

مقایسه فنی و اقتصادی چیلرهای جذبی و تراکمی

Technical & economical contrast absorption & Compression Chiller

افشین عابدی^(۱)

Afshina1976@gmail.com

کسری خسرویان^(۲)

Kasra.kh1986@yahoo.com

چکیده

در حال حاضر انواع چیلرهای جذبی و تراکمی به منظور تأمین آب سرد جهت تأمین بار برودتی ساختمانها تولید و به بازار عرضه می شوند. حال اینکه در چه مواردی بهتر است از چیلر جذبی و در چه مواردی بهتر است از چیلر تراکمی استفاده شود، موضوعی است که با در نظر گرفتن موارد مختلف از جمله سهولت کاربرد، هزینه های اولیه و جاری، فضاهای مورد نیاز و ... قابل بررسی می باشد. شایان ذکر است که به دلیل تنوع بالای این دستگاه ها، بررسی و مقایسه تمامی آنها امکان پذیر نبوده و به همین دلیل در این مقاله به بررسی و مقایسه دو سیستم چیلر تراکمی اسکرو و چیلر جذبی شعله مستقیم از نظر هزینه اولیه، هزینه راهبردی و هزینه های مصرف انرژی و مصرف آب پرداخته شده است.

(۱) کارشناس ارشد مهندسی مکانیک،

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد شهر مجلسی،

طرح سپاهان

مدیر عامل شرکت مهندسان مشاور دقیق طرح سپاهان

(۲) کارشناس مهندسی تأسیسات،

کارشناس فنی شرکت مهندسان مشاور دقیق

مقدمه:

امروزه پیشرفت تکنولوژی در تمامی زمینه های علمی و مهندسی باعث گردیده تا گزینه های مختلفی برای انتخاب روش ها، سیستم ها و تجهیزات مناسب به منظور نیل به یک هدف واحد و پیش روی طراحان سیستم های فنی و مهندسی قرار گیرد. که دانش به روز و شناخت کافی تنها راه حل منطقی برای انتخاب بهترین گزینه از میان گزینه های پیش رو با در نظر گرفتن پارامترهای اساسی مورد نیاز طرح می باشد. یکی از این موارد انتخاب دستگاههای مرکزی ایجاد سرمایش در سیستم های تهویه مطبوع ساختمان می باشد، با توجه به گسترش روزافزون تقاضا، تولید این دستگاه ها بسیار متنوع شده، که از آن جمله می توان به انواع چیلرهای جذبی و تراکمی اشاره نمود. بی شک استفاده از این تجهیزات همراه با دستگاه های هواساز یا فن کویل، یکی از مناسب ترین سیستم های تهویه مطبوع را برای یک ساختمان فراهم می آورد. حال اینکه در چه مواردی بهتر است از چیلر جذبی و در چه مواردی بهتر است از چیلر تراکمی استفاده شود، موضوعی است که با در نظر گرفتن موارد مختلف از جمله سهولت کاربرد، هزینه های اولیه و جاری، فضاهای مورد نیاز و ... قابل بررسی می باشد. در این مقاله به بررسی این موارد برای چند ظرفیت مختلف از این نوع دستگاهها پرداخته خواهد شد. شایان ذکر است که به دلیل تنوع بالای این دستگاه ها، بررسی تمامی آنها امکان پذیر نبوده و به همین دلیل آخرین تکنولوژی موجود در بازار ایران در هر دو نوع جذبی و تراکمی بررسی شده است. بدین ترتیب این مقایسه بین چیلرهای تراکمی نوع اسکرو (Twin Screw) و چیلرهای جذبی شعله مستقیم دو اثره شرکت هیتاچی ژاپن صورت می گیرد.

فرضیات:

- این مقایسه بین ظرفیتهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ تن تبرید به عنوان نمونه می باشد.
- در محاسبه هزینه های اولیه، هزینه های متعلقات سیستم گرمایش ساختمان، آب گرم مصرفی و پمپ های سیرکولاسیون آب سرد (Chilled) سیستم سرمایش ساختمان به دلیل اشتراک بین دو سیستم در نظر گرفته نمی شود.
- این مقایسه ها براساس مشخصات فنی موجود در کاتالوگ کارخانه سازنده دستگاهها می باشد.
- چیلرهای جذبی و تراکمی مورد مقایسه هر دو از محصولات تولیدی شرکت هیتاچی ژاپن بوده که در زمینه چیلرهای تراکمی و چیلرهای جذبی به بالاترین تکنولوژی روز دنیا دست یافته است.
- شرایط ساختمان در مورد مساحت و فاصله موتورخانه تا بام بر اساس ظرفیت های مورد نظر مفروض بوده و برای استفاده از هر دو نوع چیلر ثابت در نظر گرفته می شود.
- به جز بخشهای مربوط به مسیر آب خنک کننده بین کندانسور و برج خنک کننده شامل برج خنک کننده، پمپ های آب خنک کننده، تجهیزات مربوط به این پمپ ها و مسیرهای ارتباطی چیلر تا برج خنک کننده، همچنین سختی گیر و مسیرهای مربوط به آن، سایر بخش ها در صورت استفاده از چیلر جذبی یا تراکمی بین دو سیستم یکسان خواهد بود. بنابراین در مقایسه هزینه های اولیه و جاری تنها این موارد در نظر گرفته می شود.
- در این مقایسه هزینه های اولیه چیلرهای جذبی و تراکمی از لیست قیمتهای شرکت تولید کننده و سایر تجهیزات از فهرست بهای پایه مکانیکی ساختمان سال ۸۷ استخراج شده است.

مقایسه فنی:

چیلر های جذبی دستگاه هایی هستند که بر اساس جذب و دفع مبرد (آب) توسط ماده جاذب (لیتیم برماید) به ترتیب در بخش های جاذب (ابزوربر) و ژنراتور توانایی ایجاد برودت (تولید آب سرد) در بخش اواپراتور را بر اثر تبخیر مبرد دارند، که البته برای کامل شدن سیکل تبرید نیاز به یک منبع دمایی نسبتا پایین (آب خنک کننده) در بخش کندانسور برای تقطیر مبرد دارند. چیلرهای جذبی برای فرآیند ایجاد سرمایش به یک منبع انرژی گرمایی نیاز دارند که در چیلرهای جذبی شعله مستقیم این منبع انرژی حرارتی از احتراق گاز داخل ژنراتور دستگاه ایجاد می گردد. چیلرهای جذبی دو اثره از دو ژنراتور، ژنراتور دما بالا و ژنراتور دما پایین برای افزایش بازده بهره می برند. چیلر جذبی مورد نظر دارای (COP=1.13) در رده ی بالاترین ضریب عملکرد بین چیلرهای جذبی موجود در بازار ایران با احتساب ارزش حرارتی گاز ایران می باشد.

چیلرهای تراکمی یک سیکل ساده تبرید با چهار بخش اصلی کمپرسور، کندانسور، اواپراتور و شیر انبساط می باشد که بر اساس سیکل تبرید کارنو کار می کند. کمپرسور که بخش اصلی دستگاه است می تواند از نوع رفت و برگشتی، دوار (اسکرال، اسکرو و...) یا سانتریفوژ باشد. در بین کمپرسور ها، کمپرسور نوع اسکرو دارای بالاترین راندمان بوده و در نوع Twin Screw به دلیل کاهش قطعات مکانیکی نسبت به انواع دیگر کمپرسور عمر مفید دستگاه در حد قابل توجهی افزایش یافته است. چیلرهای تراکمی مورد مقایسه در این متن از نوع Twin Screw با سیستم کنترل ظرفیت پیوسته (Continuous Control) بوده و دارای ضریب عملکرد (COP=5.2) می باشد، که این مقدار نیز در بین چیلر های تراکمی کم نظیر می باشد. همچنین استفاده از کمپرسور اسکرو و مبدلهای صفحه ای، ابعاد این چیلر را به میزان زیادی کاهش داده است.

مقایسه اقتصادی:

در این قسمت به صورت جداگانه به بررسی اقتصادی استفاده از چیلر تراکمی یا جذبی برای سه ظرفیت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ تن تبرید در دو بخش هزینه های اولیه و جاری پرداخته می شود. در جداول شماره ۱ و ۲ به ترتیب مشخصات فنی چیلر های تراکمی اسکرو و چیلرهای جذبی شعله مستقیم دو اثره در سه ظرفیت مورد نظر آورده شده است.

جدول شماره ۱: مشخصات فنی چیلر های تراکمی اسکرو

۲۰۲ تن تبرید	۱۰۱ تن تبرید	۲۰۲ تن تبرید (۲*۲۰۲)	تن تبرید
۲۹۰/۸	۷۶/۸	۱۴۵/۴	توان مورد نیاز کمپرسور (kw)
۲۴۴/۲	۶۱/۱	۱۲۲/۱	دبی آب سرد (m^3/hr)
۱۲-۷	۱۲-۷	۱۲-۷	دمای ورود و خروج آب سرد (c°)
۴۵	۴۳	۴۵	افت فشار آب سرد (kpa)
۲۹۴/۲	۷۴/۳	۱۴۷/۱	دبی آب خنک کننده (m^3/hr)
۳۰-۳۵	۳۰-۳۵	۳۰-۳۵	دمای ورود و خروج آب خنک کننده (c°)
۶۱	۶۲	۶۱	افت فشار آب خنک کننده (kpa)
۳/۶۸	۰/۹۳	۱/۸۴	مصرف آب برج خنک کننده (m^3/hr)

نکته: برای ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید به دلیل ساخته نشدن دستگاهی با این ظرفیت از دو دستگاه چیلر تراکمی هر یک به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید استفاده شده است.

جدول شماره ی ۲: مشخصات فنی چیلر های جذبی شعله مستقیم دو اثره

۴۰۰ تن تبرید	۲۱۰ تن تبرید	۱۰۰ تن تبرید	
۲۴۲	۱۲۷	۵۵	دبی آب سرد (m^3/hr)
۱۲-۷	۱۲-۷	۱۲-۷	دمای ورود و خروج آب سرد (c°)
۱۰۳	۴۵	۴۲	افت فشار آب سرد (kpa)
۴۰۰	۲۱۰	۹۱/۴	دبی آب خنک کننده (m^3/hr)
۳۲-۳۷/۵	۳۲-۳۷/۵	۳۲-۳۸	دمای ورود و خروج آب خنک کننده (c°)
۱۰۴	۸۸	۳۸	افت فشار آب خنک کننده (kpa)
۱۰/۷	۶	۳/۵۱	انرژی الکتریکی مورد نیاز دستگاه (kw)
۱۲۸	۶۷/۳	۳۷	مصرف گاز بر اساس ارزش حرارتی گاز ایران (m^3/hr)
۸	۴/۲	۱/۸	مصرف آب برج خنک کننده (m^3/hr)

نکته: نزدیکترین ظرفیت به ظرفیت ۲۰۰ تن تبرید در میان تولیدات این کمپانی در زمینه چیلر جذبی، چیلر ۲۱۰ تن تبرید می باشد که در محاسبات در نظر گرفته شده است.

مقایسه چیلر تراکمی اسکرو ۱۰۱ تن تبرید و جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید

هزینه های اولیه:

در جداول ۴ و ۳ به عنوان نمونه تجهیزاتی که بین دو سیستم مشابه نبوده برای دو سیستم تراکمی اسکرو به ظرفیت ۱۰۱ تن تبرید و جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید مشابه نمی باشد، آورده شده است.

جدول شماره ی ۳: تجهیزات غیر مشترک مربوط به چیلر تراکمی ۱۰۱ تن تبرید

ردیف	نام تجهیز یا دستگاه	تعداد	کاربرد
۱	برج خنک کن به ظرفیت ۷۴.۳ متر مکعب بر	۱ دستگاه	آب خنک کننده ی کندانسور

ساعت			
۲	پمپ رده ۲۰۰-۸۰ (مکش ۵ اینچ و رانش ۴ اینچ)	۲ دستگاه	بین برج خنک کن و کندانسور
۳	سختی گیر (به ظرفیت ۳۵۰۰۰۰ گرین)	۲ دستگاه	کاهش سختی آب جبرانی برج خنک کن
۴	شیر کشویی ۵ اینچ	۲ عدد	مکش پمپ های برج خنک کن
۵	شیر کشویی ۴ اینچ	۳ عدد	رانش پمپ های برج خنک کن و بای پاس
۶	لرزه گیر ۵ اینچ	۲ عدد	مکش پمپ های برج خنک کن
۷	لرزه گیر ۴ اینچ	۲ عدد	رانش پمپ های برج خنک کن
۸	صافی ۵ اینچ	۲ عدد	مکش پمپ های برج خنک کن
۹	شیر یکطرفه ۴ اینچ	۲ عدد	رانش پمپ های برج خنک کن
۱۰	شیر کشویی ۱/۲ و ۱ اینچ	۳ عدد	مربوط به سختی گیر
۱۱	لوله پر کن آب برج خنک کننده ۱/۲ و ۱ اینچ	۲۲ متر	مسیر سختی گیر تا برج خنک کننده

جدول شماره ۴: تجهیزات غیر مشترک مربوط به چیلر جذبی شعله مستقیم ۱۰۰ تن تبرید

ردیف	نام تجهیز یا دستگاه	تعداد	کاربرد
۱	برج خنک کن به ظرفیت ۹۱.۴ متر مکعب بر ساعت	۱ عدد	آب خنک کننده ی کندانسور
۲	پمپ رده ۲۰۰-۱۰۰ (مکش ۶ اینچ و رانش ۵ اینچ)	۲ عدد	بین برج خنک کن و کندانسور
۳	سختی گیر (به ظرفیت ۵۵۰۰۰۰ گرین)	۲ عدد	کاهش سختی آب جبرانی برج خنک کن
۴	شیر کشویی ۶ اینچ	۲ عدد	مکش پمپ های برج خنک کن
۵	شیر کشویی ۵ اینچ	۳ عدد	رانش پمپ های برج خنک کن و بای پاس
۶	لرزه گیر ۶ اینچ	۲ عدد	مکش پمپ های برج خنک کن
۷	لرزه گیر ۵ اینچ	۲ عدد	رانش پمپ های برج خنک کن
۸	صافی ۶ اینچ	۲ عدد	مکش پمپ های برج خنک کن
۹	شیر یکطرفه ۵ اینچ	۲ عدد	رانش پمپ های برج خنک کن
۱۰	شیر کشویی ۲ اینچ	۳ عدد	مربوط به سختی گیر
۱۱	لوله پر کن آب برج خنک کننده ۲ اینچ	۲۲ متر	مسیر سختی گیر تا برج خنک کننده

نکته: لوله مسیر آب خنک کننده بین چیلر و برج برای این ظرفیت برای دو سیستم تراکمی یا جذبی مشابه و برابر ۵ اینچ می باشد در حالیکه در دو ظرفیت دیگر به دلیل افزایش قابل توجه دبی آب خنک کننده برای چیلر جذبی نسبت به تراکمی قطر لوله برای سیستم جذبی بیشتر خواهد بود.

هزینه های اولیه مربوط به این ظرفیت برای دو سیستم مورد نظر در جدول شماره ی ۵ آورده شده است. فضای مورد نیاز با در نظر گرفتن فضای دسترسی برای چیلر تراکمی حدود ۱۰ متر مربع و برای چیلر جذبی ۲۱ متر مربع می باشد و با در نظر گرفتن یک مقدار متوسط قیمت هر متر مربع از فضای موتورخانه برابر با سه میلیون ریال برآورد شده است.

جدول شماره ی ۵ : برآورد هزینه های اولیه در ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید

اختلاف هزینه های بین دو سیستم	سیستم تراکمی اسکرو ۱۰۱ تن تبرید	سیستم جذبی شعله مستقیم ۱۰۰ تن تبرید	قیمت دستگاه چیلر(ریال)
۲۲۰.۰۰۰.۰۰۰	۸۳۰.۰۰۰.۰۰۰	۱.۰۵۰.۰۰۰.۰۰۰	قیمت کل تجهیزات غیر مشترک(ریال)
۵۴.۳۳۶.۰۰۰	۱۶۴.۱۹۹.۰۰۰	۲۱۸.۵۳۵.۰۰۰	هزینه فضای مورد نیاز برای چیلر(ریال)
۳۳.۰۰۰.۰۰۰	۳۰.۰۰۰.۰۰۰	۶۳.۰۰۰.۰۰۰	مجموع هزینه های اولیه(ریال)
۳۰۷.۳۳۶.۰۰۰	۱.۰۲۴.۱۹۹.۰۰۰	۱.۳۳۱.۵۳۵.۰۰۰	

هزینه های جاری:

در این قسمت به بررسی هزینه های جاری استفاده از چیلر تراکمی یا جذبی برای ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید پرداخته خواهد شد. این هزینه ها شامل هزینه های انرژی و هزینه های مربوط به تعمیر و نگهداری می باشد که بصورت جداگانه بررسی خواهند شد. برای محاسبه هزینه های انرژی برق با استفاده از تعرفه های ارائه شده توسط سازمان برق منطقه ای اصفهان برای مصارف عادی کد تعرفه ی ۲-۲ (مصارف خانگی) برای انشعاب سه فاز فشار ضعیف ۳۰ کیلو وات و بیشتر به مطابق جدول شماره ی (۶) می باشد. در جدول شماره ی (۷) مصارف انرژی هر یک از سیستم های جذبی یا تراکمی در بخش های غیر مشترک شامل مصارف چیلر، برج خنک کن و پمپ های آب خنک کننده آورده شده است.

جدول شماره ۶ : تعرفه ی مصرف برق به ازای هر کیلو وات در ساعت برای انشعاب سه فاز خانگی

تعرفه ی ساعات عادی(ریال)	تعرفه ی ساعات اوج بار(ریال)	تعرفه ی ساعات کم باری (ریال)
۸-۱۸	۱۸-۲۲	۲۲-۸
۱۲۷.۵۷	۲۵۵.۱۵	۶۳.۷۹

$$(۱) \text{ ریال به ازای هر کیلو وات ساعت} = \frac{(۱۰ \times ۱۲۷/۵۷) + (۴ \times ۲۵۵/۱۵) + (۱۰ \times ۶۳/۷۹)}{۲۴} = ۱۲۲/۳$$

وات ساعت برق سه فاز

جدول شماره ی ۷: مصارف انرژی سیستم تراکمی و جذبی در ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید

تجهیزات مصرف کننده ی انرژی غیر مشترک دو سیستم	برق مصرفی (kw)	گاز مصرفی (m^3/hr)
چیلر تراکمی اسکرو ۱۰۱ تن تبرید	۷۶/۸	-
برج خنک کن چیلر تراکمی (مصرف فن برج)	۱/۵	-
پمپهای سیرکولاسیون آب خنک کننده چیلر تراکمی	۵/۵	-
چیلر جذبی شعله مستقیم ۱۰۰ تن تبرید	۳/۵	۳۷
برج خنک کن چیلر جذبی (مصرف فن برج)	۲/۲	-
پمپهای سیرکولاسیون آب خنک کننده چیلر جذبی	۷/۵	-

نکته: مصرف برق چیلر جذبی شامل پمپهای محلول و مبرد و فن مشعل دستگاه می باشد.

بر اساس تعرفه ی شرکت ملی گاز ایران، تعرفه ی گاز مبلغ ۱۷۰ ریال به ازای هر متر مکعب گاز در نظر گرفته می شود.

با توجه به تعرفه های مشخص شده در بالا هزینه های مصرف انرژی برای دو سیستم در هر ماه به صورت زیر برآورد می گردد. با توجه به اینکه در تمامی ساعات شبانه روز چیلر با صد در صد ظرفیت خود کار نمی کند ضریبی برابر با ۰/۷ در هزینه های مصرف انرژی دستگاه ها اعمال می شود.

هزینه مصرف انرژی الکتریکی برای سیستم با چیلر تراکمی به ظرفیت ۱۰۱ تن تبرید

ریال در روز	$۸۳/۸ \times ۲۴ \times ۱۲۲/۳ = ۲۴۵۹۷۰$	ماکزیمم هزینه در هر روز
ریال در ماه	$۲۰۴۹۷ \times ۳۰ = ۷۳۷۹۰۹۰$	ماکزیمم هزینه در هر ماه
ریال در ماه	$۷۳۷۹۰۹۰ \times ۰/۷ = ۵۱۶۵۳۶۰$	هزینه ی واقعی در هر ماه

هزینه مصرف انرژی الکتریکی برای سیستم با چیلر جذبی به ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید

ریال در روز	$۱۳/۲ \times ۲۴ \times ۱۲۲/۳ = ۳۸۷۴۴$	ماکزیمم هزینه در هر روز
ریال در ماه	$۳۸۷۴۰ \times ۳۰ = ۱۱۶۲۲۰۰$	ماکزیمم هزینه در هر ماه
ریال در ماه	$۱۱۶۲۲۰۰ \times ۰/۷ = ۸۱۳۵۴۰$	هزینه ی واقعی در هر ماه

هزینه مصرف گاز برای سیستم با چیلر جذبی به ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید

ریال در روز	$37 \times 24 \times 170 = 150960$	ماکزیمم هزینه ی در هر روز
ریال در ماه	$150960 \times 30 = 4528800$	ماکزیمم هزینه ی در هر ماه
ریال در ماه	$4528800 \times 0.7 = 3170160$	هزینه ی واقعی در هر ماه

هزینه کل مصرف انرژی در صورت استفاده از چیلر جذبی شامل مصرف انرژی الکتریکی و مصرف گاز برابر با ۳۹۸۳۷۰۰ ریال در هر ماه خواهد بود.

هزینه ی مصرف آب به منظور جبران آب کاسته شد در برج خنک کننده به دلیل تبخیر و پرتاب قطرات ریز آب، یکی دیگر از هزینه های جاری وارد شده می باشد. میزان آب جبرانی برج خنک کن برای چیلر تراکمی در حدود ۱/۲۵٪ و برای چیلر جذبی در حدود ۲٪ دبی آب در گردش برج خنک کننده در نظر گرفته می شود. در زیر محاسبه هزینه های آب مصرفی در برج خنک کن با استفاده از ضوابط سازمان آب و با در نظر گرفتن رده مصرف در صورت استفاده از چیلر تراکمی یا جذبی صورت گرفته است. بر اساس یک حساب سر انگشتی، ساختمانی که چنین ظرفیتی برای چیلر آن در نظر گرفته شده باشد می تواند دارای حدوداً ۲۵ واحد مسکونی باشد.

هزینه مصرف آب برای چیلر تراکمی به ظرفیت ۱۰۱ تن تبرید

متر مکعب در روز	$0.93 \times 24 = 22.3$	ماکزیمم مصرف آب در هر روز
متر مکعب در ماه	$22.3 \times 30 = 669$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه برای کل ساختمان
متر مکعب در ماه	$669 \div 25 = 26.7$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه	$1307(26.7) - 21745 = 13150$	ماکزیمم هزینه ی آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه	$(13150 \times 25) \times 0.7 = 230120$	هزینه آب در هر ماه برای کل ساختمان

با در نظر گرفتن مجموع مصارف آب چیلر و سایر مصارف بهداشتی و تقسیم آن بر تعداد خانوار های محتمل ساکن در چنین ساختمانی میزان متوسط مصرف هر خانوار در رده مصرف ۲۵ تا ۳۰ متر مکعب در ماه برآورد می شود. برای مصارف بین ۲۵ تا ۳۰ متر مکعب در ماه براساس تعرفه های سازمان آب و فاضلاب برای هر خانوار میزان آب بها از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$= 1307(X) - 21745 \text{ ریال به } (2)$$

در رابطه ی فوق (X) مقدار مصرف به متر مکعب می باشد.

هزینه مصرف آب برای چیلر جذبی به ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید

متر مکعب در روز $1/8 \times 24 = 43/2$	ماکزیمم مصرف آب در هر روز
متر مکعب در ماه $43/2 \times 30 = 1296$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه برای کل ساختمان
متر مکعب در ماه $1296 \div 25 = 51/8$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه $3812(51/8) - 1290.11 = 68450$	ماکزیمم هزینه ی آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه $(68450 \times 25) \times 0.7 = 1197870$	هزینه آب در هر ماه برای کل ساختمان

با احتساب سایر مصارف، مصرف آب در صورت استفاده از چیلر جذبی در رده مصرف ۵۰ تا ۶۰ متر مکعب در ماه برای هر واحد قرار می گیرد. برای مصارف بین ۵۰ تا ۶۰ متر مکعب، در محاسبه آب بها از رابطه ی زیر صورت می گیرد.

$$3812(X) - 1290.11 = \quad (3)$$

آب بها به ریال

بخش دیگر هزینه های جاری، هزینه های مربوط به تعمیر و نگهداری می باشد. هزینه تعمیر و نگهداری چیلر جذبی در حدود ۱۶۰۰۰۰۰ ریال و برای چیلر تراکمی ۹۰۰۰۰۰ ریال در هر ماه برای ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید برآورد می شود. در جدول شماره ۸ مجموع هزینه های جاری استفاده از چیلر جذبی و تراکمی آورده شده است.

جدول شماره ۸: برآورد هزینه های جاری برای چیلر جذبی ۱۰۰ تن شعله مستقیم و ۱۰۱ تن تراکمی اسکرو

اختلاف هزینه های بین دو سیستم	سیستم تراکمی اسکرو ۱۰۱ تن تبرید	سیستم جذبی شعله مستقیم ۱۰۰ تن تبرید	
۱.۱۸۱.۶۶۰	۵.۱۶۵.۳۶۰	۳.۹۸۳.۷۰۰	هزینه ی مصرف انرژی (ریال)
۹۶۷.۷۵۰	۲۳۰.۱۲۰	۱.۱۹۷.۸۷۰	هزینه ی مصرف آب (ریال)
۷۰۰.۰۰۰	۹۰۰.۰۰۰	۱.۶۰۰.۰۰۰	هزینه تعمیر و نگهداری (ریال)
۴۸۶.۰۹۰	۶.۲۹۵.۴۸۰	۶.۷۸۱.۵۷۰	مجموع هزینه های جاری (ریال)

چیلر تراکمی ۲۰۲ تن تبرید تراکمی اسکرو و ۲۱۰ تن جذبی شعله مستقیم

هزینه های اولیه:

در جدول شماره ی (۹) نتایج حاصل از مقایسه هزینه های اولیه برای استفاده از چیلر جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۲۱۰ تن تبرید و چیلر تراکمی با کمپرسور اسکرو به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید ارائه شده است.

جدول شماره ی ۹: برآورد هزینه های اولیه چیلر جذبی به ظرفیت ۲۱۰ تن تبرید و چیلر تراکمی به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید

اختلاف هزینه های بین دو سیستم	سیستم تراکمی اسکرو ۲۰۲ تن تبرید	سیستم جذبی شعله مستقیم ۲۱۰ تن تبرید
۲۰۳.۰۰۰.۰۰۰	۱.۷۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۱.۹۰۳.۰۰۰.۰۰۰
۱۶۸.۶۰۹.۰۰۰	۲۱۵.۷۸۶.۰۰۰	۳۸۴.۳۹۵.۰۰۰
۵۴.۰۰۰.۰۰۰	۴۲.۰۰۰.۰۰۰	۹۶.۰۰۰.۰۰۰
۴۲۵.۶۰۹.۰۰۰	۱.۹۵۷.۷۸۶.۰۰۰	۲.۳۸۳.۳۹۵.۰۰۰

نکته: فضای مورد نیاز برای چیلر جذبی به ظرفیت ۲۱۰ تن تبرید ۳۲ متر مربع و برای چیلر تراکمی اسکرو به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید ۱۴ متر مربع می باشد.

هزینه های جاری:

مصارف انرژی استفاده از چیلر های جذبی ظرفیت ۲۱۰ تن تبرید و چیلر تراکمی به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید در جدول شماره ۱۰ ارائه شده است.

جدول شماره ی ۱۰: مصارف انرژی سیستم چیلر تراکمی به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید و جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۲۱۰ تن تبرید

تجهیزات مصرف کننده ی انرژی غیر مشترک دو سیستم	برق مصرفی (kw)	گاز مصرفی (m^3/hr)
چیلر تراکمی اسکرو ۲۰۲ تن تبرید	۱۴۵/۴	-
برج خنک کن چیلر تراکمی (مصرف فن برج)	۳/۷	-
پمپهای سیرکولاسیون آب خنک کننده چیلر تراکمی	۱۱	-
چیلر جذبی شعله مستقیم ۲۱۰ تن تبرید	۴/۵	۵۷/۷
برج خنک کن چیلر جذبی (مصرف فن برج)	۵/۵	-
پمپهای سیرکولاسیون آب خنک کننده چیلر جذبی	۱۵	-

نتایج حاصل از مقایسه هزینه های انرژی و آب مصرفی برج خنک کننده برای چیلر جذبی به در ظرفیت های ۲۱۰ تن تبرید و تراکمی به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید در زیر آورده شده است.

هزینه مصرف انرژی الکتریکی برای سیستم با چیلر تراکمی به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید

ریال در روز	$۱۶۰/۱ \times ۲۴ \times ۱۲۲/۳ = ۴۶۹۶۳۰$	ماکزیمم هزینه در هر روز
ریال در ماه	$۴۶۹۶۳۰ \times ۳۰ = ۱۴۰۸۸۹۶۰$	ماکزیمم هزینه در هر ماه
ریال در ماه	$۱۴۰۸۸۹۶۰ \times ۰/۷ = ۹۸۶۲۲۷۰$	هزینه ی واقعی در هر ماه

هزینه مصرف انرژی الکتریکی برای سیستم با چیلر جذبی به ظرفیت ۲۱۰ تن تبرید

ریال در روز	$۲۵ \times ۲۴ \times ۱۲۲/۳ = ۷۳۳۸۰$	ماکزیمم هزینه در هر روز
ریال در ماه	$۷۳۳۸۰ \times ۳۰ = ۲۲۰۱۴۰۰$	ماکزیمم هزینه در هر ماه
ریال در ماه	$۲۲۰۱۴۰۰ \times ۰/۷ = ۱۵۴۰۹۸۰$	هزینه ی واقعی در هر ماه

هزینه مصرف گاز برای سیستم با چیلر جذبی به ظرفیت ۲۱۰ تن تبرید

ریال در روز	$۵۷/۷ \times ۲۴ \times ۱۷۰ = ۲۳۵۴۱۰$	ماکزیمم هزینه در هر روز
ریال در ماه	$۲۳۵۴۱۰ \times ۳۰ = ۷۰۶۲۴۸۰$	ماکزیمم هزینه در هر ماه
ریال در ماه	$۷۰۶۲۴۸۰ \times ۰/۷ = ۴۹۴۳۷۳۰$	هزینه ی واقعی در هر ماه

هزینه کل مصرف انرژی در صورت استفاده از چیلر جذبی شامل مصرف انرژی الکتریکی و مصرف گاز برابر با ۶.۴۸۴.۷۱۰ ریال در هر ماه خواهد بود.
بر اساس یک حساب سر انگشتی ساختمانی که چنین ظرفیتی برای چیلر آن در نظر گرفته شده باشد، می تواند دارای حدوداً ۵۰ واحد مسکونی باشد.

هزینه مصرف آب برای چیلر تراکمی به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید

متر مکعب در روز	$۱/۸ \times ۲۴ = ۴۴/۱$	ماکزیمم مصرف آب در هر روز
متر مکعب در ماه	$۴۴/۱ \times ۳۰ = ۱۳۲۳$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه برای کل ساختمان
متر مکعب در ماه	$۱۳۲۳ \div ۵۰ = ۲۶/۵$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه به ازای هر واحد

ریال در ماه $1307(26/5) - 21745 = 12890$	ماکزیمم هزینه ی آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه $(12890 \times 50) \times 0.7 = 451150$	هزینه آب در هر ماه برای کل ساختمان

هزینه مصرف آب برای چیلر جذبی به ظرفیت ۲۱۰ تن تبرید

متر مکعب در روز $4/2 \times 24 = 100/8$	ماکزیمم مصرف آب در هر روز
متر مکعب در ماه $100/8 \times 30 = 3024$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه برای کل ساختمان
متر مکعب در ماه $3024 \div 50 = 60/5$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه $4901(60/5) - 194351 = 102160$	ماکزیمم هزینه ی آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه $(102160 \times 50) \times 0.7 = 3575600$	هزینه آب در هر ماه برای کل ساختمان

جدول ۱۱: برآورد هزینه های جاری ماهیانه برای چیلر جذبی ۲۱۰ تن شعله مستقیم و ۲۰۲ تن تراکمی اسکرو

اختلاف هزینه های بین دو سیستم	سیستم تراکمی اسکرو ۲۰۲ تن تبرید	سیستم جذبی شعله مستقیم ۲۱۰ تن تبرید	هزینه ی مصرف انرژی (ریال)
۳.۳۷۷.۵۶۰	۹.۸۶۲.۲۷۰	۶.۴۸۴.۷۱۰	هزینه ی مصرف انرژی (ریال)
۳.۱۲۴.۴۵۰	۴۵۱.۱۵۰	۳.۵۷۵.۶۰۰	هزینه ی مصرف آب (ریال)
۸۰۰.۰۰۰	۱.۵۰۰.۰۰۰	۲.۳۰۰.۰۰۰	هزینه تعمیر و نگهداری (ریال)
۵۴۶.۸۹۰	۱۱.۸۱۳.۴۲۰	۱۲.۳۶۰.۳۱۰	مجموع هزینه های جاری (ریال)

چیلر تراکمی به ظرفیت ۴۰۴ تن تبرید (دو دستگاه هر یک به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید) و چیلر ۴۰۰ تن جذبی

هزینه های اولیه:

در این قسمت به مقایسه هزینه های اولیه غیر مشترک در صورت استفاده از چیلر جذبی و یا استفاده از چیلر تراکمی به منظور تامین بار برودتی در محدوده ی ۴۰۰ تن تبرید پرداخته می شود همانطور که قبلا اشاره شد برای تامین این بار برودتی می توان از یک چیلر جذبی به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید و یا دو دستگاه چیلر تراکمی به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید استفاده نمود. در جدول شماره ی ۱۲ هزینه های اولیه استفاده از هر یک از این دستگاه ها آورده شده است.

جدول شماره ی ۱۲: برآورد هزینه های اولیه چیلر جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید و دو دستگاه چیلر تراکمی اسکرو به ظرفیت (۲۰۲) تن تبرید

اختلاف هزینه های بین دو سیستم	سیستم تراکمی اسکرو (۲۰۲*۲) تن تبرید	سیستم جذبی شعله مستقیم ۴۰۰ تن تبرید	قیمت دستگاه چیلر (ریال)
۴۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۳.۴۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۲.۹۵۰.۰۰۰.۰۰۰	قیمت دستگاه چیلر (ریال)
۶۹.۱۱۷.۰۰۰	۷۳۱.۱۹۹.۵۰۰	۶۶۲.۰۸۲.۵۰۰	قیمت کل تجهیزات غیر مشترک (ریال)
۴۵۰.۰۰۰.۰۰۰	۸۴.۰۰۰.۰۰۰	۱۲۹.۰۰۰.۰۰۰	هزینه فضای مورد نیاز برای چیلر (ریال)
۴۷۴.۱۱۷.۰۰۰	۴.۲۱۵.۱۹۹.۵۰۰	۳.۷۴۱.۰۸۲.۵۰۰	مجموع هزینه های اولیه (ریال)

نکته: فضای مورد نیاز در این ظرفیت برای چیلر جذبی ۴۳ متر مربع و برای چیلرهای تراکمی ۲۸ متر مربع می باشد.

هزینه های جاری:

هزینه های جاری برای این ظرفیت نیز مشابه مورد قبل شامل هزینه های مصرف انرژی، مصرف آب و هزینه های تعمیر و نگهداری می باشد. مصارف انرژی چیلر جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید و دو دستگاه چیلر تراکمی اسکرو به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید در جدول شماره ۱۳ ارائه شده است.

جدول شماره ی ۱۳: مصارف انرژی چیلر جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید و دو دستگاه چیلر تراکمی اسکرو به ظرفیت (۲۰۲) تن تبرید

تجهیزات مصرف کننده ی انرژی غیر مشترک دو سیستم	برق مصرفی (kw)	گاز مصرفی (m^3/hr)
دو دستگاه چیلر تراکمی اسکرو هر یک ۲۰۲ تن تبرید	۲۹۱	-
برجهای خنک کن چیلرهای تراکمی (مصرف فن برجهای)	۷/۴	-
پمپهای سیرکولاسیون آب خنک کننده چیلر تراکمی	۲۲	-
چیلر جذبی شعله مستقیم ۴۰۰ تن تبرید	۱۰	۱۲۸
برج خنک کن چیلر جذبی (مصرف فن برج)	۵	-
پمپهای سیرکولاسیون آب خنک کننده چیلر جذبی	۳۷	-

نتایج حاصل از مقایسه هزینه های انرژی و آب مصرفی برج خنک کننده برای چیلر جذبی به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید و دو دستگاه چیلر تراکمی هر یک به ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید (مجموعاً ۴۰۴ تن تبرید) در زیر آورده شده است.

هزینه مصرف برق برای سیستم تراکمی اسکرو در ظرفیت ۴۰۴ تن تبرید به دلیل اینکه برای این ظرفیت از دو دستگاه چیلر تراکمی اسکرو با ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید استفاده شده است، دو برابر ظرفیت قبل خواهد بود، با این احتساب هزینه ی مصرف انرژی سیستم تراکمی اسکرو در ظرفیت ۴۰۴ تن تبرید ۱۹.۷۲۴.۴۰۰ ریال خواهد بود.

هزینه مصرف انرژی الکتریکی برای سیستم با چیلر جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید

ریال در روز	$52 \times 24 \times 122/3 = 152630$	ماکزیمم هزینه در هر روز
ریال در ماه	$152630 \times 30 = 4578910$	ماکزیمم هزینه در هر ماه
ریال در ماه	$4578910 \times 0.7 = 3205200$	هزینه ی واقعی در هر ماه

هزینه مصرف گاز برای سیستم با چیلر جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید

ریال در روز	$128 \times 24 \times 170 = 522240$	ماکزیمم هزینه در هر روز
ریال در ماه	$522240 \times 30 = 15667200$	ماکزیمم هزینه در هر ماه
ریال در ماه	$15667200 \times 0.7 = 10967000$	هزینه ی واقعی در هر ماه

هزینه کل مصرف انرژی در صورت استفاده از چیلر جذبی شامل مصرف انرژی الکتریکی و مصرف گاز برابر با ۱۴.۱۷۲.۲۰۰ ریال در هر ماه خواهد بود.

هزینه مصرف آب نیز مانند انرژی الکتریکی برای چیلر تراکمی اسکرو به ظرفیت ۴۰۴ تن تبرید دو برابر ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید و به عبارتی ۹۰۲.۳۰۰ ریال خواهد بود.

هزینه مصرف آب برای چیلر جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید

متر مکعب در روز	$8 \times 24 = 192$	ماکزیمم مصرف آب در هر روز
متر مکعب در ماه	$192 \times 30 = 5760$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه برای کل ساختمان
متر مکعب در ماه	$5760 \div 100 = 57.6$	ماکزیمم مصرف آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه	$3812(57.6) - 1290.11 = 90560$	ماکزیمم هزینه ی آب در هر ماه به ازای هر واحد
ریال در ماه		هزینه آب در هر ماه برای کل ساختمان

$$(90.560 \times 100) \times 0.7 = 6339200$$

جدول شماره ی ۱۴: برآورد هزینه های جاری چیلر جذبی شعله مستقیم به ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید و دو دستگاه چیلر تراکمی اسکرو به ظرفیت (۲۰۲) تن تبرید

اختلاف هزینه های بین دو سیستم	سیستم تراکمی اسکرو (۲۰۲*تن تبرید)	سیستم جذبی شعله مستقیم ۴۰۰ تن تبرید
۳۵.۸۹۵.۵۰۰	۱۹.۷۲۴.۴۰۰	۱۴.۱۷۲.۲۰۰
۵.۴۳۶.۹۰۰	۹۰۲.۳۰۰	۶.۳۳۹.۲۰۰
۱.۷۰۰.۰۰۰	۲.۵۰۰.۰۰۰	۴.۲۰۰.۰۰۰
۱.۵۸۴.۷۰۰	۲۳.۱۲۶.۷۰۰	۲۴.۷۱۱.۴۰۰

نتیجه گیری:

در جدول شماره ی ۱۴ خلاصه نتایج حاصل از این مقایسه های انجام شده ارائه گردیده است.

جدول شماره ی ۱۴ خلاصه نتایج حاصل از مقایسه ها

ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید	ظرفیت ۲۰۰ تن تبرید	ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید
۴.۲۱۵.۱۹۹.۵۰۰	۱.۹۵۷.۷۸۶.۰۰۰	۱.۰۲۴.۱۹۹.۰۰۰
۳.۷۴۱.۰۸۲.۵۰۰	۲.۳۸۳.۳۹۵.۰۰۰	۱.۳۳۱.۵۳۵.۰۰۰
۴۷۴.۱۱۷.۰۰۰	۴۲۵.۶۰۹.۰۰۰	۳۰۷.۳۳۶.۰۰۰
۲۳.۱۲۶.۷۰۰	۱۱.۸۱۳.۴۲۰	۶.۲۹۵.۴۸۰
۲۴.۷۱۱.۴۰۰	۱۲.۳۶۰.۳۱۰	۶.۷۸۱.۵۷۰
۱.۵۸۴.۷۰۰	۵۴۶.۸۹۰	۴۸۶.۰۹۰

همانطوری که در جدول (۱۴) ملاحظه می شود در ظرفیت های ۱۰۰ و ۲۰۰ تن تبرید به دلیل بالاتر بودن هزینه های اولیه چیلر های جذبی شعله مستقیم نسبت به چیلر های تراکمی اسکرو و اختلاف ناچیز هزینه های جاری این دو سیستم استفاده از چیلر های تراکمی اسکرو مقرون به صرفه تر می باشد، ولی در ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید هزینه های اولیه

چیلر تراکمی اسکرو، به علت استفاده از دو دستگاه چیلر با ظرفیت ۲۰۲ تن تبرید بالا تر از چیلر جذبی شعله مستقیم بوده در حالی که اختلاف هزینه های جاری بین دو سیستم ناچیز می باشد، بنابراین به نظر می رسد استفاده از چیلر های تراکمی در شرایط فعلی و با توجه به تعرفه های آب، برق و گاز تا ظرفیت ۲۰۰ تن تبرید دارای صرفه ی اقتصادی می باشد.

