع‌های موازی با صفحه XY، ۷ عدد می‌باشد که هر کدام به فاصله ۰۴ متر از یکدیگر قرار دارد. تنها مقطع آخری در پایین بادگیر به فاصله ۳/۸ متر از مقطع بالایی خود قرار گرفته است. این مقاطع از شماره ۱ تا ۷ شماره گذاری شده‌اند.



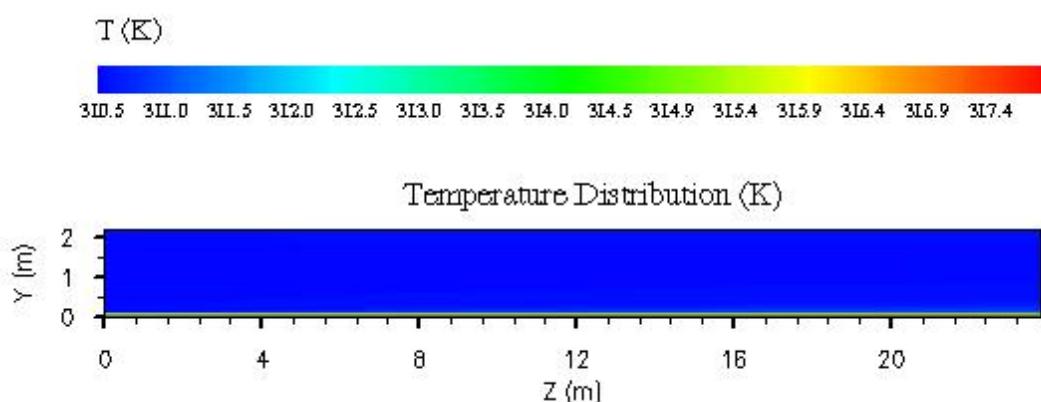
شکل(۲): مش بنده کاتال ورودی هوا

شکل (۳) تغییرات فشار هوا را در طول ستون بادگیر نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۳) مشخص است که میزان تغییرات فشار در طول ستون بادگیر حدود ۸ پاسکال بوده و بدليل همین اختلاف فشار، هوا در داخل ستون بادگیر جریان می‌یابد. همچنین با توجه به سرعت هوا ورودی در کل ستون بادگیر فشار منفی است.



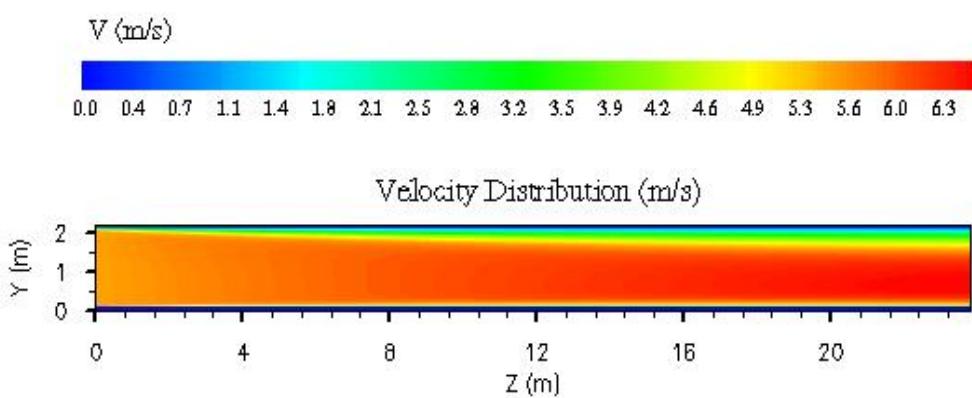
شکل (۳): توزیع فشار در طول ستون بادگیر

شکل (۴) تغییرات دمای هوا را بر حسب درجه کلوین در طول ستون بادگیر نشان می دهد. این نمودار با فرض دمای هوا ورودی ۳۷ درجه سانتیگراد (۳۱۰/۴ درجه کلوین) بدست آمده است. با توجه به شکل مشاهده می شود که دمای هوا در طول بادگیر تقریباً ثابت بوده و دمای هوا ورودی به ساختمان از طریق بادگیر تقریباً برابر با دمای محیط می باشد که برای مناطق گرم و خشک مناسب نیست.

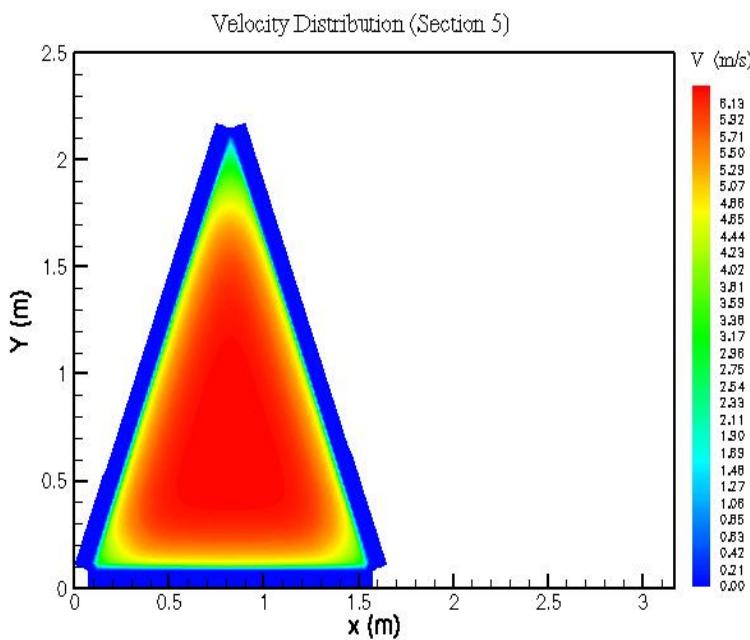


شکل (۴): توزیع دما در طول ستون بادگیر

شکل (۵) تغییرات سرعت هوا را در طول ستون بادگیر نشان می دهد. همانطور که انتظار می رود سرعت هوا در طول ستون بادگیر تغییرات زیادی ندارد. همچنین شکل (۶) بطور نمونه توزیع سرعت را در یک مقطع دلخواه موازی صفحه XY (مقطع شماره ۵) نمایش می دهد. در این شکل‌ها نحوه توزیع سرعت و تشکیل لایه مرزی کاملاً مشخص است.



شکل (۵): تغییرات سرعت هوا در طول ستون بادگیر



شکل (۶): تغییرات سرعت در مقطع موازی

نتیجه گیری

بادگیرها ساختمانهای کوچکی هستند که در آنها در اثر وزش باد، هوا از دهانه هایی که در سر بادگیر تعییه شده است وارد ستون بادگیر شده و پس از تبادل حرارت با سطوح داخلی دیوارهای آن وارد ساختمان می‌گردد. در واقع بادگیرها بدون استفاده از انرژی الکتریکی هوای ساختمان را تا حدی خنک می کنند. در اینجا با استفاده از نرم افزار Fluent عملکرد بزرگترین بادگیر جهان مورد مطالعه قرار گرفته و توزیع دما، فشار و سرعت در مقاطع مختلف در طول ستون بادگیر بدست آمده است. با توجه به این نتایج دیده می شود که بادگیرهای سنتی با توجه به عملکردی که دارند، دارای معایبی نیز هستند که از آنجمله می توان به موارد زیر اشاره نمود.

در بادگیرهای سنتی دمای هوای ورودی به ساختمان از طریق بادگیر، تقریباً برابر با دمای محیط می باشد. مثلاً در ساعت ۳ بعدازظهر یک روز گرم تابستانی که دمای محیط برابر با ۳۷ درجه سانتیگراد است، دمای هوای ورودی به داخل ساختمان در حدود همین درجه حرارت است. این دما نمی تواند آسایش حرارتی را برای ساکنان داخل ساختمان تامین نماید. تنها عامل موثر پایین آوردن دمای هوا در بادگیر، پایین بودن دمای هوا در شب و تشعشع حرارتی دیوارهای خارجی ساختمان بادگیر به آسمان است، که از طریق ذخیره سازی انرژی برودتی در جرم ساختمان بادگیر صورت گرفته و در روز آینده مورد استفاده قرار می گیرد. به علت محدود بودن جرم مصالح ساختمان بادگیر، این ذخیره سازی انرژی دارای



محدودیت است و به علت سطح انتقال حرارت زیاد و جریان جرمی زیاد هوا، این ذخیره انرژی پس از مدت کوتاهی به مصرف می‌رسد و بعد از بالا رفتن دمای هوای محیط و تشعشع خورشید در ساعات اولیه روز، دمای جرم ساختمان افزایش می‌یابد و بنابراین در اغلب ساعات شباهنگ روز نمی‌توانیم دمای هوای خنک تری از دمای محیط داشته باشیم. همچنین وقتی که سرعت باد کم باشد، بادگیرها نمی‌توانند مقدار هوای مورد نیاز را جهت آسایش برودتی تامین نمایند و در صورت نوزیدن باد، فقط در ساعات اولیه روز مقدار کمی جریان هوا در اثر نیروی شناوری وارد ساختمان می‌شود. در مناطقی که باد مطلوب جهت خاصی ندارد، از بادگیرهای سه یا چهارجهته استفاده می‌شود. قسمتی از هوایی که از یک دهانه وارد بادگیر می‌شود توسط دهانه دیگر بادگیر خارج می‌شود و به همین دلیل مقدار عمدۀ ای از هوا که باید وارد ساختمان شود به هدر می‌رود [۸-۹].

منابع

- [۱] فتحی، ح، "ساختمان سازی با مردم"، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۲، ص ۹۹-۹۳.
- [۲] توسلی، م، "معماری اقلیم گرم و خشک"، انتشارات مروی، ۱۳۵۳، ص ۷۲-۷۱.
- [۳] مزیدی، م، دهقانی، ع، "تعیین جریان کلی هوا در بادگیرها به عنوان عاملهای تهویه مطبوع ستی در ساختمان‌های قدیمی"، مجله نامه مکانیک شریف، شماره ۸، تابستان ۱۳۷۹، ص ۶۵-۵۸.
- [۴] شریعت زاده، ع، "نقش بادگیر در ناحیه جنوبی دشت کویر استان یزد"، همايش تاریخ معماری و شهرسازی ایران، تهران، مهر ۱۳۷۴، ص ۲۲۰-۲۲۶.
- [۵] زمرشیدی، ح، "معماری ایران، اجرای ساختمان سنتی"، انتشارات زمرد، ۱۳۷۳، ص ۱۲۳-۱۱۹.
- [۶] پیرنیا، م.ک، "بادگیر و خیشخان"، مجله باستان‌شناسی و هنر ایران، شماره ۴، ۱۳۴۸، ص ۵۱-۴۳.
- [۷] مصطفوی، م.ت، "بادگیرها پدیده‌های سهل و ممتنع در معماری اصیل ایران"، انتشارات جدائنه، جلد اول، ۱۳۷۱، ص ۳۳۷-۳۳۴.
- [۸] پاکزاده، ا.ر، "تحلیل دو نوع بادگیر جدید برای شرایط اقلیمی ایران و مقایسه آن با بادگیرهای متداول"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (تبديل انرژی)، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۸.
- [۹] مزیدی، م، "تعیین کارایی بادگیرهای مسجد دانشگاه یزد به روش تجربی و تحلیلی"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (مدیریت انرژی)، دانشکده انرژی، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، ۱۳۸۴.

آنالیز اکسرژی اجزای سیکل نیروگاه بخار

احسان بافرپور^۱، محمدحسین بابایی^۲، محمدرضا حیرانی نوبری^۳

چکیده:

در این مقاله اجزای سیکل بخار نیروگاه حرارتی لوشان با سوخت گاز طبیعی از نظر اکسرژی مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفته‌اند و دو عامل تلفات و بازده اکسرژی که معیارهای عینی برای ارزیابی سیستمها می‌باشند، برای اجزای سیکل بخار محاسبه گردیده است.

نتایج بررسی نشان می‌دهد که دیگ بخار نیروگاه که شامل فرآیند انتقال حرارت و احتراق می‌باشد مهمترین عامل نابودی اکسرژی می‌باشد.

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۸۷/۳/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۸۷/۴/۱

کلمات کلیدی:

تحلیل اکسرژی، انرژی
نابسامان، بازگشت ناپذیری،
بازده، تلفات.

(۱) دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی مکانیک، کارشناس ارشد e.bafekrpour@gmail.com

(۲) دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی مکانیک، کارشناس ارشد

(۳) دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی مکانیک، کارشناس ارشد، دانشیار mrnobari@aut.ac.ir

مقدمه

تحلیل اکسرژی سیستم‌های ترمودینامیکی از جمله مباحث نظری جدیدی می‌باشد که در دو دهه اخیر به تدریج توسعه یافته و بخش مهمی از مباحث نظری کتابهای ترمودینامیک پیشفرته را به خود اختصاص داده است.

از جمله عواملی که باعث توسعه این تحلیل گردیده است استفاده از قانون دوم ترمودینامیک جهت بیان نمودن کارکرد دقیق و بهینه یک سیستم می‌باشد که این امر با تحلیل عوامل بازگشت ناپذیری که منجر به نابودی اکسرژی و کاهش بازده می‌شود، بیان می‌گردد.

از آنجا که اکسرژی دسترسی به حداقل کار مفیدی تعریف می‌شود که در ضمن رسیدن به تعادل با شرایط محیط از انرژی نابسامان (disordered Energy) گرفته شود^[۴] و با توجه به اینکه انواع مختلف انرژی بطور مستقیم در ترموهای اکسرژی در نظر گرفته می‌شوند^[۴] می‌توان گفت که بازده اکسرژی یک معیار عینی و دقیق برای ارزیابی سیستم‌های ترمودینامیکی است.

روش تحلیل اکسرژی توسط کوتاس و زاگورت^[۴] (Kotas, Zsargut) برای آنالیز حرارتی، شیمیایی و متالورژیک نیروگاهها به کار رفته است و از دیاگرام‌های گراسمن (Grassman) که در آن هر جریان با مقدار اکسرژی خود مشخص شده، برای تعیین اکسرژی جریان در سیستم استفاده می‌شود و مباحث اقتصاد گرمایی و بهینه‌سازی‌های اقتصادی سیستم‌های ترمودینامیکی توسط کوتاس^[۴] مطرح شده است.

اکسرژی و مفاهیم وابسته

برای بیان اکسرژی و مفهوم راندمان قانون دوم ذکر مقدماتی از روابط ترمودینامیکی به همراه بازنگرشی به ترمودینامیک ضروری می‌باشد.

انرژی به صورت‌های مختلف با مشخصات و کیفیت‌های منحصر بفرد خود آشکار می‌شود. کیفیت انرژی به معنی ظرفیت و توانایی آن برای تغییر می‌باشد به معنی ظرفیت و توانایی آن برای تغییر می‌باشد. به عنوان مثال توانایی تأثیرگذاری 10^0 کار به صورت انرژی الکتریکی بیش از توانایی تأثیرگذاری 10^0 انرژی در دمای k و آن نیز بیش از ظرفیت و توانایی 10^0 انرژی در دمای $k = 400$ است.

هر کدام از صورت‌های مختلف انرژی می‌تواند بسامان یا نابسامان باشد که برای هر نوع درجه‌های از بی‌نظمی وجود دارد. آنتروپی یک معیار میکروسکوپیک برای اطلاع یافتن از درجه بی‌نظمی یک سیستم می‌باشد و نیز یک معیار برای دانستن اینکه چقدر می‌توان برای انجام کار بوسیله یک سیستم مورد نظر مطمئن بود^[۴].

انرژی‌های بسامان قابلیت تبدیل شدن کامل را به کار دارند و دارای مشخصه‌های زیر می‌باشند:

- (۱) تبدیل شکل بسامان انرژی به شکل دیگر آن اگر بصورت برگشت‌پذیر اتفاق بیافتد، تبدیل کامل و بدون اتلاف خواهد بود.

نشریه انرژی ایران

۴۹

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

- (۲) تبدیل یک شکل از این انرژی به شکل دیگر آن، خود را به صورت کار نمایان می‌کند نه به صورت گرمایش، کار انرژی بسامان در حال انتقال است.
- (۳) انتقال بازگشت پذیر این شکل از انرژی بدون تغییر در آنتروپی صورت می‌گیرد و تنها به کمک قانون اول قابل بررسی می‌باشد و نیازی به تحلیل قانون دوم نمی‌باشد.
- (۴) لحاظ کردن پارامترهای محیط در تحلیل کار مربوط به این نوع انرژی لازم نیست.
انرژی پتانسیل که می‌تواند در یک میدان گرانشی، الکتریکی یا مغناطیسی ذخیره شود- انرژی کرنش مربوط به خاصیت الاستیک مواد- انرژی جنبشی منظم مربوط به دسته‌ای از ذرات مانند یک حلقه دوار که تمام اجزایش در یک جهت در حال گردش‌اند و یا یک جت منظم آب، مثال‌هایی از انرژی بسامان می‌باشند.
انرژی درونی مواد- تابش گرمایی و انرژی شیمیایی و انرژی مربوط به حرکات مشوش و تصادفی ذرات یک سیال از انواع انرژی نابسامان می‌باشند.
- برای دسترسی به حداکثر کار قابل دسترسی از یک انرژی نابسامان باید به موارد زیر توجه شود:
- (۱) فرآیند کاملاً بازگشت پذیر باشد.
- (۲) حداکثر کار قابل دسترسی برای یک فرآیند به مشخصه خود فرآیند و محیط اطراف وابسته است.
- (۳) بررسی فرآیند نیازمند قانون دوم ترمودینامیک است.
- (۴) تبدیل این صورت از انرژی به فرم‌های دیگر با تغییرات آنتروپی همراه است.
برای بیان کیفیت انرژیهای نابسامان لازم است که یک مرجع معروف شود تا بتوان نسبت به آن مرجع کیفیت انرژی معین را مشخص نمود. آن مرجع حداکثر کاری است که از انرژی نابسامان می‌توان گرفت تا به شرایط محیط اطراف برسد.
به آن کار حداکثر اکسرژی می‌گویند.
- می‌توان گفت که بالانس انرژی، بالانس بقای انرژی و بالانس اکسرژی، بالانس کیفیت انرژی یا تنزل انرژی است.
تنزل کیفیت انرژی برابر اتلاف بازگشت ناپذیر مربوط به تمامی فرایندهای واقعی است.

قانون اول ترمودینامیک:

$$\frac{dE}{dt} = \sum_{i=0}^n \dot{Q}_i - \dot{W} + \sum_{in} \dot{mh} - \sum_{out} \dot{mh} \quad (1)$$

قانون دوم ترمودینامیک:

$$\dot{S}_{gen} = \frac{ds}{dt} - \sum_{i=0}^n \frac{Q_i}{T_i} - \sum_{in} \dot{ms} + \sum_{out} \dot{ms} \geq 0 \quad (2)$$



در روابط بالا مطالپی (Metalpy) (\dot{h}) برابر است با $T_0, h + \frac{V^2}{2} + gz$ دمای محیط، E انرژی درونی، S آنتروپی و \dot{Q}, \dot{W} نرخ انتقال کار و گرما هستند و روابط برای یک سیستم باز که با چند منبع حرارتی در تماس است صادق می‌باشند. جهت ترکیب کردن قانون اول و دوم و دستیابی به عبارتی جهت محاسبه نرخ انتقال کار، مقدار \dot{Q}_0 را ثابت در نظر گرفته و این مقدار را بین دو معادله (۱) و (۲) حذف می‌کنیم [۱].

$$\begin{aligned} \dot{W} = & -\frac{d}{dt}(E - T_0 S) + \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{T_0}{T_i}\right) \dot{Q}_i \\ & + \sum_{in} \dot{m}(\dot{h} - T_0 S) - \sum_{out} \dot{m}(\dot{h} - T_0 S) - T_0 \dot{S}_{gen} \end{aligned} \quad (۳)$$

نتیجه رابطه فوق که از ترکیب قانون اول و دوم بدست آمده این است که هرگاه سیستمی بصورت بازگشت ناپذیر عمل کند کار را با نرخی متناسب با نرخ تولید آنتروپی از بین خواهد برد $(T_0 \dot{S}_{gen})$. در صورتی که فرآیند بازگشت پذیر باشد $(\dot{S}_{gen} = 0)$ ، نرخ انتقال کار ماکزیمم خواهد بود و می‌توان نوشت:

$$\dot{W} = \dot{W}_{rev} - T_0 \dot{S}_{gen} \quad (۴)$$

کار از بین رفته به واسطه بازگشت ناپذیری ترمودینامیکی $(\dot{W}_{rev} - \dot{W})$ کار در دسترس تلف شده نامیده می‌شود. نسبت بین کار در دسترس تلف شده و تولید آنتروپی، قانون کار تلف شده را به وجود می‌آورد و می‌توان نوشت:

$$\dot{W}_{lost} = T_0 \dot{S}_{gen} \quad (۵)$$

همانطور که گفتیم کار انرژی بسامان در حال انتقال است و هر میزان از کار برابر میزان اکسرژی آن خواهد بود- در صورت عدم وجود کار اتمسفر- و به طور کلی داریم:

$$\begin{aligned} \dot{E}_w &= \dot{W} - P_0 \frac{dv}{dt} \\ \dot{E}_w &= -\frac{d}{dt}[E + P_0 V - T_0 S] + \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{T_0}{T_i}\right) \dot{Q}_i \\ &+ \sum_{in} \dot{m}(\dot{h} - T_0 S) - \sum_{out} \dot{m}(\dot{h} - T_0 S) - T_0 \dot{S}_{gen} \end{aligned} \quad (۶)$$

در بیشتر سیستم‌های دارای اهمیت از لحاظ مهندسی که جریان ورودی و خروجی دارد، کار اتمسفر وجود $(P_0 \frac{dv}{dt})$ داشته و هر میزان از کار دقیقاً برابر میزان اکسرژی آن است. [۱].

حداکثر اکسرژی مربوط به انتقال کار [۲]

$$\begin{aligned} \dot{E}_w &= \dot{W}_{rev} - p_0 \frac{dv}{dt} \\ &= -\frac{d}{dt} [E + P_0 V - T_0 S] + \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{T_0}{T_i}\right) \dot{Q}_i \\ &\quad + \sum_{in} \dot{m}(\dot{h} - T_0 S) - \sum_{out} \dot{m}(\dot{h} - T_0) \end{aligned} \quad (7)$$

در رابطه فوق عبارت‌های سمت راست تساوی به ترتیب عبارتند از: مجموع اکسرژی سکون، انتقال اکسرژی به واسطه انتقال حرارت، اکسرژی جریان ورودی به واسطه انتقال جرم، اکسرژی جریان خروجی به واسطه انتقال جرم.

اکسرژی مربوط به انتقال گرما

اکسرژی مربوط به انتقال گرما از یک حجم کنترل برابر است با کاری که می‌توان با برهمکنش گرما و محیط خارج بدست آورد. برای یک نرخ انتقال گرمای \dot{Q} در دمای انتقالی T حداکثر کار قابل دسترس برابر است با :

$$\dot{E}_Q = \dot{Q}\tau \quad (8)$$

که در رابطه فوق τ دمای اکسرژی بدون بعد نام دارد و در حالتی که انتقال حرارت بین سیستم و محیط با دمای T_0 است به همان بازده چرخه کار نو تبدیل می‌شود. [۴]

$$\tau = 1 - \frac{T_0}{T} \quad (9)$$

با استفاده از معادله (7) عبارت مربوط به دسترسی جریان $-b$ و اکسرژی جریان e_x را می‌توان به صورت زیر بیان نمود [۱]:

$$b = \dot{h} - T_0 S \quad (10)$$

$$e_x = b - b_0 = \dot{h} - \dot{h}_0 - T_0(S - S_0) \quad (11)$$

با صفر در نظر گرفتن تغییرات عبارت اکسرژی سکون در طول زمان- در سیستمهای دارای عملکرد یکنواخت- و لحاظ نمودن عبارات ۱۱ و ۱۰ معادله ۶ را می‌توان به صورت کلی زیر بیان نمود:

$$\dot{E}_w = \sum_{i=1}^n (\dot{E}Q)_i + \sum_{in} \dot{m}e_x - \sum_{out} \dot{m}e_x - T_0 \dot{S}_{gen} \quad (12)$$

از معادله فوق به عنوان بالانس اکسرژی در سیستمهای جریان یکنواخت استفاده می‌شود.

بازده قانون اول:

$$\text{ورودی}/\text{نرخ کارخالص تولیدی} = \eta_1 \text{ نرخ انرژی} \quad (13)$$

بازده قانون دوم:

$$\text{نرخ اکسرژی خروجی}/\text{نرخ اکسرژی ورودی} = \eta_2 \quad (14)$$

قانون دوم بر این حقیقت تأکید دارد که دو شکل از کمیت یکسان انرژی ممکن است اکسرژیهای کاملاً متفاوتی داشته باشند بنابراین انرژی مطابق با اکسرژی اش سنجیده می‌شود و بازده قانون دوم به جای بازده قانون اول در محاسبه افت توانایی انجام کار در یک فرآیند به کار برد می‌شود.

مکانیزم‌های اصلی تولید آنتروپی و نابودی اکسرژی

اصطکاک: اصطکاک سیال بسیار شبیه به اصطکاک مکانیکی است. یک انبساط سیال در پشت یک ستون یا در میان یک تورین که بصورت اصطکاک داخلی است، باعث اتلاف قسمتی از انرژی به گرما بصورت داخلی می‌شود که می‌توانسته به کار مفید تبدیل گردد که این باعث می‌شود سیال کار کمتری را انجام داده و در دمای بالاتری خارج گردد.

انتقال گرما: انتقال حرارت باعث کاهش در قابلیت انجام کار می‌گردد زیرا کاری بین جسم با دمای بالا و جسم با دمای پایین انجام نگرفته است. همچنین این موضوع از این موضوع پیروی می‌کند که تفاوت دمای بالاتر بین دو جسم باعث از بین رفتن قابلیت انجام کار بالاتر می‌گردد. بنابراین مهم است که تفاوت دمایان بین منابع در میان یک مبدل گرمایی به حداقل برسد که باعث شود بازگشت ناپذیری ناشی از انتقال حرارت نیز به حداقل خود برسد.

اختناق: اختناق یک فرآیند انبساط غیر قابل کنترل برای سیال می‌باشد که در آن سیال از یک فشار بالا به ناحیه فشار پایین می‌رود. هیچ‌گونه کار و هیچ‌گونه انتقال حرارتی در طی این فرآیند فرض نمی‌شود. فرآیند اختناق یک فرآیند بازگشت ناپذیر است زیرا از جریان بین دو ناحیه پر فشار و کم فشار در این حالت کاری گرفته نمی‌شود و باعث یک کاهش در

نشریه انرژی ایران

۵۳

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

قابلیت انجام کار می‌شود و در واقع اختلاف فشار بالاتر در داخل فرآیند اختناق باعث به وجود آمدن بازگشت ناپذیری بزرگتری می‌شود.

اختلاط: هنگامی که دو یا چند سیال جدا از هم با یکدیگر ترکیب شوند یا در داخل هم پاشیده شوند بدون تلفات خارجی نمی‌توانند مخلوط شوند. بنابراین اختلاط یک فرآیند برگشت ناپذیر می‌باشد که باعث کاهش قابلیت انجام کار می‌شود. اختلاط در بسیاری از فرآیندها غیر قابل اجتناب است مانند احتراق. البته باید توجه داشت که محاسبات بیان گر آن است که در سیستم‌های قدرت، اختلاط به اندازه انتقال حرارت و اصطکاک سیال از نظر بازگشت ناپذیری مهم نیست.

بررسی اکسرزی در نیروگاه لوشان

برای تجزیه و تحلیل تئوری‌های فوق نتایج بدست آمده بر روی نیروگاه شهید بهشتی لوشان مورد بررسی قرار گرفته است. این نیروگاه در استان گیلان در ۹۵ کیلومتری شهر قزوین در منطقه‌ای به نام جمال آباد (در مسیر اصلی جاده قزوین-رشت) در کنار رودخانه شاهروド با میانگین رطوبت هوای ۴۰٪ واقع است.

این نیروگاه ظرفیت تولید ۴۵۰ مگاوات را دارا می‌باشد که آن را در دو بخش جداگانه تولید می‌نماید که عبارتند از:

(۱) دو واحد بخاری که هر کدام دارای ظرفیت ۱۶۵ مگاوات می‌باشند و در مجموع می‌توانند ۳۳۰ مگاوات تولیدی داشته باشند.

(۲) دو واحد گازی هر کدام دارای ظرفیت ۶۰ مگاوات می‌باشند و در مجموع می‌توانند ۱۲۰ مگاوات تولیدی داشته باشند.

سوخت اصلی نیروگاه گاز طبیعی می‌باشد که توسط خط لوله سراسری به نیروگاه منتقل می‌شود. سوخت دوم نیروگاه گازوئیل می‌باشد که به وسیله تانکر به نیروگاه تحویل داده می‌شود که در تانکرهای با ظرفیت‌های ۲۵۰۰ و ۱۰۰۰۰ و ۲۵۰ متر مکعب نگهداری می‌شود که تانکرهای ۲۵۰ متر مکعبی مربوط به تعذیبه روزانه نیروگاه است. آب نیروگاه به وسیله یک حلقه چاه نیمه عمیق به عمق ۲۰ متر که در کنار ضلع شمالی رودخانه شاهرود تعییه شده، تأمین می‌گردد. تولید آب مقطمر به وسیله تصفیه خانه نیروگاه شامل دو خط تولید به ظرفیت 2×30 متر مکعب در ساعت که از نوع تقویض یونی می‌باشد انجام می‌گیرد. در حداکثر بار مقدار مصرف سوخت گازی 32412 متر مکعب بر ساعت برای هر واحد است و مقدار مصرف سوخت گازوئیل 30112 کیلوگرم بر ساعت می‌باشد. هوای احتراق به وسیله ۲ عدد فن که از نوع فلوی شعاعی با دریچه کنترل هوای ورودی است تأمین می‌شود تعداد مشعلهای دیگ بخار ۹ عدد گازی و ۹ عدد گازوئیلی هستند که در سه طبقه قرار گرفته‌اند.



مشخصات دیگر بخار:

حداکثر تناز بخار: ۴۹۰ تن در ساعت

حداقل تناز بخار: ۱۱۰ تن در ساعت

فشار طراحی شده: ۱۴۷ کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع

فشار درام: ۱۴۳ کیلوپاسکال بر سانتی متر مربع

فشار بخار زنده: ۱۲۱ کیلو پاسکال بر سانتی متر مربع

درجه حرارت بخار زنده: ۵۳۵ درجه سانتیگراد

درجه حرارت آب تغذیه ورودی به بویلر: ۲۳۰ درجه سانتیگراد

در مجموع ۶ گرمکن آب تغذیه قبل از بویلر جهت پیش گرمایش آب خروجی کندانسور در نظر گرفته شده است (از گرمایش ناچیز آب داخل گلنند کندانسور و مبدل حرارتی ایرایجکتور می‌توان صرفنظر کرد) ماکزیمم تلفات آب سیکل نیروگاه ۲/۷ کیلوگرم در ساعت است که به علت کوچک بودن قابل صرفنظر است.

در آنالیز سیکل و محاسبات اکسرژی شرایط محیطی عابتست از:

دما برابر ۲۹۸ درجه کلوین و فشار برابر ۱۰۱۳۲۵۰ مگاپاسکال و آنتروپوی برابر ۳۶۶۴ کیلوژول بر کیلوگرم درجه کلوین و آنتالپی برابر ۱۰۴/۸ کیلوژول بر کیلوگرم و رطوبت نسبی برابر ۴۰٪ می‌باشند.

بازده انرژی و اکسرژی نیروگاه:

نمودار بازده نیروگاه حرارتی در بارهای مختلف را می‌توان با اعمال بالاتس انرژی و بالاتس اکسرژی بر سیکل نیروگاه و محاسبه بازده انرژی (راندمان قانون اول) و بازده اکسرژی (راندمان قانون دوم) رسم نمود (معادلات ۱۴، ۱۳، ۱۲، ۱) . برای سیکل نیروگاه بخار معادلات ۱۳ و ۱۴ را می‌توان به صورت زیر بیان نمود [۳] :

$$\eta_I = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{m}_f \times LHV} \quad (15)$$

$$\eta_{II} = \frac{\dot{E}W}{\dot{m}_f e_{ch,f}} \quad (16)$$

که در معادله (۱۵) LHV ، ارزش حرارتی پایین سوخت و در معادله (۱۶) $e_{ch,f}$ ، اکسرژی شیمیابی ویژه سوخت می‌باشد. در جدول (۱) نتایج محاسبات راندمان در بارهای مختلف تولیدی بیان شده است و در شکل‌های (۱) و (۲) نمودارهای مربوط به راندمان قانون اول و دوم رسم گردیده است.

نشریه انرژی ایران

۵۵

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷

آنالیز اجزای سیکل:

با استفاده از بالанс انرژی که لازمه بالанс اکسرژی می‌باشد و با بکارگیری روابط ۵ و ۱۴ نتایج نابودی اکسرژی و بازده اکسرژی اجزای سیکل نیروگاه در جدول (۲) بیان شده است. در شکل (۳) راندمان قانون دوم اجزای سیکل و در شکل (۴) بازگشت ناپذیری اجزای سیکل با یکدیگر مقایسه شده است.

با توجه به جدول (۲) ملاحظه می‌گردد که پایین‌ترین بازده قانون دوم مربوط به کندانسور با مقدار ۱۲/۸٪ می‌باشد. مقدار تلفات اکسرژی در کندانسور که برابر ۱۴۲۰۰ کیلووات می‌باشد عمدتاً به دلیل انتقال حرارت نامناسب و تفاوت بسیار زیاد دمای بین منابع داخل مبدل‌های حرارتی کندانسور می‌باشد که فرسودگی تجهیزات و لوله‌های مبدل حرارتی با توجه به تأثیر مستقیم روی ضرایب انتقال حرارت جابجایی و هدایتی مزید بر علت می‌باشد اما به طور کلی با توجه به عینیت و قطعیت عامل انتقال حرارت که از جمله عوامل مؤثر بر بازگشت ناپذیری می‌باشد، تلفات اکسرژی در کندانسور تا حدود زیادی غیر قابل اجتناب است. بیشترین بازده قانون دوم نیز مربوط به توربین با مقدار ۹۰٪ می‌باشد که در مجموع ۲۳۵۶۹ کیلووات تلفات اکسرژی در مراحل فشار بالا- فشار پایین- فشار متوسط رخ می‌دهد از جمله عوامل مؤثر بر این میزان تلفات اکسرژی را می‌توان، کاملاً آدیباتیک نبودن توربین، انتقال ناکامل ممتد سیال عامل سیکل (بخار سوپرهیت) به پره‌های توربین و فرار بخار سوپرهیت با فشار بالا از مسیرهای عایق‌بندی توربین، لقی بین پره‌ها و پوسته نام برد که به طور کلی این بازگشت ناپذیری‌ها نیز تا حدود بسیار زیادی غیر قابل اجتناب می‌باشند. بیشترین میزان تلفات اکسرژی در نیروگاه نیز مربوط به بویلر به میزان ۱۴۴۰۸۴ کیلووات می‌باشد که در حدود ۷۳٪ نرخ بازگشت ناپذیری کل نیروگاه است و سپس توربین که در حدود ۱۴/۵٪ و بعد از آن کندانسور با بازگشت ناپذیری حدود ۸/۵٪ می‌باشد. بنابراین بازگشت ناپذیری کندانسور در اینجا چیزی حدود یک هشتم بازگشت ناپذیری بویلر می‌باشد.

بررسی ماهیت و علت این میزان از بازگشت ناپذیری در بویلر با توجه به وقوع دو فرآیند مهم احتراق و انتقال حرارت داخل بویلر که از جمله عوامل مؤثر در بازگشت ناپذیری فرآیندها می‌باشند، قابل بررسی می‌باشد.

با توجه به تحلیلهای انجام گرفته روی عوامل اصلی بازگشت ناپذیری می‌توان نشان داد که در بازده اکسرژی، فرآیند انتقال حرارت نامطلوبتر از احتراق می‌باشد، و باعث تلفات اکسرژی بیشتری می‌گردد [۱۶] که این نتیجه در مورد تمام بویلرهای نیروگاهی صادق است. لذا پیشنهاد می‌شود تا برای بهینه سازی بویلر، بهینه‌سازی انتقال حرارت در لوله‌های او اپراتور- اکونومایزر و سوپرهیتر و نیز لوله‌های دیواره کوره مورد توجه قرار گیرد. از جمله روش‌های بهینه‌سازی در انتقال حرارت نیز روش Pinch می‌باشد که به کمک آنالیز اکسرژی می‌آید تا آرایش لوله‌ها و شکل هندسی آنها را برای کاهش بازگشت ناپذیری در انتقال حرارت مشخص کند. بررسی روش Pinch نیازمند زمینه‌هایی می‌باشد که موضوع این مقاله نمی‌باشد.



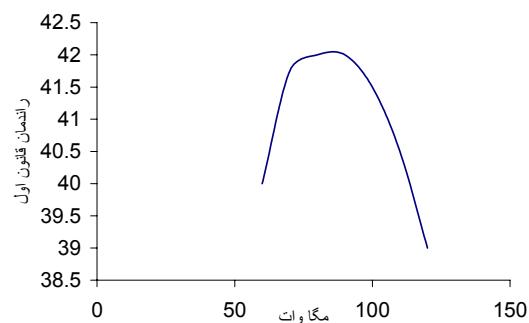
منابع

- [1] A . Bejan "Advanced Engineering Thermodynamics" Wiley, New work , 1988.
- [2] D. E. Winter bone "Advanced Thermodynamics For Engineers" 1997.
- [3] Kam W. L. I "Applied Thermodynamics" 1999.
- [4] T. J. Kotas "The Exergy Method of Thermal Plant Analysis" Krieger Publishing company , 1995.
- [5] Jan Zsargut,David R. Morris,Frank r. Ssteward, "Exergy Analysis of thermal,Chemical and Metallurgical process", Hemisphere Publishing Crop.,1988.
- [6] M. M. El-wakil "Power Plant Technology" Mc-Grow Hill, 1998.
- [7] ScuibbaE.Beyond "Thermodynamics The concept of Extended Exergy Accounting and its application to the analysis and design of thermal systems". Exergy Int J 2001;1(2):68–84.
- [8] Dincer I, Rosen MA. "Exergy as a driver for achieving sustainability". International Journal of Green Energy 2004;1(1):1–19.
- [9] Yumrutas R, Kunduz M, Kanoglu M. "Exergy analysis of vapor compression refrigeration systems". Exergy, An International Journal 2002;2(4):266–72.
- [10] Hasan AA, Goswami DY, Vijayaraghavan S. First and second law analysis of a new power and refrigeration thermodynamic cycle using a solar heat source. Sol Energy 2002;73(5):385–93.
- [11] Yumrutas R, Kunduz M, Kanoglu M. "Exergy analysis of vapor compression refrigeration systems". Exergy, An International Journal 2002;2(4):266–72.

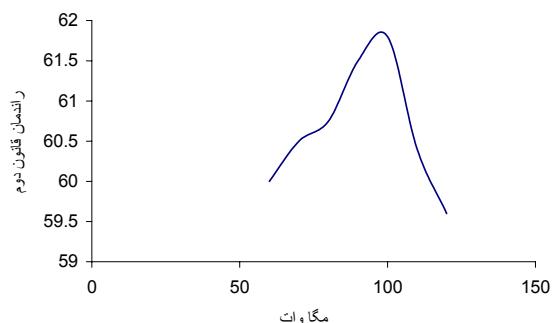
نشریه انرژی ایران

۵۷

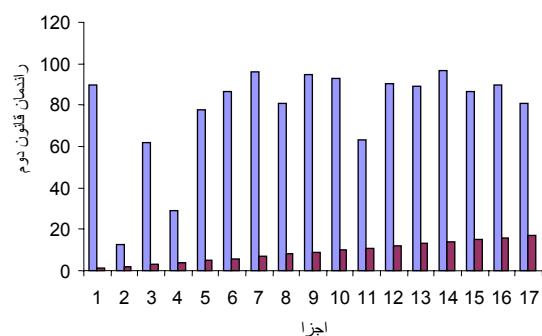
سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷



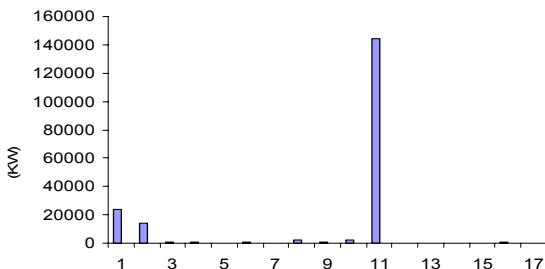
شکل (۱): راندمان قانون اول در بارهای مختلف



شکل (۲): راندمان قانون دوم در بارهای مختلف



شکل (۳): نمودار مقایسه راندمان قانون دوم اجزای سیکل



شکل (۴): نمودار مقایسه بازگشت ناپذیری اجزای سیکل

جدول (۱): مقادیر راندمانهای قانون اول و دوم متناظر با بارهای مختلف تولیدی

MW	$\eta_I \%$	$\eta_{II} \%$
	/	/
		/
		/
	/	/
	/	/
		/

جدول (۲): نتایج محاسبات اکسرژی نیروگاه شهید بهشتی لوشان

ردیف	نام جزء	$\eta_{II} \%$	$\dot{W}(kw)$	$\dot{W}_{lost}(kw)$	$E_{out}(kw)$	$E_{in}(kw)$	$\eta_2 \%$
۱	توربین	۲۳۵۴۲	۱۲۰۰۰	۲۳۵۶۹	۴۱۹۰۶	۲۳۵۳۴۲	۹۰
۲	کندانسور	۱۶۲۹۶		۱۴۲۰۱	۷۱۹		۱۲/۸
۳	گلن	۱۸۰۹		۶۹۴	۱۱۱۶		۶۲
۴	کندانسور کویر	۱۲۶۷		۸۹۳	۳۴۷		۲۹
۵	گرمکن ۱	۹۶۵		۲۱۱	۷۵۵		۷۸
۶	گرمکن ۲	۴۰۱۰		۵۳۷	۳۴۷۳		۸۰/۶
۷	گرمکن ۳	۶۰۴۵		۲۲۷	۵۸۱۸		۹۶
۸	گرمکن ۴	۱۰۰۹۶		۱۹۴۹	۱۰۰۶۸		۸۰/۶
۹	گرمکن ۵	۱۸۲۳۳		۹۵۲	۱۸۶۲۷		۹۴/۸
۱۰	گرمکن ۶	۲۹۶۳		۲۰۴۴	۲۸۹۶۱		۹۲/۹
۱۱	بویلر	۳۸۹۳۰۳		۱۴۴۰۲۴	۲۴۵۲۶۱		۶۳
۱۲	شیر ۱	۱۵۱		۱۴	۱۳۶		۹۰/۳
۱۳	شیر ۲	۲۷۶		۳۱	۲۴۵		۸۸/۸
۱۴	شیر ۳	۱۶۶۲		۵۵	۱۶۰۶		۹۶/۹
۱۵	شیر ۴	۲۴۳۸		۳۳۰	۲۱۰۷		۸۶/۴
۱۶	بویلر فیدپمپ	۱۰۰۶۸	۱۲۶۴	۱۰۹۸	۱۰۲۳۹		۹۰
۱۷	کندانسیت پمپ	۷۱۹	۴۷	۱۴۵	۶۲۰		۸۱

ارزیابی الگوهای سرمایه‌گذاری و انتقال دانش فنی تبدیل گاز به سوخت و مواد شیمیایی مایع (GTL) و ارائه راهکارهای اجرایی آن

خلیل کاظمی^۱، مجید فرماد^۲، مصطفی توانپور^{۳*}

چکیده:

توسعه سریع صنعت گاز همانند سایر بخش‌های انرژی، تأثیرپذیر از فن‌آوری‌های مهمی بوده که از اواسط قرن پیشتر مطرح شده است. فن‌آوری تبدیل گاز به سوخت و مواد شیمیایی مایع به عنوان یکی از روش‌های فرآوری گاز طبیعی، امروزه به منظور حل مشکلات ناشی از انتقال و مصرف گاز طبیعی در جهان مطرح گردیده که به دلیل ایجاد ارزش افزوده بالاتر و بازیافت گازهای همراه و تبدیل آنها به محصولات با کیفیت بالا در راستای تأمین اهداف زیست محیطی، توجه بسیاری از کشورهای صاحب منابع گازی را به منظور به کارگیری و توسعه آن به خود جلب کرده است. در این مقاله، ضمن معرفی اجمالی فرآیند GTL، پنج الگوی اجرایی شامل احداث واحد تولید فرآوردهای GTL همراه با توسعه و بهره‌برداری از مخزن گازی، احداث واحد تولید فرآوردهای GTL به صورت مستقل، احداث واحدهای تولید فرآوردهای GTL در کنار نیروگاههای تولید برق، احداث واحدهای تولید فرآوردهای GTL در کنار واحدهای تولید LNG و اجرای طرح‌های GTL کوچک در میادین نفتی برای بکارگیری مطلوب این فن‌آوری معرفی گردیده و شرایط سرمایه‌گذاری، انتقال دانش فنی و انتقاد قرارداد به صورتهای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، انتقال از طریق حق امتیاز یا لیسانس، سرمایه‌گذاری مشترک، قراردادهای بیع مقابل و قراردادهای ساخت-بهره‌برداری-انتقال (BOT) برای هریک از ۵ الگوی مذکور مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد. در نهایت، راهکارهای اجرایی شدن الگوهای معرفی شده از نظر فنی و مالی معرفی می‌شوند.

تاریخ دریافت مقاله:

۱۳۸۶/۱۱/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله:

۱۳۸۷/۲/۲۲

کلمات کلیدی:

فن‌آوری GTL، گاز طبیعی، انتقال دانش فنی و سرمایه‌گذاری

(۱) وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، khkazemi@moe.org.ir

(۲) وزارت نیرو، مدیرکل دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، mfarmad@tavanir.org.ir

(۳) وزارت نیرو، معاون مدیرکل دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، m.tavanpour@moe.org.ir

مقدمه

گاز طبیعی خام شامل ۹۵ درصد متان و ترکیبات سنگین‌تر مانند اتان، بروپان و درصد ناجیزی از ناخالصی‌ها است. جهت استفاده از آن به صورت تجاری، ابتدا در پالایشگاه‌های گاز که اصولاً در نزدیکی مخازن گازی قرار دارند، گاز طبیعی استخراج شده مورد تصفیه فیزیکی و شیمیایی قرار می‌گیرد تا پس از رسیدن به مشخصات فنی مورد نظر، از طریق یک روش مناسب به بازارهای مصرف انتقال یابد. انتقال گاز طبیعی به مراکز مصرف دوردست (مصرف داخلی و صادرات) می‌تواند با یکی از روش‌های استفاده از خطوط لوله و انتقال گاز طبیعی، استفاده از یکی از روش‌های تسهیل در انتقال گاز طبیعی (الصادرات گاز طبیعی فشرده و یا گاز طبیعی مایع) و در نهایت، تبدیل گاز به فرآورده‌های نفتی میان تقطیر با ارزش افزوده بالا انجام شود. در این میان، نقش تبدیل گاز طبیعی به سوخت‌ها و مواد شیمیایی مایع را از نظر اقتصاد صنعت گاز می‌توان در دو حالت؛ فراهم کردن مسیری برای ذخایر گاز طبیعی دور از دسترس برای ورود به بازار انرژی و ایجاد بازارهای جدید برای گاز طبیعی، به واسطه محصولات مرغوب‌تر و پاک‌تر خلاصه کرد. در شکل (۱)، انواع فرآورده‌های گاز طبیعی در چارچوب هر یک از روش‌های فوق الذکر ارائه شده است.^[۴۳]



محدوده تولید گاز طبیعی
منظور تسهیل در انتقال و ایجاد ارزش افزوده

محدوده فرآورش گاز جهت تسهیل در انتقال و مصرف

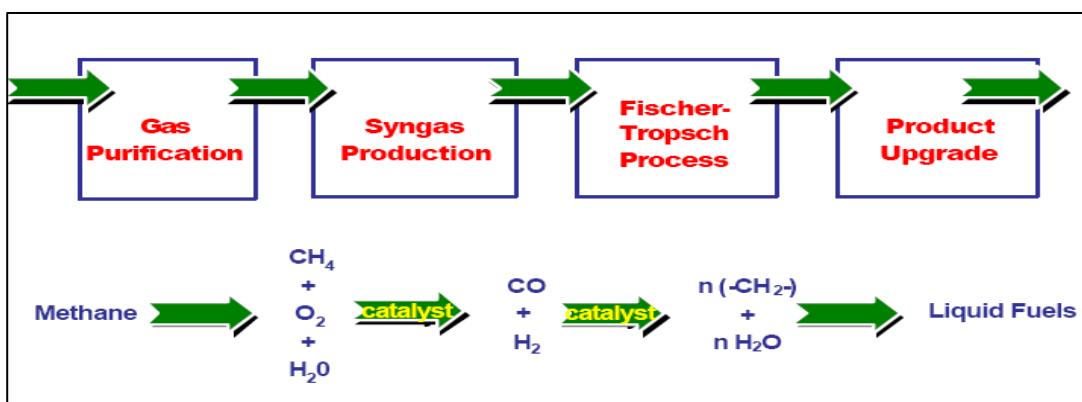
محدوده تولید گاز طبیعی

شکل (۱): روش‌های فن‌آوری و انتقال گاز طبیعی

ماهیت فنآوری GTL

فنآوری GTL یا فرآوری تبدیل گاز طبیعی به فرآورده‌های مایع^۱ با ارزش افزوده بالا، مجموعه یکپارچه‌ای از فنآوری‌های مختلف است که سنتز فیشر-تروپش^۲ در قلب آن جای گرفته است. در این فرآیند، ابتدا با استفاده از روش‌هایی چون تغییر مولکولی خودگرمایی^۳، اکسیداسیون جزئی^۴ (POX)، متان و اکسیژن ترکیب شده و گاز سنتز درست می‌شود. در مرحله بعدی، گاز سنتز تحت فشار اتمسفر و در درجه حرارت ۱۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتیگراد، در مجاورت کاتالیست‌های فلزی همچون آهن، کبالت، نیکل، روتنیم یا روديم به صورت هیدروکربن خطی درمی‌آید. این فرآیند که تحت عنوان فرآیند فیشر-تروپش شناخته شده، فرآیندی پیچیده است که تنها در اختیار کشورهای محدودی از جمله آفریقای جنوبی، هلند، ایتالیا، فرانسه، آمریکا و انگلستان است.

در نهایت، در مرحله پالایش و بهبود کیفیت هیدروکربن‌های خطی، با استفاده از فرآیندهای شناخته شده پالایشگاهی همچون هیدروکراکینگ، ایزومراسیون و غیره، محصولاتی در دامنه C20 تا C10 همچون گازوئیل (محصول غالب)، نفتا، نفت سفید، بنزین و فرآورده‌های ویژه‌ای مانند روغن روان‌ساز و پارافین حاصل می‌شود. توزیع محصولات به عواملی مانند دمای عملیاتی، نوع کاتالیست، میزان یا نوع ارتقا دهنده کاتالیست، ترکیب گاز خوراک، فشار عملیاتی و نوع راکتور مورد استفاده بستگی دارد. کیفیت محصولات GTL بسیار بالا بوده و عاری از گوگرد و ترکیبات آروماتیکی می‌باشد و خواص زیستمحیطی آنها از نظر استفاده به عنوان سوخت‌های موتورهای پاک، بسیار با ارزش است. کاربرد GTL در بازیابی گازهای همراه نفت و جلوگیری از سوزانده شدن این گازها و تبدیل آنها به محصولات با ارزش، یکی دیگر از ویژگی‌های خاص این فنآوری است. باستثنی مذکور شد، در اغلب اوقات، مرحله تصفیه و خالص‌سازی گاز طبیعی نیز همراه با فرآیند کلی GTL در نظر گرفته می‌شود. شکل (۲)، شمایی کلی از فرآیند GTL را نشان می‌دهد.^[۱۲]

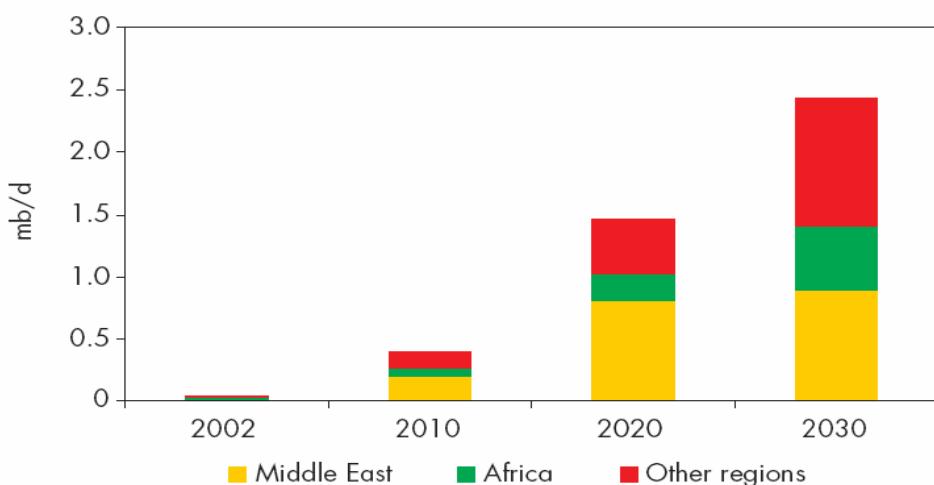


شکل (۲): شمایی کلی از فرآیند GTL

- 1) Gas To Liquids
- 2) Fischer Tropsch Synthesis
- 3) Steam Reforming
- 4) Auto thermal Reforming
- 5) Partial Oxidation



در حال حاضر واحدهای تولید GTL با ظرفیت‌هایی در حدود ۲۰۰ هزار بشکه در روز در جهان، ایجاد شده و ظرفیت‌هایی بیش از ۷۰۰ هزار بشکه در روز در دست مطالعه، طراحی و یا اجرا می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود تقاضای تولیدکنندگان GTL برای گاز طبیعی از ۴ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۰۲ به حدود ۴۰ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۱۰ و ۲۱۴ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۳۰ برسد. همچنین انتظار می‌رود ظرفیت جهانی واحدهای GTL در سال ۲۰۱۰ به ۴۰۰ هزار بشکه در روز و در سال ۲۰۳۰ به ۲/۴ میلیون بشکه در روز برسد. البته چند پروژه GTL در کشور قطر در حال ساخت است که اگر این واحدها راه اندازی شوند، ظرفیت GTL تا سال ۲۰۱۱ به ۸۰۰ هزار بشکه در روز خواهد رسید که حدود ۱٪ حجم محصولات پالایشگاهی خواهد بود.^(۱) پیش‌بینی تولید GTL در مناطق مختلف جهان را نشان می‌دهد.^[۱۶و۱۷]



نمودار (۱): پیش‌بینی میزان تولید GTL در مناطق مختلف جهان

الگوهای مختلف برای کاربرد مطلوب فناوری GTL

بر اساس مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته و همچنین تجربیات موفقی که در کشورهای مختلف پشت سر گذاشته شده است، پنج الگوی اجرایی برای کاربرد مطلوب فناوری GTL معرفی می‌گردد.

(۱) الگوی اول (احداث واحد GTL همراه با توسعه و بهره‌برداری از مخزن گازی): در واحدهای تولید فرآورده‌های GTL در نزدیکی مخازن گازی که با توسعه و بهره‌برداری از مخزن همراه هستند، گاز غنی پس از طی مراحل اکتشاف، حفاری و استخراج از شرکت‌های متولی امر خریداری شده و توسط واحد پالایش گاز طبیعی که در کنار تأسیسات GTL احداث

نشریه انرژی ایران

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷ ۶۳

خواهد شد، گوگرد، میغانات گازی و مایعات گازی از آن جدا شده و به عنوان محصولات جانبی کارخانه و منابع درآمدزا در کنار محصولات اصلی حاصل از فرآیند GTL به فروش می‌رسند.

(۲) الگوی دوم (احداث واحد تولید فرآوردهای GTL به صورت مستقل): در الگوی اول، به منظور جداسازی میغانات و مایعات گازی و تصفیه و پالایش گاز طبیعی، یک پالایشگاه در کنار کارخانه GTL در نظر گرفته شد. بر این اساس، خوارک اصلی مجموعه گاز غنی می‌باشد. در الگوی دوم، اگر فرض شود به جای گاز غنی، گاز سبک وارد کارخانه گردد، در این صورت دیگر نیازی به تأسیسات پالایشگاهی نخواهد بود. این فرض، موجب خواهد شد تا هزینه‌های سرمایه‌کذاری تأسیسات پالایشگاهی صفر شده و هزینه پالایش و هزینه‌های زیست محیطی طرح از هزینه‌های دوران بهره‌برداری حذف گردد. از سوی دیگر به دلیل تغییر خوارک کارخانه از گاز غنی به گاز سبک یا متان، هزینه هر مترمکعب گاز مورد نیاز نیز کاهش خواهد یافت. در ارتباط با درآمدهای طرح نیز حذف محصولات جانبی، موجب کاهش درآمدهای طرح خواهد شد. این تغییرات موجب خواهد شد نرخ بازده داخلی طرح و ارزش خالص فعلی طرح، کاهش و دوره بازگشت سرمایه افزایش یافته و در کل نیز متوسط سود سالیانه طرح کاهش یابد.

(۳) الگوی سوم (احداث واحدهای تولید فرآوردهای GTL در کنار نیروگاههای تولید برق): تولید همزمان GTL و نیروی برق عبارت است از ترکیب فن‌آوری‌های موجود GTL با تأسیسات نیروگاهی به منظور تولید برق، با استفاده از محتوای حرارتی جریان بخار و یا گازهای خروجی. بازده حرارتی کلی فرآیند GTL حدود ۶۰٪ است و حدود ۴۰٪ محتوای حرارتی گاز اولیه در طی فرآیند اتلاف می‌گردد. بازده کربنی این فرآیند حدود ۸۰٪ است. بخش اعظم اتلاف حرارتی در طی فرآیند فیشر-تروپش (FT) رخ می‌دهد، چرا که این واکنش‌ها به شدت گرمایش هستند. مفهوم کلی تولید GTL و نیروی برق بر مبنای روش‌هایی به منظور بهینه‌سازی اتلاف حرارتی توسط جریان‌های فرعی (بخار و گاز خروجی) قرار دارد. هدف از این عمل، تولید اقتصادی نیروی برق می‌باشد. دو جریان فرعی یاد شده، حاوی حدود ۴۰٪ از محتوای حرارتی فرآیند GTL است که ۱۷٪ از این مقدار از طریق جریان بخار و ۲۳٪ مابقی از طریق جریان گازهای خروجی به هدر می‌رود. ترکیب این دو واحد (GTL و برق)، علاوه بر مزایای واحد GTL دارای مزیت‌های دیگری از جمله تنوع‌بخشی استراتژیک به عرضه نیروی برق، تبدیل حرارت مازاد به ارزش افزوده اقتصادی و همچنین بهبود سودآوری کلی واحدهای GTL می‌باشد.

(۴) الگوی چهارم (احداث واحدهای تولید LNG در کنار واحدهای تولید GTL^{۱)}: با احداث یک واحد نیروگاهی در کنار واحدهای GTL می‌توان با استفاده از مزایای یکپارچه سازی آن، علاوه بر محصولات GTL به تولید نیروی برق نیز پرداخت. طبق بررسی‌ها، یک واحد GTL با ظرفیت تولید روزانه ۳۰۰ هزار بشکه، پتانسیل تولید روزانه حدود ۵۰ مگاوات است.

1) Liquefied Natural Gas



برق به همراه مقداری بخار را خواهد داشت. از سوی دیگر با توجه به نیاز واحدهای تولید LNG به نیروی برق می‌توان با احداث واحدهای GTL و LNG در کنار یکدیگر از مزیت تبادل انرژی برق بین این دو واحد بهره جست. علاوه بر این هر دو واحد GTL و LNG نیازمند واحد تصفیه گاز می‌باشند تا خوراک ورودی واحدهای خود را تأمین نمایند. اگر این دو واحد در کنار یکدیگر احداث شوند، می‌توان واحد تصفیه و پالایش مشترکی را برای تأمین خوراک هر دو واحد استفاده کرد. بدین ترتیب به جای احداث دو واحد پالایشی گاز طبیعی یک واحد با ظرفیت مضاعف احداث می‌گردد که معمولاً هزینه احداث واحد پالایشی با ظرفیت دو برابر، کمتر از هزینه احداث دو واحد پالایشی کوچکتر می‌باشد. از طرفی می‌توان با یکپارچه سازی واحدهای GTL و LNG با طرحی خاص، میزان مصرف انرژی واحدهای LNG را تا حد قابل توجهی کاهش داد. در این شرایط می‌توان بخار گاز طبیعی را که در مراحل نهایی فرآیند مایع‌سازی تولید می‌شود به عنوان خوراک واحد GTL مصرف نمود؛ در حالی که در واحدهای متعارف LNG، این بخارها را باید مجدداً با صرف انرژی به مایع تبدیل کرد. بازیابی بیشتر LPG¹⁾، بهره‌وری بالاتر و بازیابی گاز در فشارهای بالاتر و به تبع آن عدم نیاز به تراکم مجدد را می‌توان از دیگر مزایای این یکپارچه‌سازی به حساب آورد. واحدهای LNG و GTL هزینه‌های بسیار بالای دارند و می‌توان با یکپارچه‌سازی یا تعامل این دو واحد، صرفه‌جویی‌های عمده‌ای انجام داد. همچنین به دلیل کاهش مصرف انرژی، انتشار گارهای گلخانه‌ای نیز کاهش خواهد یافت.

(۵) الگوی پنجم (اجرای طرح‌های GTL کوچک در میادین نفتی): معمولاً اجرای طرح‌های GTL برای مخازن گازی و به منظور تبدیل گاز طبیعی در نظر گرفته می‌شود. ولی می‌توان اجرای این طرح‌ها را برای گازهای همراه میادین نفتی و به خصوص میادین نفتی فراساحلی در نظر گرفت. در این صورت گازهای همراه این میادین که معمولاً سوزانده می‌شوند، به محصولاتی با ارزش تبدیل می‌شوند، گاز همراه این میادین معمولاً برای سایر مصارف توجیه اقتصادی ندارد. برای این منظور واحدهایی باید طراحی و ساخته شوند که علاوه بر دارا بودن ظرفیت پایین، عملکردی اقتصادی نیز داشته باشند. فن‌آوری‌های موجود GTL برای کاربرد در میادین فراساحلی چندان مناسب نیستند. اخیراً طرحی توسط شرکت Compact GTL برای ساخت واحدهای کوچک GTL ارائه شده است. در این طرح جریان‌های محصولات جانبی گازهای واکنش نداده و آب تولید شده، مجدداً به فرآیند بازگردانده می‌شوند و این واحد نیازی به واحد جداسازی هوا و تولید اکسیژن ندارد، این شرکت طرح‌هایی نیز برای واحدهای GTL شناور ارائه کرده است. این واحدها برای میادین نفتی که میزان تولید گاز آنها ۱۰ تا ۵۰ میلیون فوت مکعب باشد مناسب خواهند بود. ظرفیت چنین واحدهایی ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ بشکه در روز محصولات GTL می‌باشد. راکتورهای تولید گاز سنتر و سنتر FT در این فن‌آوری بسیار کوچک و فشرده هستند؛ به طوری که در مقایسه با فن‌آوری‌های موجود GTL، ۳ تا ۵ برابر کوچکتر می‌باشند.

1) Liquid Petroleum Gas

الگوهای سرمایه‌گذاری و انتقال دانش فنی در بکارگیری فن‌آوری GTL

تشکیل سرمایه به عنوان یکی از متغیرهای حیاتی رشد اقتصادی جوامع محسوب می‌شود. تأمین مالی تشکیل سرمایه از طرق مختلفی همچون بدھی‌های خارجی، استفاده از پس‌اندازهای داخلی، جذب سرمایه خارجی و غیره امکان‌پذیر است. پس‌اندازهای داخلی کشورهای در حال توسعه قادر به پوشاندن شکاف بین سرمایه‌گذاری و پس‌انداز نیستند و بازارهای سهام آنها در مراحل ابتدائی قرار دارد، در آن صورت می‌باشد درجه استفاده از روش‌های جذب سرمایه خارجی قدم برداشت.^[۲] متغیرهایی از جمله ناپایداری سیاسی و اقتصادی (ملی کردن صنایع، مخالفت‌های داخلی و تغییرات سیاست‌های دولت)، امنیت اقتصادی و اجتماعی، تولید ناخالص داخلی، میزان سودآوری، درآمد ملی، اندازه بازار، نرخ بهره رسمی، نرخ تورم، نرخ ارز، مالیات، تورم، انتقال اطلاعات، سطح محدودیت‌های تجاری، موجودی سرمایه خارجی، مدت زمان لازم برای صدور مجوز، ذخایر و منابع موجود در کشور میزبان، دستمزد، نقص قوانین و مقررات، فقدان زیربنای‌های اقتصادی، سیاستهای تشویقی دولت و عضویت در سازمانهای جهانی از جمله عوامل موثر بر سرمایه‌گذاری خارجی است.^[۷۱]

در این بخش سعی خواهد شد تا شرایط سرمایه‌گذاری، انتقال دانش فنی و انعقاد قرارداد در هر یک از ۵ الگوی مذکور براساس قالب‌های قراردادی قابل استفاده در صنایع پایین دستی نفت و گاز و پتروشیمی مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. انتخاب روش مناسب سرمایه‌گذاری که شرایط انتقال فن‌آوری و انعقاد قرارداد را نیز شامل می‌شود، در هر یک از ۵ الگوی مذکور، بر اساس ارزیابی پارامترهای ساختار مالکیت، ساختار عملیات و مدیریت، ساختار انتقال فن‌آوری و ساختار تسهیم منافع صورت خواهد پذیرفت. با توجه به اینکه فن‌آوری GTL یک صنعت پایین دستی نفت و گاز کشور محسوب می‌شود، لذا قراردادها و روش‌های سرمایه‌گذاری مرسوم در طرح‌های پایین دستی نفت و گاز شامل؛ سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی^۱، انتقال از طریق حق امتیاز یا لیسانس^۲، سرمایه‌گذاری مشترک^۳، قراردادهای بیع مقابل^۴ و قراردادهای ساخت-بهره‌برداری-انتقال^۵ (BOT)، در اینجا مورد بررسی قرار می‌گیرند.

شرایط سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) در پروژه‌های GTL : به طور کلی کشورها به منظور تشویق، جلب و حمایت از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به عنوان یکی از روش‌های کم‌هزینه جهت انتقال فن‌آوری، قوانینی حمایتی و تشویقی وضع می‌نمایند. قوانین وضع شده تشویقی در ایران نیز بیانگر این امر می‌باشد و تاکنون در صنایع مختلف،

1) Foreign Direct Investment
2) License
3) Joint Venture
4) Buy Back
5) Build - Operate - Transfer



سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نقش بسزایی را در افزایش تولید به عهده داشته است. به طور کلی در مواردی که اصل و حداقل سود سرمایه‌گذاری به منظور خروج سرمایه‌های خارجی از کشور توسط دولت‌ها تضمین شود علاقمندی به روش FDI در کشورهای در حال توسعه افزایش پیدا می‌کند. در خصوص GTL اگر احداث کارخانه توأم با توسعه مخزن باشد FDI از جذابیت زیادی برخوردار است در حالی که غالب دیدگاه‌ها در کشور در سرمایه‌گذاری صنایع استراتژیک نفت و گاز خصوصاً در بخش بالادستی، مخالف این شیوه می‌باشد. اگر صرفاً پروژه GTL، احداث کارخانه را در برگیرد و متن مورد نیاز از دولت مالک منابع گازی خریداری شود، FDI برای دولت میزبان جذابیت بیشتری دارد اما این روش به دلیل شرایط و ثبات سیاسی و اصطکاک زیاد سرمایه‌گذار با دولت، برای سرمایه‌گذار خارجی رسیک بالایی به همراه خواهد داشت.^[۸]

شرایط قراردادهای حق امتیاز (لیسانس) در پروژه‌های GTL: محصولات GTL در زمرة محصولات جایگزین فرآورده‌های نفتی قرار می‌گیرند. در بازار این نوع محصولات، کالا به تنهایی مبین کیفیت نمی‌باشد و عموماً فرآیند تولید و محصولات توسط صاحب امتیاز آن شناخته می‌شود. بنابراین با استناد به شرایط و ویژگی‌های قراردادهای لیسانس، از این شیوه قراردادی جهت انتقال فن آوری در پروژه‌های پایین دستی صنعت نفت و گاز مانند طرح‌های پتروشیمی و یا حتی GTL چه در حالت واگذاری حق توسعه و بهره‌برداری مخزن و چه در حالت فروش متن می‌توان بهره گرفت. اما از آنجا که اهمیت واگذاری حق امتیاز معطوف به کارخانجات GTL و فرآیند تولید آن می‌باشد، لذا در روشهای حق بهره‌برداری از مخزن به سرمایه‌گذار داده نشود، با توجه به جایگاه امروزی GTL در چرخه عمر این فن آوری، دارندگان حق لیسانس علاقمند به واگذاری صرفاً لیسانس نبوده و تمایل دارند فنی خود را در قالب یک بسته پیشنهادی سرمایه‌گذاری ارائه نمایند. باید توجه داشت فن آوری و دانش فنی در چارچوب قراردادهای لیسانس زمانی قابل انتقال است که در چرخه عمر، فن آوری به دوره بلوغ رسیده باشد.^[۸]

شرایط قراردادهای سرمایه‌گذاری مشترک در پروژه‌های GTL: رسیک بالای سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای در حال توسعه و همچنین عدم وجود علاقه به واگذاری صرف دانش فنی، موجب شده است که در پروژه‌های بزرگ و به منظور پوشش مخاطرات سرمایه‌گذاری، از روش سرمایه‌گذاری مشترک استفاده شود. در خصوص GTL، قابل ذکر است که دارندگان دانش فنی علاقمند نبوده که صرفاً سهم دانش فنی از سرمایه‌گذاری را داشته باشند، از سوی دیگر به علت شرایط سیاسی حاکم بر کشورهایی که اقتصاد آنها به محصولات استراتژیکی همانند نفت و گاز وابسته است و به اصطلاح دارای اقتصاد تک محصولی هستند به علت رسیک بالای اقتصادی این علاقمندی وجود دارد که دولتهای این کشورها و یا شرکت‌های دولتی و یا غیردولتی محلی نیز قسمتی از این مخاطرات را برعهده گیرند. به این منظور در احداث کارخانه‌های GTL چه به صورت مستقل و چه همراه با توسعه و بهره‌برداری از مخزن گازی، شرکت‌های صاحب

نشریه اذرآی ایران

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷ ۶۷

فن آوری علاقمند می باشند که به صورت مشترک سرمایه گذاری نمایند. اما با توجه به بازده اقتصادی طرح بهره برداری از مخزن، علاقمندی بیشتری برای استفاده از این طرح در احداث کارخانه های GTL وجود دارد.^[۹]

شرایط قراردادهای بیع متقابل در پروژه های GTL: به طور کلی، استفاده از این نوع قراردادها در سرمایه گذاری و انتقال فن آوری در پروژه های GTL غیرممکن به نظر نمی رسد. اما اولاً استفاده از این نوع قراردادها در احداث کارخانجات GTL بدون امکان توسعه و بهره برداری مستقیم از مخازن گازی توصیه نمی شود. ثانیاً به دلیل اینکه فن آوری GTL هنوز در مراحل پایانی دوران طفویلت و آغاز دوره رشد قرار دارد و با توجه به اینکه کشور میزبان پس از طی مراحل اجرایی، کنترل تولید و بهره برداری را به دست می گیرد، شرکت های خارجی حاضر به انتقال فن آوری های برتری مانند GTL در معامله بیع متقابل نمی باشند. ضمن اینکه دوران کوتاه مدت قراردادهای بیع متقابل فرصت لازم را به منظور انتقال دانش و مهارت ها به داخل، ایجاد نمی کند.^[۹]

شرایط قراردادهای ساخت، بهره برداری و انتقال (BOT) در پروژه های GTL ماهیت قراردادهای BOT به شکلی است که عموماً قابلیت استفاده در هر دو شیوه احداث کارخانجات GTL را دارا می باشد که البته در صورت احداث کارخانه بدون حق توسعه و بهره برداری مخزن، به نظر می رسد با توجه به نو بودن این فن آوری قالب قراردادی از حالت BOT به حالت BOO¹ به معنی ساخت، بهره برداری و مالکیت، تغییر وضعیت دهد، اما در شرایطی که امکان توسعه و بهره برداری از مخزن نیز همراه با احداث کارخانه وجود داشته باشد. در این صورت پس از ساخت و بهره برداری حداکثر پس از پایان مدت عمر مخزن، مالکیت تجهیزات و تأسیسات می تواند به کشور میزبان منتقل گردد. به طور کلی در شرایط کنونی به نظر می رسد صاحبان فن آوری GTL در دنیا حاضر به انتقال دانش فنی خود از طریق قراردادهای BOT نباشند.^[۷و۵] لازم به ذکر است علاوه بر روش های یاد شده فوق روش Finance نیز به عنوان یکی از روش های سرمایه گذاری محسوب می شود. البته این امکان وجود دارد که در هر یک از روش های مذکور از الگوهای Finance جهت تأمین مالی پروژه نیز بهره گرفته شود.

مقایسه تطبیقی الگوهای سرمایه گذاری

در این قسمت، پس از شناسایی اجمالی وضعیت هر یک از روش های سرمایه گذاری و انعقاد قرارداد در پروژه های GTL، به بررسی پارامترهای مؤثر بر پروژه های GTL در هر یک از این روشها در جدول (۱) پرداخته می شود.

1) Build-Operate-Own

جدول (۱): مقایسه تطبیقی الگوهای سرمایه‌گذاری

فاکتور	مستقیم خارجی	سرمایه‌گذاری مشترک	حق امتیاز	بیع مقابل	ساخت، بهره-برداری و انتقال
ساختمان مالکیت	مالکیت از آن سرمایه‌گذار خواهد بود	عرضه کننده لیسانس مالکیت آن را برای مدتی معین و در مقابل مبلغی معین به دریافت کننده آن واگذار می‌کند	حق مالکیت متعلق به دولت میزان می‌باشد	حق مالکیت متعلق به کشور میزان می‌باشد	حق مالکیت متعلق به دولت میزان می‌باشد
ساختمان عملیات و مدیریت	کنترل اصلی جریان به عهده سرمایه‌گذار است	مدیریت همه جانبی عملیاتی و اجرایی از جانب کشور دریافت کننده می‌باشد	به صورت همکاری و قرارداد مشترک بین کشور میزان و کشور خارجی و براساس توافقات طرفین می‌باشد	کنترل عملیات، هزینه و تولید توسط دولت میزان صورت می‌گیرد	کلیه عملیات اجرایی و بهره‌برداری توسط پیمانکار انجام شده و دولت تنها نش نظارتی خواهد داشت.
ساختمان انتقال فن-آوری نرم‌افزاری	انتقال فن آوری زمانی به وقوع می‌پوندد که سرمایه‌گذار خارجی از نیروهای بومی استفاده نماید. انتقال فیزیکی فن آوری انجام می‌پذیرد	پس از انعقاد قرارداد و توافق طرفین، فن آوری انتقال داده می‌شود	براساس توافقات و درجه همکاری طرفین، آموزش و اموزش راهاندازی به عهده کشور سرمایه‌گذار خارجی می‌باشد	انتقال فن آوری، آموزش و راهاندازی به عهده کشور سرمایه‌گذار خارجی می‌باشد	ماهیت این روش در صورت استفاده از نیروهای بومی در نهایت با انتقال فن-آوری همراه خواهد بود
ساختمان تسهیم منافع	کلیه عواید حاصل از فروش محصولات از آن سرمایه‌گذار بوده و بخشی از آن به عنوان مالیات و عوارض متوجه کشور میزان می‌شود. البته حق امتیاز بهره‌برداری از مخازن نیز پرداخت می‌گردد	برطبق قرارداد منعقد شده منافع کشور میزان محدود به بهره مالکانه و مالیات است	بخشی از تولید برطبق قراردادهای منعقد شده به شرکت عامل تعلق دارد و علاوه بر آن مالیات هم پرداخت می‌کند	بازپرداخت هزینه‌ها و حق الزحمه با سود از محل فروش تولیدات خواهد بود که در دوره بازپرداخت به صورت اقساط و براساس درآمد حاصل از فروش محصولات انجام می‌شود. مالیات نیز وجود دارد	کلیه عواید حاصل از فروش محصولات در آن پیمانکار خواهد بود

مقایسه الگوهای سرمایه‌گذاری در تطابق با الگوهای اجرایی

در بخش دوم این مطالعه، ۵ الگوی اجرایی برای فن آوری GTL پیشنهاد گردید. روش سرمایه‌گذاری در دو الگوی اول (تولید GTL همراه با توسعه مخزن و واحد مستقل GTL) در جدول (۱) مورد بررسی قرار گرفته است. در ارتباط با الگوی اجرایی سوم و چهارم (تولید همزمان GTL و نیروی برق و یکپارچه‌سازی واحد GTL و LNG) ساختارهای سرمایه‌گذاری می‌تواند در چارچوب قراردادهای بالا دستی خود گنجانده شود که عموماً در قالب قراردادهای BOT، Mشارکتی و در خصوص LNG همراه با توسعه مخزن می‌باشد. در صورتی که ساختار سرمایه‌گذاری واحد GTL در الگوهای سوم و چهارم، مستقل از ساختار بالادستی خود باشد، می‌توان شرایط و ویژگی‌های مندرج در جدول (۲) را سرلوحه

نشریه اذرزی ایران

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷ ۶۹

کار قرار داد. در ارتباط با الگوی پنجم نیز که به احداث واحدهای کوچک GTL به منظور بهره‌برداری از گاز مخازن گازی و نفتی کوچک اختصاص دارد، با توجه به توان بالقوه فعلی کشور در احداث واحدهای کوچک، می‌توان با مشارکت و حمایت‌های دولت در قالب قراردادهای مهندسی اصولی، تامین تجهیزات، ساخت و راه اندازی (EPCC)^۱ نسبت به ایجاد چنین واحدهایی اقدام نمود.

نکته دیگری که باید بدان توجه کرد اینکه به علت ریسک و حجم نسبتاً بالای سرمایه‌گذاران، سرمایه‌گذاران و دارندگان دانش فنی به تنها‌بی تمایلی چهت سرمایه‌گذاری در پروژه‌های GTL را نداشته و در این ارتباط همانگونه که در خصوص برخی نمونه‌های جهانی (مانند پروژه‌های بن طلوع مالزی و پروژه‌های قطر) ملاحظه می‌گردد دولت‌های میزبان نیز عموماً به عنوان دارنده سهام ممتاز در این نوع پروژه‌ها سهیم می‌باشند و نکته قابل توجه اینکه این مشارکت همه جانبی بوده و توسعه و بهره‌برداری از احداث و بهره‌برداری از کارخانه را شامل می‌شود. در این نوع پروژه‌ها معمولاً قرارداد ساخت تأسیسات و تجهیزات به صورت مهندسی اصولی، تامین تجهیزات و ساخت و اجرا (EPC)^۲ به یک شرکت دارای صلاحیت واگذار می‌گردد و با تضمین‌های دولت میزبان قابلیت تأمین هزینه‌های سرمایه‌گذاری پروژه از طریق فاینانس فراهم می‌شود.

جدول (۲): مقایسه تطبیقی الگوهای های اجرایی به لحاظ ساختارهای سرمایه‌گذاری

روش	واحدهای مستقل تولید فرآوردهای GTL	واحدهای تولید فرآوردهای GTL همراه با توسعه و بهره‌برداری از مخزن
FDI	قابل استفاده است اما به دلیل شرایط و عدم ثبات سیاسی و اصطکاک زیاد سرمایه‌گذار خارجی با دولت میزبان و ضوابط و مقررات آن دارای ریسک بسیار بالایی برای سرمایه‌گذار خارجی می‌باشد.	قابل استفاده می‌باشد اما ریسک این روش به دلیل اینکه مالکیت مخزن از آن سرمایه‌گذار می‌شود، متوجه دولت میزبان خواهد بود.
License	با توجه به نو بودن فن‌آوری GTL هیچ کدام از صاحبان این فن‌آوری در دنیا حاضر نخواهد بود تنها حق استفاده از یک لیسانس را به کشور میزبان فن‌آوری بفروشنده.	با توجه به نو بودن فن‌آوری GTL هیچ کدام از صاحبان این فن‌آوری در دنیا حاضر نخواهد بود تنها حق استفاده از یک لیسانس را به کشور میزبان فن‌آوری بفروشنده.
J.V	این روش امروزه در دنیا در ارتباطات صنعتی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. در سرمایه‌گذاری مشترک، در حالت تأمین خوارک از طریق خرید متنان از دولت، آورده طرف خارجی می‌تواند، دانش فنی، فن‌آوری و تجهیزات و آورده طرف داخلی می‌تواند، زمین و تأسیسات باشد. در این روش مدیریت بر عهده طرفی خواهد بود که سهام ممتاز متعلق به اوست. در این نوع سرمایه‌گذاری یک نوع تقسیم ریسک و مخاطرات صورت می‌پذیرد و دوطرف تلاش بالایی انجام می‌دهند که در یک فضای مناسب منافع خود را بیشتر کنند.	در حالت تأمین خوارک از طریق توسعه و بهره‌برداری مستقیم از مخزن، آورده طرف خارجی می‌تواند، دانش فنی، فن‌آوری و تجهیزات و آورده طرف داخلی می‌تواند، مخزن، زمین و تأسیسات باشد. در این روش نیز مدیریت بر عهده طرفی خواهد بود که سهام ممتاز متعلق به اوست. در این نوع سرمایه‌گذاری یک نوع تقسیم ریسک و مخاطرات صورت می‌پذیرد و دوطرف تلاش بالایی انجام می‌دهند که در یک فضای مناسب منافع خود را بیشتر کنند.

1) Engineering - Procurement - Construction - Commissioning

2) Engineering - Procurement - Construction

جدول (۲): مقایسه تطبیقی الگوهای های اجرایی به لحاظ ساختارهای سرمایه‌گذاری ... ادامه

روش	واحدهای مستقل تولید فرآوردهای GTL	واحدهای تولید فرآوردهای GTL همراه با توسعه و بهره‌برداری از مخزن
Buy-Back	در این روش سرمایه‌گذار خارجی با آوردهای خود (دانش فنی، فن‌آوری، تجهیزات و سرمایه) طرح را را اندازی کرده و نهایتاً سود و اصل سرمایه خود را از محل فروش محصولات طرح طی مدت زمان مشخص دریافت می‌دارد. این روش با توجه به نو بودن فن‌آوری GTL برای سرمایه‌گذاران خارجی دارای ریسک بسیار بالایی در حوزه‌های بازاریابی و فروش محصولات می‌باشد.	واگذاری حق بهره برداری و توسعه مخزن به سرمایه‌گذار خارجی و متعاقب آن امکان فروش محصولات جانی مانند میانات و مایعات گازی، ریسک این روش را برای سرمایه‌گذار خارجی کمی کاهش خواهد داد.
BOT	این روش در صورتیکه با طرح به عنوان یک کارخانه GTL مستقل برخورده شود و بهره بردار طرح، گاز مورد نیاز خود را به عنوان ماده اولیه کارخانه از دولت خریداری نماید در بین سایر روش‌های عنوان شده از جذابیت بیشتری هم برای دولت و هم برای سرمایه‌گذار خارجی برخوردار است.	این روش به دلیل واگذاری مخزن به سرمایه‌گذار خارجی و با توجه به شرایط و ویژگی‌های استراتژیک مخازن نفت و گاز، حتی برای مدت معین کمتر مورد توجه دولت‌های میزبان واقع خواهد شد.

چشم انداز و چالشهای توسعه سرمایه‌گذاری خارجی در ایران

سرمایه در تمامی نظریات و الگوهای رشد اقتصادی به عنوان موتور محرکه رشد و توسعه اقتصادی درنظر گرفته شده است. برهمنی اساس نیز اتخاذ تدبیری برای جذب سرمایه کافی به منظور تامین منابع مالی طرح‌های اقتصادی از جمله مهمترین دغدغه‌های تصمیم‌گیرندگان اقتصادی در هرجامعه است. این مهم و کمبود منابع پس انداز شده نسبت به نیازهای سرمایه‌ای در اغلب کشورها به ویژه کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، جذب سرمایه‌های خارجی را اجتناب ناپذیر کرده است. در این راستا و پس از گذشت قریب به ۴۷ سال از زمان تصویب اولین قانون سرمایه‌گذاری خارجی در ایران، در سال ۱۳۸۱ قانون جدیدی تحت عنوان «تشویق و حمایت سرمایه‌گذاری خارجی» با هدف فراهم آوردن بستر قانونی مناسب جذب و به خدمت گرفتن سرمایه و فن‌آوری خارجی و تحقق بخشیدن به توسعه اقتصادی کشور به تصویب رسید که جایگزین قانون پیشین یعنی «قانون جلب و حمایت از سرمایه‌های خارجی» مصوب ۱۳۳۴ شد. استراتژی دولت در امر جذب سرمایه‌گذاری خارجی براساس برنامه‌های توسعه‌ای سند چشم‌انداز ۲۰ ساله نظام و نیز ماده ۲ قانون تشویق و حمایت سرمایه‌گذاری خارجی مشخص شده است. مولفه‌های اصلی این استراتژی؛ مشارکت در رشد و توسعه اقتصادی کشور، خلق فرصت‌های شغلی، دسترسی به بازارهای بین‌المللی، تامین منابع ضروری برای پروژه‌ها، ارتقای سطح کیفی محصولات و انتقال تکنولوژی در نهایت، عمران و آبادانی کشور است.

در ایران برای دستیابی به سهمی از حجم بزرگ نقل و انتقال سرمایه در جهان تاکنون تلاش‌های بسیاری شده و موانع بسیاری پشت سر گذاشته شده است اما هنوز سهم ایران از جذب سرمایه‌های جهانی اندک است. واقعیت این است که یک متولی پذیرش و حمایت از سرمایه‌گذار خارجی در ایران وجود ندارد. همچنین شواهد و بررسی تجربی نشان میدهد که در اقتصادهایی همچون ایران که حاکمیت مطلقه قانون به رسمیت شناخته نمی‌شود، تلاش برای جذب سرمایه‌گذاری خارجی با وجود اعطای امتیازات و تسهیلات بیشتر همیشه با شکست مواجه بوده است. از این‌رو تلاش برای افزایش امنیت سرمایه

نشریه اذرآی ایران

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷ ۷۱

گذاری از طریق ثبات در سیاستهای دولت و عدم تغییر مداوم قوانین مربوطه می‌تواند از اولین اولویت‌ها برای تشویق سرمایه‌گذاری خارجی قلمداد شود. به طور کلی با توجه به امکان سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای مختلف جهان، به ویژه در سالهای اخیر که اغلب کشورها اقدامات اساسی درخصوص جلب بیشتر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی انجام میدهند، مطلوبیت تنها یک یا چند متغیر از انگیزه‌های اقتصادی مالی و فنی یا عوامل حمایتی، سیاستی و جغرافیایی به منظور اقدام شرکتهای مذکور برای سرمایه‌گذاری در یک پروژه خاص در یک کشور کافی نخواهد بود؛ بلکه ارزیابی تمام عوامل و به صورت یک مجموعه منجر به اتخاذ تصمیم انجام سرمایه‌گذاری یا عدم انجام سرمایه‌گذاری می‌شود. با وجود این، اتخاذ تدبیری در جهت اصلاح متغیرهای مورد بحث تا حدودی می‌تواند تضمین کننده جلب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به کشور باشد.^[۷]

راهکارهای اجرایی در جهت استفاده از فن‌آوری GTL در کشور

استفاده از فن‌آوری GTL و سرمایه‌گذاری در توسعه پایدار و فرآیند آن، یکی از راهکارهایی است که به نظر می‌آید با اتکاء به پتانسیل‌های صنعت گاز کشور، ضرورت دارد تا به منظور تحقق هر چه بهتر اهداف تعیین شده در چشم‌انداز ۲۰ ساله صنعت نفت و گاز کشور مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان این صنعت قرار گیرد. اما نکته قابل توجه، چگونگی بکارگیری و توسعه فن‌آوری جدید GTL در کشور می‌باشد. با توجه به آنچه گفته شد و بر اساس مطالعات صورت گرفته تاکنون، موارد زیر به عنوان خطوط راهنمای کلی و راهبردی به منظور بکارگیری فن‌آوری GTL در کشور پیشنهاد می‌گردد:

(۱) با توجه به لزوم تسریع در بکارگیری این فن‌آوری و نیز لزوم تثبیت آن در کشور، احداث واحدهای اولیه GTL در کشور باید براساس فن‌آوری‌های تثبیت شده جهانی صورت پذیرد و از تجارب کشورهای صاحب فن‌آوری در این زمینه استفاده گردد. مذکوره با چند شرکت صاحب نام در عرصه فن‌آوری GTL باید مدنظر سیاست‌گذاران قرار گیرد.

(۲) در کنار استفاده از فن‌آوری‌های تثبیت شده جهانی برای احداث اولین واحدهای GTL در کشور نباید از حمایت و سرمایه‌گذاری در زمینه دستیابی به فن‌آوری بومی GTL نیز غافل شد. با توجه به حرکت‌هایی که از سال‌های قبل در چند مرکز داخلی به منظور دستیابی به این فن‌آوری آغاز شده و نیز نتایج امیدوارکننده حاصل شده، در صورت رفع برخی از چالش‌های پیش رو که در بخش‌های آتی بدان اشاره خواهد شد، آینده بسیار خوبی برای فن‌آوری ایرانی GTL قابل پیش‌بینی می‌باشد.

(۳) پیشنهاد می‌شود در پروژه‌های بسیار بزرگ با چندین خط تولید ضمن لحاظ نمودن قابلیت توسعه برای پروژه، رسیدن به ظرفیت نهایی پروژه نیز در طی چند مرحله صورت بگیرد. این امر ضمن ایجاد فرصت برای برطرف نمودن عیوب و نواقص احتمالی مراحل قبلی، شرایط تأمین مالی پروژه را نیز تسهیل می‌نماید. همچنین به منظور تسهیل شرایط ساخت و احداث واحدهای بزرگ و بسیار بزرگ GTL و نیز امکان دسترسی به بازارهای فروش و سهولت صادرات، احداث چنین واحدهایی در نزدیکی ساحل دریا پیشنهاد می‌شود.

(۴) با توجه به اینکه فن‌آوری GTL در کشورمان در ابتدای دوران طفولیت خود قرار دارد، لذا به نظر می‌رسد در بحث نظامهای مالیاتی و سرمایه‌گذاری، تدارک زیرساختارها و خصوصاً قیمت گاز طبیعی، حضور و حمایت دولت به عنوان یکی از طرفین یا سهامداران طرح، ضروری باشد.



(۵) با توجه به بررسی‌های انجام گرفته، شرکت‌های صاحب فن‌آوری تمایل چندانی به واگذاری حق لیسانس فن‌آوری GTL ندارند و در موارد مشابه با ایران از جمله قطر، پروژه‌های GTL عمدهاً به صورت سرمایه‌گذاری مشترک و نیز توسعه هم‌زمان می‌آیند گازی و احداث واحد GTL انجام گرفته است. این روش از نظر کشور میزبان نیز دارای مزیت‌های مختلفی از جمله یکپارچه‌سازی چندین پروژه می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌شود پروژه‌های اولیه GTL به خصوص در میدان گازی پارس جنوبی به صورت توسعه هم‌زمان میدان و احداث واحد GTL در نظر گرفته شوند. به این ترتیب علاوه بر تولید محصولات GTL، محصولات جانبی نظیر مایعات و میعانات گازی نیز از این مجتمع به دست خواهد آمد.

(۶) لزوم مشارکت شرکت‌های داخلی در زمینه طراحی و ساخت واحدهای GTL با شرکت‌های صاحب فن‌آوری جهانی باید مورد توجه قرار گرفته و حداکثر استفاده از توان طراحی، مهندسی و ساخت داخلی به عمل آید.

بحث و نتیجه گیری

ایران پس از نفت، بالاترین مزیت نسبی در اقتصاد کشور را در بخش گاز و برای سالیان متمادی امکان تولید نفت و گاز را با قابلیت صادرات عمده به بازارهای جهانی دارا می‌باشد و از طرفی جهان همچنان در سال‌های آینده برای تأمین انرژی به نفت و گاز وابسته خواهد بود. این مزیت‌های نسبی، قابلیت جذب سرمایه و منابع خارجی، دسترسی به برترین فناوری‌های جهان مرتبط با نفت و گاز، قابلیت برونوگرابی و دسترسی به بازارهای بین‌المللی و در نهایت قابلیت تعامل بین‌المللی را برای کشور به همراه خواهد داشت. با انتکاء به پتانسیل‌های صنعت گاز کشور، فن‌آوری تبدیل گاز طبیعی به سوخت‌ها و مواد شیمیایی مایع یکی از راه کارهایی است که بایستی به منظور تحقق هر چه بهتر اهداف تعیین شده در چشم‌انداز ۲۰ ساله صنعت نفت و گاز کشور، مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان این صنعت قرار گیرد. در این مقاله، برایه پنج الگوی اجرایی؛ احداث واحد GTL همراه با توسعه و بهره‌برداری از مخزن گازی، احداث واحد تولید فرآورده‌های GTL به صورت مستقل، احداث واحدهای تولید فرآورده‌های GTL در کنار نیروگاه‌های تولید برق، احداث واحدهای تولید GTL در کنار اجرای طرح‌های LNG و اجرای اتفاقی از قابل سرمایه‌گذاری، ایجاد یک شرکت سرمایه‌گذاری مشترک مابین دولت میزبان و دارندگان توان و دانش فنی و اجرایی می‌باشد. در الگوی دوم نیز با توجه به مستقل بودن آن از فرآیند توسعه و بهره‌برداری از مخزن، می‌توان در زمینه سرمایه‌گذاری و حتی انتقال دانش فنی از قابل قرارداد به صورت‌های سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، انتقال از طریق حق امتیاز یا لیسانس، سرمایه‌گذاری مشترک، قراردادهای بیع متقابل و قراردادهای ساخت-بهره‌برداری-انتقال (BOT) برای هریک از ۵ الگوی مذکور مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

با توجه به تجربیات مشابه در کشورهای دیگر و ماهیت این گونه پروژه‌ها، نتایج به دست آمده حاکی از آن است که در الگوی اول مناسب‌ترین قالب سرمایه‌گذاری، ایجاد یک شرکت سرمایه‌گذاری مشترک مابین دولت میزبان و دارندگان توان و دانش فنی و اجرایی می‌باشد. در الگوی دوم نیز با توجه به مستقل بودن آن از فرآیند توسعه و بهره‌برداری از مخزن، استفاده نمود. در این شرایط قیمت گاز طبیعی در اقتصاد پروژه و شرایط مالی آن نقش تعیین‌کننده‌ای خواهد داشت و پیشنهاد می‌گردد همواره قیمت واقعی آن جهت فروش به اینکهنه واحدها مدنظر دولت قرار گیرد. از طرفی، در الگوی سوم، احداث تأسیسات نیروگاهی باید در قالب قراردادهای واحدهای GTL و طی یک فاز جداگانه گنجانده شود. دلیل این امر را می‌توان حجم ناچیز هزینه‌های سرمایه‌گذاری تأسیسات نیروگاهی نسبت به کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری دانست. برای الگوی چهارم نیز استفاده از قالب‌های قراردادی سرمایه‌گذاری مشترک (Joint Venture) با دارندگان دانش و توان فنی

نشریه انرژی ایران

سال ۱۱ شماره ۲۸ شهریور ۱۳۸۷ ۷۳

و اجرایی مطلوب‌تر می‌باشد. در این الگو استفاده از صاحبان فن‌آوری که دانش و توان فنی تؤمنان هر یک از ۴ بخش؛ توسعه و بهره‌برداری از مخزن و پالایش تصفیه گاز طبیعی، احداث واحد GTL، احداث تأسیسات نیروگاهی جهت تولید برق در ادامه واحد GTL و احداث واحد مایع‌سازی گاز طبیعی (LNG) را دارا می‌باشند، توصیه می‌گردد. در نهایت برای بکارگیری الگوی پنجم، استفاده از دانش فنی و سرمایه‌گذاری‌های داخلی در احداث واحدهای کوچک GTL، به ویژه برای میادین نفتی دارای گازهای همراه که در حال حاضر سوزانده شده و حجم مناسبی نیز برای تزریق به میادین نفتی ندارند، توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله، برگرفته از مطالعاتی است که توسط شرکت مهندسین مشاور سنجش امکان طرح در دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی وزارت نیرو در سال ۱۳۸۵ انجام شده است که بدین وسیله تهیه کنندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مدیریت و کارشناسان محترم آن شرکت به عمل می‌آورند.

منابع

- [۱] ابزری، مهدی و هادی تیموری؛ "جربان سرمایه‌گذاری خارجی در کشورهای توسعه نیافته"، ماهنامه تدبیر، سال هیجدهم، شماره ۱۷۹، فروردین ۱۳۸۶.
- [۲] احمدپور، احمد؛ "سرمایه‌گذاری خارجی و رشد اقتصادی"، مجله بورس، ۱۳۸۶/۵/۲۷.
" " []
" (GTL) " " []
" " / / []
" " / / []
" " []
" " []
" " []
" " []
" " []
[10] A.P. Steynberg and M.E. Dry, "Fischer- Tropsch Technology", Elsevier, 2004.
[11] BP Statistic Review of World Energy, June 2006.
[12] Kobayashi, H., "Gas to Liquids (GTL)", JGC Corporation, Oct. 2002.
[13] M. Iay and P. Cook, "Fundamentals of Gas to Liquids", Petroleum Economist, 2003.
[14] www.NIGC.ir
[15] www.NIOC.ir
[16] www.platts.com
[17] www.shell.com

Assessment of Investment and Technical Knowledge Transfer Patterns of Gas Conversion Into Fuel and Liquid Chemical Products (GTL) And Presenting Executive Approaches

Kh.Kazemi^{1,2}, M.Farmad¹, M.Tavanpour¹

Received:

4 February 2008

Accepted:

11 May 2008

Keywords:

GTL
Technology,
Natural Gas,
Technical
Knowledge
Transfer and
Investment.

ABSTRACT

Rapid development of gas industry such as other energy sectors, has been affected from important technologies introduced from the middle of twentieth century. GTL technology to convert natural gas into fuel and liquid chemical products contributes to improving natural gas transportation to remote areas, increasing added value, recovering associated gas and converting it to high quality products as well as meeting environmental objectives. For these reasons, countries with large natural gas reserves have been encouraged to use and develop GTL. In this respect, this paper tries to present a brief introduction of GTL process as well as five executive approaches for desirable deployment of this technology. These approaches include establishing GTL plants with development and operation of gas fields, establishing independent GTL plants, establishing GTL plants beside power plants, establishing GTL plants beside LNG plants, and operating small GTL projects at the oil fields. Conditions and characteristics for investment, technical knowledge transfer and different contract formats such as foreign direct investment (FDI), license agreements, joint venture, buy back and build-operate-transfer (BOT), for five preceding approaches are also analyzed and compared. Finally, this paper introduces approaches for implementation of the prementioned contracting formats from techno-financial aspects.

1) Ministry of Energy, Power and Energy Planning Dep. Deputy for Energy and Electricity Affairs.

2) Khkazemi@moe.org.ir



Exergy Analysis of LOSHAN Power Plant Steam

E.Bafekrpouri,¹ M.Babaei,¹ M.R.Nobari¹

Received:

2 June 2008

Accepted:

21 June 2008

ABSTRACT

In this study the elements of the steam cycle of Loshan natural

gas power plant have been analyzed from the exergy point of

view and two parameters, waste and exergy efficiency, which are

important measures for system analysis, are calculated for steam

Keywords:

Exergy Analysis,
Disordered
Energy,
Irreversibility,
Efficiency,
Losses.

cycle elements. The results indicate that the boiler, in which heat

transfer and combustion processes take place, is the main factor in

waste of exergy.

1) Amirkabir University of Tehchnology, Mechanical Engineering Dep.

The Numerical Analysis of Performance of Wind Towers as Passive Cooling Systems in Hot, Arid Regions

M.Mazidi,¹ M.SH. Mazidi¹

Received:

19 July 2008

Accepted:

31 August 2008

ABSTRACT

Wind Towers are small towers, which have been used for the natural ventilation of the buildings in hot, arid regions of Iran since many years ago. When the wind blows, air enters the channel of wind tower, it transfers the heat to the internal surface of wind tower walls and finally the cool air comes into the building.

The most important advantage of wind towers is air conditioning and air cooling without any use of electrical energy. In this study, the performance of the tallest wind tower of the world (wind tower of Dolatabad garden in city of Yazd) is analyzed by employing a CFD package. The temperature, pressure and velocity disturbances of air at different cross-sections and along the column of wind tower are investigated. Heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics principles are applied in order to evaluate the performance of wind towers. Finally, the results are presented.

Keywords:

Wind tower,
Passive cooling,
Natural
ventilation,
Numerical
analysis,
Building.

1)Yazd, Bafgh, Bafgh Branch, Islamic Azad University, Mechanical Engineering Department,
mazidi_mohsen@yahoo.com



Biodiesel Production from Microalgae

B.Najafi,^{1,2}

A.H. Zamzamian,¹

M.A.Hejazi,¹

M.Torkian¹

Received:

19 July 2008

Accepted:

18 October 2008

ABSTRACT

The reduction of fossil fuels and environmental problems have made researchers look for a substituting fuel that is renewable and produces less pollution. The biological fuels, especially biodiesel, are probable to get common as suitable fuels that are adjustable with the present diesel motors. Biodiesel is an alkyl ester that is obtained from vegetable oils and is identical to diesel #2, but because it causes less pollution it is counted as an environment-friendly fuel. vegetable oils, waste vegetable oils from cookery, and animal fat are sources of biodiesel production; however, these sources are not able to account for human requirements. As microalgae grow rapidly and can produce large amounts of oil, they can be taken into account as a renewable source for biodiesel. Microalgae exploit the sunray and carbon dioxide to photosynthesize and to produce oil, but compared with vegetable oils they have a higher percent of oil. These micro-organisms are able to grow in various environmental conditions and can be produced artificially and via photobioreactors. The process of producing biodiesel from microalgae has three stages: growth, oil extraction and oil exchange into biodiesel, all of which are dealt with in this study.

Keywords:

Biodiesel,

Microalgae,

Alternative Fuel.

1) University of Mohagegh Ardabili, Department of Mechanic of Agricultural Machinery Engineering.

2) Bahman_Najafi@yahoo.com

Thermo Economical Comparison of Absorption and Vapor Compression Central Cooling Systems used in Climates of Iran

Sh. Mansouri,^{1,2} S. Rostami,¹ M. Jabbar,¹ M.Nouri,¹

Received:
19 July 2008

Accepted:
18 October 2008

ABSTRACT

Widespread application of central cooling systems in socio economic sectors and also in different climates of country needs thorough investigation to present a pattern for determination of effect of consumer type, climate and cooling capacity. In this paper, central cooling systems have been analyzed by "Annual Equivalent Method" and usage of them has been investigated from the consumer, energy supplier and national point of views. The systems, which are prioritized, contain air cooled and water cooled vapor compression chillers and five kind of absorption chillers including hot water single effect, direct fire, steam single effect, double effect and warm water single effect. The appropriate system with regard to cooling capacity, climate and consumer type are the results that will be presented in this paper.

Keywords:
Cooling
Systems, Vapor
Compression,
Absorption,
Prioritizing,
Economical
Analyze,
Climate.

1) Iran, Tehran, Niroo Research Institute, Energy and Environment Dep.
2) Shmansoori@nri.ac.ir



The Effect of Mass Transfer on Dispersed Phase Distribution in a Pulsed Packed Column

A. Taheri,^{1,2} I.Goodarznia , S.J.Safdari,¹

Received:

16 September 2008

Accepted:

11 September 2008

ABSTRACT

Although pulsed columns are used in both packed and sieve plate, but more investigations had been done on the pulsed sieve columns. Dispersed phase holdup is one of the most important parameter used in design of pulsed packed columns. This work is the result of experiments on a glass pulsed packed column on a laboratory scale with 2 in. diameter. The variation of the dispersed phase holdup with height and the effect of mass transfer were studied experimentally in this work. As shown later, with height increasing, dispersed phase holdup is increased. When mass transfer is from continuous phase to dispersed phase holdup is decrease. When the direct of mass transfer is from dispersed phase to continuous, vice versa, holdup decreased with increasing of height.

Keywords:

Pulsed Packed

Column, Holdup,

Liquid-Liquid

Extraction.

1) Sharif university of Technology Research Center of Atomic Energy, chemical Engineering Department.
2) Armin.taheri@gmail.com

Nanostructured Titania membrane: preparation, characterization and photocatalytic activity

Ali Alem^{1,2}, Hossein Sarpoolaky¹

Received:

19 July 2008

Accepted:

28 September 2008

ABSTRACT

A functional layer of titania membrane on alumina substrate is successfully fabricated, via the sol-gel processing method, and the photocatalytic activity of the final membrane is determined. Results show the average particle size of 55.6 nanometers of the final titania sol. Microstructural investigations of the final membrane show the thickness of 930 nm for the titania layer. The layer is crack-free, it shows that the preparation procedure is optimum. The photoactivity of the membrane is measured via the degradation of methyl orange in the presence of ultraviolet radiation. After 9 hr radiation, methyl orange is degraded 27%. Parameters such as calcination time and temperature that affect the photoactivity of the membrane are investigated.

Keywords:

Titania,
Membrane,
Photocatalytic
activity.

1) Iran, Tehran, Iran University of Science and Technology, Department of Materials Science and Engineering.

2) alialem59@gmail.com

Contents

■ Nanostructured Titania membrane: preparation, characterization and photocatalytic activity	1
□ Ali Alem, Hossein Sarpoolaky	
■ The Effect of Mass Transfer on Dispersed Phase Distriution in a Pulsed Packed Column	2
□ A.Taheri, I.Goodarzina, S.J.Safdari	
■ Thermo Economical Comparison of Absorption and vapor Compression Central Cooling Systems used in Climates of Iran	3
□ Sh.Mansouri, S.Rostami, M.Jabar, M.Nouri	
■ Biodiesel Production from Microalgae	4
□ B.Najafi, A.H.Zamzamian, M.A.Hejazi, M.Torkian	
■ The Numerical Analysis of Performance of Wind Tower as Passive Cooling Systems in Hot, Arid Regions.	5
□ M.Mazidi, M.SH.Mazidi	
■ Exergy Analysis of LOSHAN Power Plant System	6
□ E.Bafekrpour, M.Babaei, M.R Nobari	
■ Assessment of Investment and Technical Knowledge Transfer Patterns of Gas Conversion Into Fuel and Liquid chemical Products (GTL) and Presenting Executive Approaches	7
□ Kh.kazemi, M.Farmad, M.Tavanpour	

review for printing and all authors are aware of the submission of the article to the Iran Journal of Energy". With regard to the preparation of Website of the journal, it is appropriate to put the address of the website and method of uploading as well.

Abstract:

- ✓ A summary of the objective and main research methodology and the general outcomes resulting from that at most in 200 words in both English and Persian
- ✓ The English abstract should be exactly equal to the Persian abstract.
- ✓ After acceptance of article for printing, it is necessary for the authors to submit an extended abstract at most in one page in English.
- ✓ It is necessary to submit the electronic file of the article in Microsoft word and also in PDF form.

Key terms: It is necessary to put at most six key terms in Persian and English at the end of the abstracts.

Introduction: It is a review of the works already conducted by other researchers in the same field by citing the name of reference and the structure of the presented materials in the article.

Methodology and experiments: It is a full explanation on research methodology and method of experiments conducted along with tables, figures and related explanations.

Results and analysis of results: A summary of the outcomes resulting from the conducted researches and tests and discussion on the results with an emphasize on new findings, results and summing up the results. The conclusion can be presented in a separated part.

Acknowledgement: Author can point out the research contracts which the article has been prepared within that framework and the names of those who have contributed with him/her in this part.

Footnotes: All footnotes should be numbered with a number which has been used in the text from number 1 before the references.

References: All references being used from other researchers should be specified in the text of article with the name of the author and contributors in the original language and with the date of publication in front of it and their list should be put at the end of article alphabetically. If the refereed article has two authors, then and is put between them. If there are more than two authors, then the term et al should be written. For example:

If the reference in use is a journal, the following format should be used:

[1], Gholamali Rahimi, Iranian Journal of Energy, No. 26, Page. 29, Year 10th, 2006

[1] Linnhoff, B. and Ahmad, S., Optimal Synthesis of Energy Management Systems, TASME (J.Eng. Res.Tech.), III (3), PP. 121-130, 1989

If the reference is a book, the following format should be used:

[2] Suleimani , Mohammad, Principles of Radar, Iran University of Science and Technology, Tehran, 1996

[2] Linnhoff, B. et al , User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy , 1. chem..E, UK, 1988.

Symbols: The author can put the symbols and notations which have been used at the article at the end of article.

Type, features and method of presenting articles

1. The submitted articles for the "Iran Journal of Energy" should not have been published in any other journals of the local publications.
2. Concerning the articles extracted from a research, if the researcher has used the financial resources of his/her affiliated organization or other organizations, it is necessary for him/her to mention the case at the end of article and at the part allocated to acknowledgement.

B. Features of the submitted articles

1. Name and family name of author and authors should be written at the first page and under the title of article. The address of professional position or academic position of the authors who are not member of academic staff and the address of their working place should be mentioned at the footnote of the first page.
2. The title of the article should be in CAPITAL black letters in at most 60 words in the first page of article with the same font of title and size 20 and other titles such as: abstract, introduction, titles of the main parts of article, conclusion, list of references, list of abbreviations, key terms and acknowledgment should be written in Yagut fonts and size 11 (bigger than text).
3. The submitted articles should have main parts of an article which include: abstract (in Persian and English), key terms, introduction, titles of main parts of experiment and research, results and analysis of results, conclusion, references and acknowledgment.
4. The title (captions) of tables should be put above them and the titles of illustrations and diagrams should be mentioned below them. The preferred place of diagrams, tables and figures should be specified after the first reference in the text. In the Persian articles , Persian numbers should be used in figures , diagrams and tables.
5. The physical units in all articles should be in metric system and every other system should be written in the parentheses if necessary.
6. The formulas and relationships should begin from the end of the lines in the left side and to be numbered at the right side.
7. Avoid using Latin words and terms which have a Persian equivalent and use standard signs.
8. Avoid using foreign terms as much as possible and put the equivalent terms of the words in form of footnote at the bottom of pages.
9. Concerning the translation of articles, the translator should submit the original article along with the translation to the office of Journal.
10. The references in the text should be specified by putting the name of the authors in original language along with date in front of it, for instance, Yousefi(2003) or Ahmadzadeh(1379) .

C- Articles submission

Articles should be presented in one face of A4 paper and in 1.2 cm spaced at most in 12 pages (25 lines in 12-point Mitra font, size 12) along with the electronic file (CD) of the article in Microsoft Word. In the letter of article submission, it should be stated that "this article is not going to publish in other journal or it is not under the process of

In The Name of God

IRANIAN JOURNAL OF ENERGY

**Vol.11 No. 28
September 2008**

Publisher: National Energy Committee of Islamic Republic of Iran

Managing Director: H. Chitchian

Editor - in - Chief: M. Sadeghzadeh

Executive Manager: F. Amini

Editorial Board:

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| ■ Dr. Ayatollahi- mohammad reza | ■ Dr. Abdoli – Mohammad |
| ■ Dr. Ahmadian-Mohammad | ■ Eng. Farmad - Majid |
| ■ Dr. Ashjaee - Mehdi | ■ Dr. Kari - Behrouz |
| ■ Bakhtiar - Mohsen | ■ Dr. Kahrobaian - Ahmad |
| ■ Tavanpoor Paveh - Mostafa | ■ Dr. Manzoor - Davood |
| ■ Dr. Sadeghi - Mehdi | ■ Dr. Moulssavi Torshizi – Ebrahim |

■
**This journal is published with
the support of Ministry of Energy (I.R.Iran)**
■

Address: Iranian Journal of Energy, National Energy Committee of I.R.Iran,
7th floor, Building of Ministry of Energy, Niayesh Exp' way,
Vali-e-Asr Ave., Tehran-Iran

Tel: 0098 – 21 – 81606860, **Fax :** 0098-21-81606822

E-mail: energyjournal@moe.org.ir