

تحلیل دینامیک سیالاتی محاسبات بارسرمایشی در شناورهای تندرو

علی کاشفی نیا^۱، سیدمحمود خردمند^۲

A.kashefinia@gmail.com

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی طراحی شناورهای تندرو، دانشگاه امام حسین(ع)

۲ دکترای تبدیل انرژی، عضو هیات علمی دانشگاه امام حسین(ع)

چکیده

از عوامل تاثیرگذار در نگهداری از سیستم های دفاعی، تجهیزات ناوبری و کمک ناوبری و فراهم آوردن شرایط محیطی ایده آل جهت افزایش توان و کارایی پرسنل، انتخاب صحیح یک سیستم تهویه مطبوع در شناورهای تندرو می باشد. با توجه به شرایط اقلیمی خلیج فارس و متفاوت بودن این شرایط در نقاط مختلف منطقه ای و عدم توجه به این مساله در هنگام طراحی و تعیین ظرفیت سیستم های ایرکاندیشن در شناورهای هم کلاس نیاز به بهینه سازی می باشد. لذا به علت پایین بودن ظرفیت سرمایشی سیستم ایرکاندیشن تعدادی از شناورهای تندرو ندسا به هنگام ماموریت های دریانوردی در مکان های مختلف و نارضایتی پرسنل، جهت رفع این مشکل یک کار تحقیقاتی و میدانی در منطقه عملیاتی بندرعباس بر اساس مطالعات علمی پژوهشی صورت گرفت که روش کار و نتایج آن در این مقاله آورده شده است. در این مقاله انواع سیستم های تهویه مطبوع در شناورهای تندرو با تشریح مزایا و معایب آن بررسی شده است. محاسبات بار سرمایشی از سه روش جداول مهندسی شرکت های معتبر دریایی، روش مهندسی به کمک روابط علمی (محاسبات فرمولی) و روش محاسبه با نرم افزار کریر بر روی این کلاس از شناورهای تندرو انجام و با هم مقایسه شد. مبنای محاسباتی ما در این روش ها با توجه به مدل و طول شناور، حجم و مساحت کابین ها، جنس دیواره های شناور، شرایط اقلیمی و دیگر پارامترهای موثر بوده که در روش نرم افزاری به ظرفیت اسمی ۳۰ هزار بی تی یو در ساعت رسیدیم. ظرفیت های سیستم ایرکاندیشن قبلی بر روی این کلاس از شناورها زیر ۲۰ تا ۲۴ هزار بی تی یو در ساعت بوده است. با توجه به دقت بالاتر محاسبات در روش نرم افزاری، ظرفیت اسمی بدست آمده مبنای انتخاب ظرفیت سرمایشی سیستم ایرکاندیشن در شناور مورد مطالعه قرار گرفت. پس از انتخاب سیستم جدید و نصب و آزمایش های میدانی در شناور مورد نظر، ظرفیت سرمایشی جدید بر روی این کلاس از شناورها ایده آل و نیاز تهویه مطبوع مناسب برای شناور طرح را فراهم کرده است. در این روشها ۱۰ تا ۱۵ درصد به عنوان ضریب اطمینان به ظرفیت بار سرمایشی محاسبه شده اضافه می گردد. از نتایج حاصله و ظرفیت سرمایشی جدید می توان جهت بهینه سازی سیستم ایرکاندیشن شناورهای قبلی و هم چنین افزایش توان دفاعی و روحیه پرسنل استفاده نمود.

واژگان کلیدی

تهویه مطبوع، شناورهای تندرو، سیستم های دفاعی، روش های محاسباتی، تجهیزات ناوبری

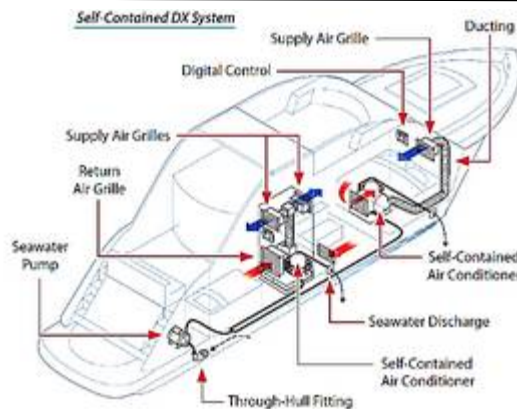
تاریخ دریافت مقاله : ۹۲/۱۱/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۳/۵/۱۷

۱- مقدمه

سیستم‌های تهویه مطبوع پیچیده‌ترین سیستم تأسیساتی است که قادر است درجه حرارت و رطوبت داخل یک کابین را با استفاده از گرمایش، سرمایش، رطوبت زنی و خشک کردن هوا کنترل نماید. انواع مختلف سیستم‌های تهویه مطبوع وجود دارد که انتخاب آنها به عملکرد مکان مورد نظر، طراحی آن، میزان گرمایش و سرمایش و محدودیت‌ها بستگی دارد. این سیستم‌ها در اروپا از قرن هفدهم و در آمریکا از قرن بیستم عمومی شد. [۲] رطوبت هوا تأثیر زیادی روی آسایش افراد دارد. هنگامیکه رطوبت نسبی هوا بالا باشد عمل تبخیر عرق با مشکل مواجه شده و موجب احساس بدی در افراد می‌شود بطور کلی هرچه رطوبت نسبی هوا پایین‌تر باشد عمل تعرق و تبخیر بهتر انجام شده و افراد احساس آسایش بیشتری می‌کنند. همچنین رطوبت هوا باعث خرابی و مختل کردن سیستم‌های تسلیحاتی و تجهیزات ناوبری و کمک ناوبری و سایر دستگاه‌های عملیاتی شناور می‌شود. بنابراین یکی از وظایف سیستم‌های تهویه مطبوع خارج کردن رطوبت اضافی از هوا و آوردن سطح آن در حد استاندارد می‌باشد. [۳] در دهه ۱۸۹۰ سیستم‌های خنک کن هوا، جهت ایجاد آسایش حرارتی ساخته شدند. در سند تاریخی که در ۱۹۱۱ ارائه شد، ویلیس کریر معروف به پدر تهویه مطبوع روابطی در ارتباط با دمای خشک، دمای مرطوب، نقطه شبنم هوا و هم‌چنین بارهای حرارتی محسوس، نهان و کل ارائه داد. در اواخر دهه ۱۹۲۰ میلادی فریجیدر اولین دستگاه تهویه مطبوع اتاق (کولر گازی پنجره‌ای) را ساخت. همچنین در دهه اول ۲۰۰۰ میلادی چندین شرکت خارجی من جمله وبستو و داماتیکبه کمک استفاده از جداول مهندسی، از روش تقسیم شناور به سه قسمت (زیردک، دک میانی و بالای دک) و با محاسبه مساحت و حجم کابین‌ها و ضرب مساحت و حجم حاصل در ضریب عددی مربوطه، و هم‌چنین با توجه به شرایط اقلیمی، تعیین ظرفیت بار سرمایشی به طور تقریبی

جهت شناور مورد نظر انجام داده‌اند. آنچه مسلم است در گذشته به علت وابستگی کشورمان به بلوک شرق و غرب، سیستم‌های تهویه مطبوع موجود در شناورهای نظامی وابسته به این کشورها بوده است. بعد از پیروزی انقلاب شکوهمندمان، به یاری خداوند متعال بعضی از شرکت‌های سرمایشی و برودتی معروف در ایران نیز در زمینه تهویه مطبوع کارهای بزرگ و مطلوبی انجام داده‌اند. مثلاً شرکت ساری پویا و یا شرکت کیهان صنعت پرتو که در زمینه طراحی و محاسبات بار سرمایشی برای شناورها فعالیت داشته‌اند. از جمله کارهای تحقیقاتی و علمی پژوهشی انجام شده در داخل کشور، ارائه یک مقاله از شرکت کشتی سازی و صنایع فرا ساحل ایران واقع در بندرعباس در هفتمین همایش ملی صنایع دریایی انجمن مهندسی صنایع ایران و سومین همایش ملی شناورهای تندرو در سال ۱۳۹۳، تحت عنوان روش محاسبات بار حرارتی و برودتی در کشتی برای یک مدل از شناورهای لندین کرافت بوده است. با توجه به نوع ماموریت و سیاست دفاعی نیروی دریایی سپاه از آب‌های نیلگون خلیج همیشه فارس، استفاده از شناورهای تندرو که دارای قدرت مانور سریع باشند مورد توجه خاص و در اولویت است. سیستم‌های تهویه مطبوع موجود در بعضی از شناورهای تندرو ندسا برای شرایط آب و هوایی مناطق مختلف خلیج فارس مناسب نبوده و فاقد کارایی لازم و نیازمند به بهینه سازی است. بر همین اساس تحقیقات و پژوهش‌های اندکی در این زمینه بر روی این کلاس از شناورها صورت گرفته است. این فعالیت‌ها و تحقیقات متأسفانه به علت این که ریشه علمی ضعیفی داشته تاکنون نتیجه مطلوبی نداشته است. گواه این ادعا اظهارات پرسنل شناورهای مذکور و تجربه چند ساله این حقیر در واحد تعمیرات و نگهداری از این سیستم‌ها در مناطق عملیاتی می‌باشد. به همین علت در این مقاله با تحقیقات و محاسبات بار سرمایشی از سه روش ذکر شده و آزمایشات میدانی و تجارب گذشته این نتایج حاصل شد که برای شناورهای تندرو در ندسا با محدودیت‌های موجود، ایده‌آل‌ترین نوع



شکل (۱) جانمایی تجهیزات سیستم یکپارچه

۲-۲- سیستم‌های دو تکه یا مجزا

در این سیستم‌ها کمپرسور، کندانسور و قسمت‌های برقی در واحد بیرونی و خارج از کابین یعنی در موتورخانه و یا در مکان مناسبی از شناور قرار داشته و اوپراتور، شیر انبساط و فن هواده و متعلقات دیگر در واحد درونی یعنی داخل کابین قرار دارد. طبقه بندی این سیستم‌ها شامل موارد زیر است:

الف- یک واحد بیرونی - یکواحد درونی

ب- یک واحد بیرونی - چند واحد درونی

از مزایای این سیستم نیز می‌توان به قابلیت نصب دستگاه برای فضاهای وسیع با کاربری متنوع، انتقال سرما و گرما از طریق کانال بطور یکنواخت در تمام فضاها، قابلیت نصب به صورت عمودی و افقی در حداقل فضا، حذف رطوبت سریع از کابین، کاهش سر و صدا و آلودگی و بیماری‌های ناشی از آن در محیط، صرفه جویی قابل ملاحظه در مصرف برق و کاهش هزینه تعمیر و نگهداری اشاره نمود. از معایب و محدودیت‌های این سیستم می‌توان گفت که ماکزیمم طول لوله مسی گاز مبرد بین یونیت خارجی و یونیت داخلی ۱۵ تا ۲۰ متر بوده و این سیستم فقط ایده آل برای شناورهای تا ۸۰ فوت یا ۲۴ متر است. هزینه خرید و نصب و نگهداری آن نسبت به سیستم‌های یکپارچه برای شرایط مکانی یکسان گرانتر است. نصب و شارژ گاز و هم چنین تعمیر و نگهداری این سیستم‌ها نیاز به متخصص ماهر دارد. جانمایی اجزای این سیستم در شکل (۲) نشان داده شده است. [۶]

سیستم‌های ایرکاندیشن، سیستم‌های انبساط مستقیم تراکمی دو تکه مدل دریایی می‌باشند. برای تعیین ظرفیت بار سرمایشی، مطمئن‌ترین روش استفاده از نرم افزارهای تخصصی مانند Carrier و پس از آن روش محاسبات مهندسی دستی به کمک روابط علمی است. [۲-۷]

۲- سیستم‌های تهویه مطبوع و انواع آن در شناورهای تندرو

سیستم‌های تهویه مطبوع پیچیده‌ترین سیستم تأسیساتی است که قادر است در جه حرارت و رطوبت داخل یک فضا را با استفاده از گرمایش، سرمایش، رطوبت زنی و خشک کردن هوا کنترل نماید در شناورها بیشتر از سیستم‌های یکپارچه، سیستم‌های دو تکه و سیستم‌های آب خنک یا چیلری استفاده می‌شود [۱-۶]

۲-۱- سیستم‌های یکپارچه

در سیستم‌های تهویه مطبوع یکپارچه تمامی تجهیزات در یک واحد و یا بر روی یک پکیج قرار دارند. این سیستم‌ها دارای تجهیزاتی نظیر کمپرسور، کندانسور، اوپراتور، شیرهای کنترل، فن و سایر متعلقات برقی و الکترونیکی می‌باشند. از مزایای این سیستم می‌توان به کاهش طول کانال هوا، عدم نیاز به لوله کشی مبرد، کاهش تلفات حرارتی، تسریع در خنک شدن فضای کابین بدلیل نزدیکی به آن، قابلیت انتقال هوای سرد و گرم به یک یا دو کابین، امکان مدیریت در مصرف انرژی، راه اندازی و کاربری آسان پس از نصب، افزایش راندمان سرمایشی و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری اشاره کرد. محدودیت این سیستم‌ها محل نصب دستگاه بوده که باید در نزدیک‌ترین مکان به کابین باشد. هم چنین توجه به ظرفیت دستگاه این سیستم‌ها برای شناورهای تا طول ۴۰ فوت یا ۱۲ متر مناسب هستند. در شکل (۱) جانمایی تجهیزات یک نمونه از این سیستم نشان داده شده است. [۶]

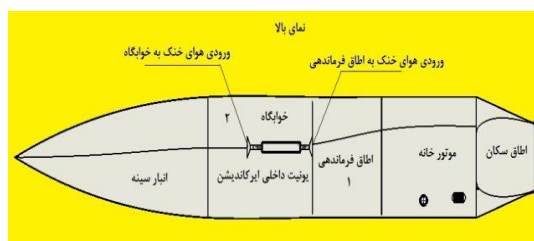
این سیستم‌ها ایده‌آل برای شناورهای بزرگ می‌باشند. از نظر تعداد پنل داخلی و فاصله طولی بین یونیت داخل و خارج با کابین‌ها محدودیت ندارند. قابلیت کنترل ظرفیت بارسرمایشی را داشته و در لحظه استارت نیاز به جریانبالایی نیست. از معایب و محدودیت‌های این سیستم‌ها می‌توان به مواردی همچون: لوله‌کشی‌های طولانی‌آب‌گردشی، نیازمندی به تجهیزاتی بیشتر، اشغال فضای مفید داخل شناور، احتمال خرابی بیشتر، افزایش هزینه نسبت به سیستم‌های دیگر، نیازمندی به تکنسین ماهر جهت نصب و نگهداری و تعمیرات، عدم استفاده و نصب آن در شناورهای تندرو کوچک اشاره نمود. [۶]

۳-۳- مراحل طراحی و محاسبات سیستم تهویه مطبوع

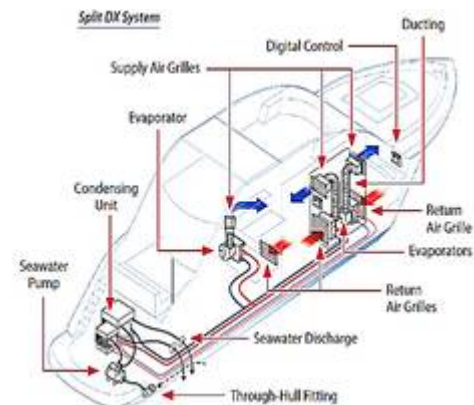
- ۱- مطالعه و تعیین مشخصات اولیه طرح
- ۲- محاسبه بارهای حرارتی و برودتی شناور طرح
- ۳- طراحی، محاسبه و انتخاب سیستم
- ۴- اجرا و آزمایش سیستم تهویه مطبوع
- ۵- بررسی جوانب اقتصادی [۲]

۳-۱- اطلاعات عمومی شناور مورد مطالعه

شناور منتخب یکی از شناورهای تندرو به طول ۱۶ متر و عرض ۲/۶۶ متر، مساحت کابین فرماندهی برابر ۴۴/۰۷۸ فوت مربع، مساحت اتاق استراحت (خوابگاه) برابر ۱۱۱/۹۴۴ فوت مربع و با بدنه فایبرگلاس می‌باشد که توسط متخصصان نیروی دریایی جمهوری اسلامی ایران ساخته شده و در شرایط محیطی بندرعباس مورد محاسبه و تست میدانی قرار گرفته است. در شکل (۴) جانمایی و در جدول شماره (۱) و (۲) مشخصات کلی شناور مانند ابعاد کابین‌ها، درب‌ها و دیواره‌ها و نوع عایق به کار رفته و ... آورده شده است.



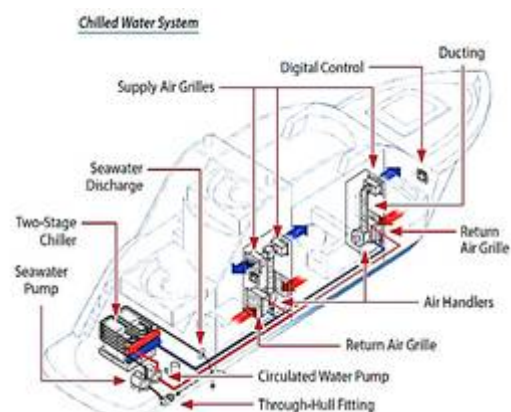
شکل (۴) جانمایی شناور



شکل (۲) جانمایی اجزای سیستم دو تکه یا مجزا

۳-۲- سیستم‌های آب خنک یا چیلر تراکمی

در سیستم‌های چیلر تراکمی برای چرخش گازهای مبرد و متراکم کردن آن، از دستگاه متراکم کننده یا همان کمپرسور و برای خنک کاری کندانسورها از هوا یا پمپ آب شور دریا استفاده می‌شود. در این سیستم‌ها از آب شیرین جهت انتقال سرما یا گرما برای کابین‌های مورد نظر استفاده می‌شود. آب در داخل یونیت خارجی چیلر واقع در موتورخانه توسط گاز مبرد گرم یا سرد شده و توسط یک دستگاه پمپ مخصوص به سمت کویل داخلی منتقل و با گردش هوا توسط فن از روی کویل مربوطه باعث خنک شدن یا گرم شدن کابین می‌گردد. در شکل (۳) جانمایی این سیستم در شناور نشان داده شده است. [۶]



شکل (۳) جانمایی سیستم چیلر تراکمی

جدول (۱) اطلاعات مورد نیاز شناور طرح جهت محاسبات

حجم کل	مساحت کل	ارتفاع	عرض	طول	
۷.۵۷۵ (مترمکعب) ۲۴۷.۵۰۸ (فوت مکعب)	۴۰.۹۵ (متر مربع) ۴۴/۰۷۸ (فوت مربع)	۱.۸۵ (متر) ۶.۰۷ (فوت)	۱.۹۵ (متر) ۶.۴ (فوت)	۲.۱ (متر) ۶.۸۸ (فوت)	کابین فرماندهی
-	۰/۶۰ (متر مربع) ۶.۴۵۸ (فوت مربع)	-	۰/۶۴ (متر) ۲.۱ (فوت)	۰/۹۴ (متر) ۳.۰۸ (فوت)	ابعاد درب ورودی کابین فرماندهی و درب خوابگاه از پاشنه
-	۰/۵۴ (متر مربع) ۵.۸۱۲ (فوت مربع)	-	۰/۶ (متر) ۱.۹۷ (فوت)	۰/۹ (متر) ۲.۹۵ (فوت)	ابعاد پنجره های بغل
-	۰/۲۰۲۵ (متر مربع) ۲.۱۸ (فوت مربع)	-	۰/۴۵ (متر) ۱.۴۷ (فوت)	۰/۴۵ (متر) ۱.۴۷ (فوت)	ابعاد پنجره سقف کابین
-	-	-	۱ (متر) ۳.۲۸ (فوت)	۱.۴۵ (متر) ۴.۷۵۷ (فوت)	ابعاد پنجره (شیشه) جلو کابین
۱۴/۵۶ (مترمکعب) ۵۱۴.۱۸ (فوت مکعب)	۱۰/۴ (متر مربع) ۱۱۱.۹۴۴ (فوت مربع)	۱/۴ (متر) ۴.۶ (فوت)	۲/۶ (متر) ۸.۵۳ (فوت)	۴ (متر) ۱۳.۱۲ (فوت)	ابعاد خوابگاه
-	۰/۳۹۹۶ (متر مربع) ۴.۳۰ (فوت مربع)	-	۰/۵۴ (متر) ۱.۷۷ (فوت)	۰/۷۴ (متر) ۲.۴۲ (فوت)	ابعاد درب ورودی خوابگاه از طرف سینه

جدول (۲) اطلاعات لایه ها و دیواره های شناور طرح

چگالی kg/m^3	ضریب هدایتی		ضخامت		جنس	لایه	
	$w/m^{\circ}k$	$Btu/hr.ft.^{\circ}F$	(ft)	(m)			
۹	۰/۰۳۸	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۵	فایبرگلاس	لایه اول	پل فرماندهی
۱۰	۰/۰۳	۰/۰۱۷	۰/۱۶۳	۰/۰۵	هوا	لایه دوم	
۹	۰/۰۳۸	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۵	فایبرگلاس	لایه سوم	
۹	۰/۰۳۸	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۵	فایبرگلاس	لایه اول	خوابگاه
۱۰	۰/۰۳	۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۱	هوا	لایه دوم	
۹	۰/۰۳۸	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶۴	۰/۰۰۵	فایبرگلاس	لایه سوم	

جدول (۴) جدول استاندارد نمونه شرکت [Webasto]

Category 1 portlights only, cabinets all below deck [400 BTU/m ³]	region		
	normal	cold	hot
Volume of the rooms [m ³]*	4,000	3,000	5,000
10	12,000	9,000	15,000
20	16,000	12,000	20,000
30	20,000	15,000	25,000
40	24,000	18,000	30,000
50	28,000	21,000	35,000
60	32,000	24,000	40,000
70	36,000	27,000	45,000
80	40,000	30,000	50,000
90	44,000	33,000	55,000
100	48,000	36,000	60,000
110	52,000	39,000	65,000
120	56,000	42,000	70,000
130	60,000	45,000	75,000
140	64,000	48,000	80,000
150	68,000	51,000	85,000
160	72,000	54,000	90,000
170	76,000	57,000	95,000
180	80,000	60,000	100,000
190			
200			

پنجره‌ها و درب‌ها با قاب فلزی آلومینیوم و شیشه یک لایه می‌باشد. تعداد افراد فعال در شناور ۴ نفر، دمای خشک طرح داخل برای کابین فرماندهی و خوابگاه ۷۶ درجه فارنهایت و دمای خشک طرح خارج ۱۰۵ درجه فارنهایت در نظر گرفته شده است. هم چنین شناور رو به جنوب در نظر گرفته شده است.

۲-۳- روش های محاسباتی بار سرمایشی در مقاله جهت

شناور مورد طرح

۳-۲-۱- محاسبات بار سرمایشی به کمک جداول

استاندارد مهندسی [۶] و [۷]

در این روش با تقسیم کردن شناور به سه ناحیه اصلی طبق جدول شماره (۳) و محاسبه مساحت کابین ها بر حسب متر مربع یا فوت مربع (حاصل ضرب طول عرض) و با توجه به ناحیه شناور و هم چنین ضریب شرایط جغرافیایی و یا محاسبه حجم کابین ها طبق جدول استاندارد نمونه شماره (۴) محاسبات بار سرمایشی انجام می‌گردد.

۳-۲-۲- محاسبات بار سرمایشی با استفاده از روابط علمی

۱- محاسبه ضریب کلی انتقال حرارت [۱]

$$u = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{F_i} + \sum \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{F_o}} \quad (1)$$

۲- محاسبه ضریب هدایت حرارتی [۴]

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{1}{a} + \frac{\sum \frac{d}{\lambda} + ML + Md}{\mu} \quad (2)$$

۳- حرارت جذب شده از طریق هدایت و تشعشع از شیشه ها یا سایر مواد شفاف [۴]

$$Q_s = \sum (A_v \cdot K \cdot \Delta T_i) + \sum (A_g \cdot G_s) \quad (3)$$

۴- حرارت جذب شده توسط لامپ ها و دیگر منابع [۳]

جدول شماره (۵) حرارت ناشی از لامپ های عمومی

فضا	حرارت جذب شده توسط لامپ های عمومی وات بر متر مربع	
	فیلامنی	فلورسنت
کابین و غیره	۱۵	۸
استراحت و رستوران	۲۰	۱۰
بازی و غیره	۴۰	۲۰

جدول شماره (۳) جدول استاندارد مهندسی محاسبات

بار سرمایشی نمونه شرکت [Domestic]

اقلیم	فاکتور بار زیر دک	فاکتور بار دک میانی	فاکتور بار بالای دک
معتدل با رطوبت متوسط	۶۰ (فوت مربع) ۶۴۵ (متر مربع)	۹۰ (فوت مربع) ۹۶۸ (متر مربع)	۱۲۰ (فوت مربع) ۱۲۹۱ (متر مربع)
گرمسیری با رطوبت زیاد	۸۰ (فوت مربع) ۹۶۸ (متر مربع)	۱۲۰ (فوت مربع) ۱۲۹۱ (متر مربع)	۱۵۰ (فوت مربع) ۱۶۱۴ (متر مربع)

۵- حرارت جذب شده توسط افراد [۳]

اشری و وارد کردن مشخصات آب و هوایی منطقه مورد نظر می‌باشد.

ب- اطلاعات مربوط به فضاها که شامل مشخصات عمومی، منابع داخلی، مشخصات دیوارها و پنجره‌ها و درب‌ها، مشخصات سقف‌ها و نورگیرها، نفوذ هوا به داخل، افت ناشی از کف، و پارتیشن‌های شناور طرح می‌باشد.

ج- اطلاعات مربوط به سیستم‌های تهویه مطبوع که شامل مشخصات عمومی، جزئیات و اجزای سیستم‌ها، اطلاعات زون‌ها، و اطلاعات سائزگذاری در شناور مورد نظر می‌باشد. [۲]

۴- نتایج و تحلیل

با توجه به تحلیل عملکرد انواع سیستم‌های تهویه مطبوع در شناورها و انجام محاسبات بار سرمایشی برای یک مدل شناور تندرو، نتایج و پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد.

۴-۱- نتایج حاصل از تحلیل عملکرد انواع سیستم [۶، ۷]

الف- برای شناورهای رزمی تندرو تا طول ۱۲ متر، سیستم‌های انبساط مستقیم یکپارچه ایده‌آل‌ترین نوع سیستم می‌باشند.

ب- برای شناورهای رزمی تندرو تا طول ۲۴ متر، سیستم‌های انبساط مستقیم مجزا یا دو تکه ایده‌آل‌ترین نوع سیستم هستند.

ج- برای ناوها و ناوشکن‌ها و انواع شناورهای رزمی و لجستیکی بالای ۲۴ متر بهتر است از سیستم‌های انبساط مستقیم چیلری (آب‌درگردش) استفاده گردد.

۴-۲- نتایج حاصل از انواع محاسبات بار سرمایشی

از نتایج سه روش محاسبات بار سرمایشی و مقایسه بین آنها مشخص می‌شود که اختلاف موجود از نتایج بدست آمده بسیار جزئی می‌باشد. با توجه به این که در روش محاسبات با نرم افزار، کلیه پارامترها مانند شرایط اقلیمی، و دیگر فاکتورها و هم چنین علاوه بر ظرفیت واقعی، ظرفیت اسمی دستگاه نیز تعیین می‌گردد، این روش محاسباتی دقیق تر از سایر روش‌ها بوده و می‌توان با در نظر گرفتن ماکزیمم بار سرمایشی اسمی به دست آمده

جدول شماره (۶) حرارت متصاعد شده در اثر نوع فعالیت افراد

فعالیت	نوع حرارت	حرارت متصاعد
نشسته و در حال استراحت	حرارت آشکار	۵۵
	حرارت نهان	۸۰
متوسط / کار سخت	حرارت آشکار	۱۴۰
	حرارت نهان	۲۵۰

۶- بار حاصل از دیوارها و گرمای ورودی از آبدریا

$$[Q = AU \Delta T \quad ۱] \quad (۴)$$

۷- محاسبه دبی هوای حامل بار سرمایی کابین‌ها

$$[RCFM = \frac{ERSH}{1.08(T_{dbi} - T_{adp})(1 - BF)} = Ft^3 / \text{min} \quad ۱] \quad (۵)$$

۳-۲-۳- محاسبات بار سرمایشی با نرم افزار [۲carrier]

و [۸-۱۰]

۳-۲-۳-۱- معرفی نرم افزار کریر

روش‌های مختلفی در نرم افزار هپ برای انجام محاسبات بار حرارتی و برودتی وجود دارد که مهمترین و معروفترین آنها دو روش CLTD و RTS می‌باشد. به بیان ساده با روش CLTD می‌توان برای ساعاتی که تصور می‌شود شرایط بار بحرانی است و بار شناور ماکزیمم است به محاسبه بار پرداخت ولی با روش RTS بار شناور برای تمام ۸۷۶۰ ساعت یک سال بار محاسبه می‌شود و از بین آنها عددی که بیشتر باشد بیانگر بار ماکزیمم شناور است. از طرف دیگر چون روش CLTD از یک سری جدول و نمودار برای محاسبه بار استفاده می‌کند ولی در مقابل در روش RTS از فرمول‌های ریاضی برای انجام این محاسبات استفاده می‌شود، بنابراین نوشتن نرم افزارها با روش RTS ساده تر و دقیق تر است که نرم افزار کریر نیز از همین روش در انجام محاسباتش استفاده می‌کند. [۲]

۳-۲-۳-۲- مبنای محاسباتی نرم افزار کریر

الف- وارد کردن اطلاعات مربوط به شرایط اقلیمی به نرم افزار که شامل فرآیند محاسبات اقلیمی بر اساس هندبوک

جهت شناور مورد مطالعه انتخاب سیستم ایرکاندیشن نمود. مقایسه این نتایج در جدول (۷) آورده شده است.

جدول (۷) مقایسه بین روش‌های محاسباتی

ردیف	روش محاسبه	میزان بار سرمایشی کابین فرماندهی (Btu/h)	میزان بار سرمایشی خوابگاه (Btu/h)	جمع کل بار سرمایشی با ضریب اطمینان ۱.۱۵ درصد (Btu/h)
۱	جداول استاندارد	۷۶۰۳/۴۵۵	۱۵۴۴۸/۲۷۲	۲۳۰۵۱/۷۲۷
۲	روابط علمی مهندسی	۱۴۹۲۰	۹۹۵۰	۲۴۸۷۰
۳	به کمک نرم افزار کریر	۱۴۷۷۴	۹۶۰۰	۲۴۳۷۴

۴-۳-۲- تحلیل نموداری مقایسه ظرفیت واقعی سیستم

بین دو روش محاسباتی جداول استاندارد و روابط علمی

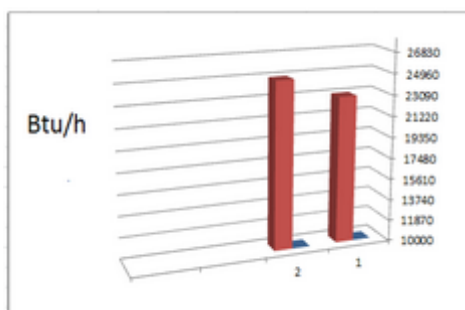
در شکل (۶) مقایسه ظرفیت واقعی سیستم بین دو روش محاسباتی ۱- جداول استاندارد ۲- روابط علمی مهندسی نشان داده شده است. روش استفاده از جداول استاندارد یک روش محاسبه سر انگشتی محسوب می‌شود و بهتر است جهت انتخاب سیستم برای کابین‌هایی که دارای تجهیزات حرارتی هستند از این روش استفاده نشود. ولی روش استفاده از روابط علمی مهندسی چون به کمک فرمول‌های ترمودینامیک، سیالات و انتقال حرارت بوده و پایه علمی ریاضی دارند دقیق‌تر است.

با توجه به نمودار از مقایسه بین این دو روش نتیجه می‌گیریم که محاسبات بار سرمایشی به کمک روابط علمی مهندسی دقیق‌تر از محاسبات به کمک جداول مهندسی است. [۲]

۴-۳-۳- نتایج حاصل از تحلیل نموداری مقایسه روش‌های محاسباتی

۴-۳-۱- تحلیل نموداری مقایسه ظرفیت واقعی سیستم بین سه روش محاسباتی

همان‌طور که در شکل (۵) نشان داده شده است از این نمودار نتایج زیر حاصل می‌شود: [۲]

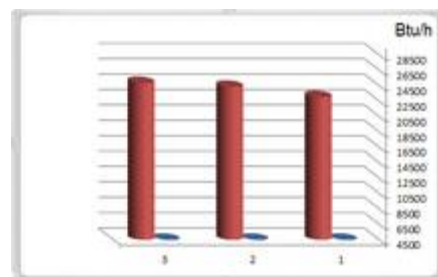


شکل (۶) مقایسه ظرفیت واقعی سیستم بین دو روش محاسباتی ۱- جداول استاندارد ۲- روابط علمی مهندسی

۴-۳-۳- تحلیل نموداری مقایسه ظرفیت بار سرمایشی

کابین فرماندهی بین دو روش روابط علمی و نرم افزاری

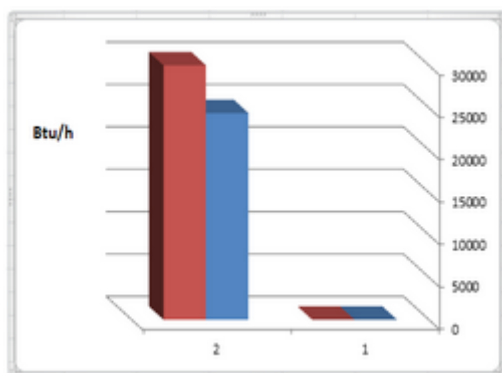
از مقایسه نتایج حاصل از محاسبات بار سرمایشی واقعی در قسمت کابین فرماندهی شناور مورد مطالعه بین دو روش محاسباتی ۱- روابط علمی مهندسی و ۲- نرم افزار کریر که در شکل (۷) نشان داده شده است، به دلیل این که پارامترهای محاسباتی دو روش به هم نزدیک بوده نتیجه حاصل شده نیز بسیار به هم نزدیک و دقیق است. [۲]



شکل (۵) مقایسه ظرفیت واقعی سیستم بین محاسبات ۱- جداول استاندارد ۲- نرم افزار کریر ۳- روابط علمی مهندسی

از مقایسه نتایج حاصل سه روش محاسباتی در نمودار فوق (۱- روش جداول استاندارد ۲- روش نرم افزار کریر ۳- روش روابط علمی مهندسی) می‌توان چنین نتیجه گرفت که روش محاسبات با نرم افزار و روش محاسبات به کمک روابط علمی مهندسی به هم نزدیک بوده و با توجه به اینکه پارامترهای در نظر گرفته شده در روش نرم افزاری دقیق‌تر بوده و علاوه بر تعیین ظرفیت واقعی سیستم، ظرفیت اسمی دستگاه نیز مشخص می‌شود. بهتر است برای انتخاب ظرفیت بار سرمایشی سیستم تهویه مطبوع در

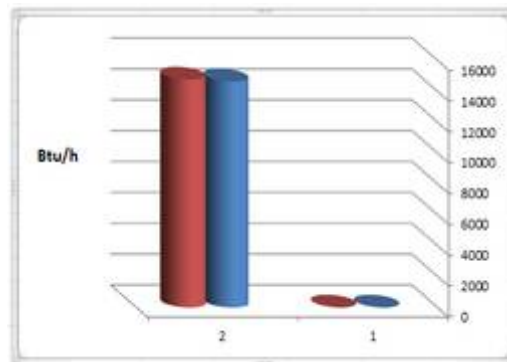
کندانسور، شرایط ترمودینامیکی اواپراتور و شیر انبساطی، و هم چنین شرایط پیش بینی نشده وجود دارد که باعث تغییرات در سیکل سرمایشی شده و این تغییرات، مقدار ظرفیت اسمی کمپرسور را افزایش می‌دهد. به همین علت روش محاسباتی نرم افزاری در پایان محاسباتش یک ظرفیت بار اسمی را برای ما مشخص می‌کند که مبنای انتخاب ظرفیت سیستم تهویه مطبوع شناور می‌باشد. لازم به توضیح می‌باشد که این پارامتر فقط در روش محاسبات نرم افزاری حاصل می‌شود و نشانه برتری این روش نسبت به روش های دیگر است. [۲]



شکل (۹) مقایسه روش محاسباتی نرم افزاری بار سرمایشی بین ۱- ظرفیت واقعی و ۲- ظرفیت اسمی

۴-۳-۶- تحلیل نموداری مقایسه دبی هوای حامل بار

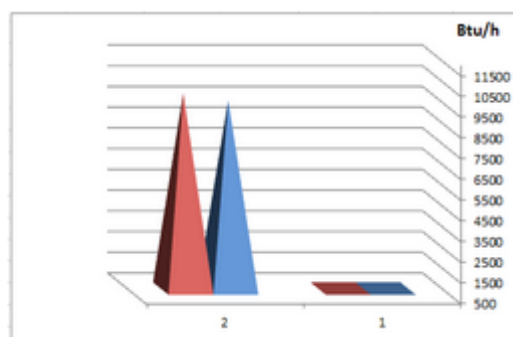
سرمایی بین روش روابط علمی و روش نرم افزار کریر مقدار دبی هوای حامل بار سرمایی از روش روابط علمی برابر با ۱۱۷۰ فوت مکعب در دقیقه و در روش نرم افزار کریر نیز برابر با ۱۲۶۵ فوت مکعب در دقیقه حاصل شد که بسیار به هم نزدیک و نا چیز است. این مقایسه در نمودار شکل (۱۰) نشان داده شده است. [۲]



شکل (۷) مقایسه ظرفیت کل بار سرمایشی کابین فرماندهی بین دو روش محاسباتی ۱- روابط علمی ۲- نرم افزار کریر

۴-۳-۴- تحلیل نموداری مقایسه ظرفیت بار سرمایشی خوابگاه شناور بین دو روش روابط علمی و نرم افزاری

با مقایسه این دو روش محاسباتی (۱- نرم افزار کریر ۲- روابط علمی مهندسی) از قسمت خوابگاه شناور که در شکل (۸) ملاحظه می‌شود نیز به این نتیجه رسیدیم که پارامترهای محاسباتی بر پایه علمی بوده و جواب‌ها بسیار به هم نزدیک و اختلاف ناچیز است.

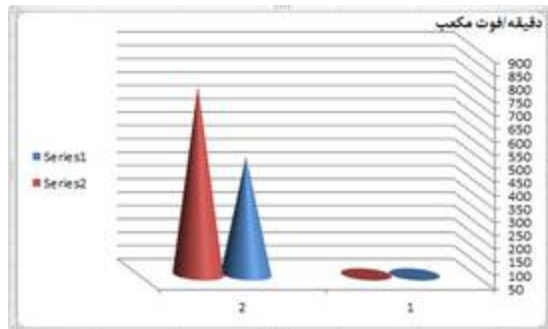


شکل (۸) مقایسه ظرفیت کل بار سرمایشی خوابگاه بین دو روش محاسباتی ۱- نرم افزار کریر ۲- روابط علمیمهندسی [۲]

۴-۳-۵- تحلیل نموداری مقایسه روش محاسباتی نرم

افزاری بار سرمایشی بین ظرفیت واقعی و ظرفیت اسمی با توجه به نمودار شکل (۹) و مقایسه اعداد حاصل از روش محاسبات به کمک نرم افزار کریر این نتیجه حاصل شد که اختلاف زیادی بین ظرفیت واقعی بار سرمایشی و ظرفیت اسمی بار سرمایشی وجود دارد. این اختلاف به علت عواملی از قبیل مقدار هوای تازه، شرایط کاری

فرماندهی به دلیل تجهیزات ذکر شده فوق نیاز به مقدار دبی هوای بیشتری دارد. [۲]

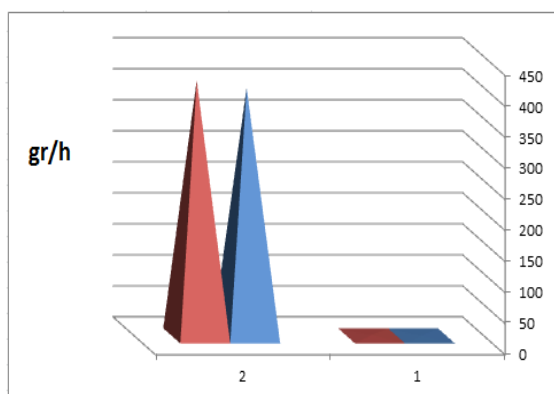


شکل شماره (۱۲) مقایسه مقدار دبی هوای حامل بار سرمایی بین خوابگاه و کابین فرماندهی از روش محاسبه نرم افزاری

۴-۳-۹- نتایج حاصل از مقایسه محاسبات درین و یا به

عبارتی سرد کردن و رطوبت گیری از هوا [۱ و ۲]

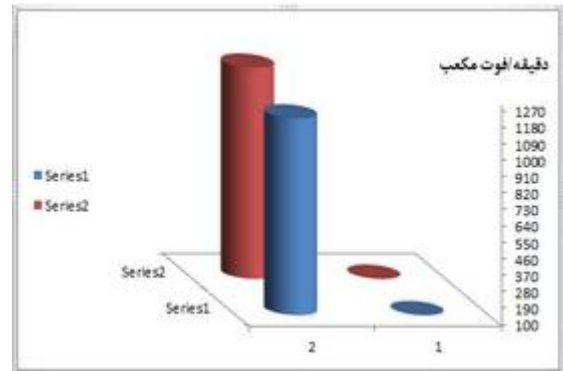
با توجه به نتایج حاصل از دو روش محاسبه درین به کمک ۱- روش نرم افزاری (با توجه به شرایط دمای هوای ورودی و خروجی کوئل سرمایشی) ۲- به کمک فرمول و نمودار سایکرومتری مشخص گردید که مقدار درین حاصل از دو روش به هم نزدیک بوده و این مقدار تقریباً نیم لیتر در ساعت است. البته با توجه به رطوبت موجود در هوا در روزها و ماه‌های گرم و شرجی این مقدار می‌تواند بیشتر شود. این مقایسه در نمودار شکل (۱۳) نشان داده شده است.



شکل (۱۳) مقایسه مقدار درین بین محاسبات ۱- به کمک نرم افزار ۲- فرمول و جدول سایکرومتری

۴-۳-۱۰- بیشترین ظرفیت بار سرمایشی

بیشترین ظرفیت بار سرمایشی در ساعت ۱۵ ماه آگوست (مرداد)، در دمای ۱۰.۵ درجه فارنهایت و با ظرفیتی برابر ۲۹۴۰۰ بی تی یو در ساعت ثبت شده است. [۲]

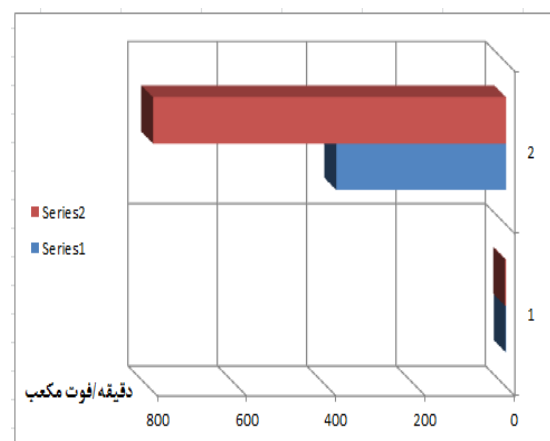


شکل (۱۰) مقایسه مقدار دبی هوای حامل بار سرمایی بین ۱- روش روابط علمی و ۲- روش نرم افزار کریر

۴-۳-۷- تحلیل نموداری مقایسه دبی هوای حامل بار

سرمایی بین خوابگاه و کابین فرماندهی از روش روابط علمی

در شکل شماره (۱۱) مقایسه مقدار دبی هواي حامل بار سرمایی بین ۱- خوابگاه و ۲- کابین فرماندهی شناور مورد نظر از روش محاسباتی به کمک روابط علمی مهندسی نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود کابین فرماندهی به دلیل تجهیزات رادیویی، ناوبری، کمک ناوبری و بارهای داخلی دیگر نیاز به مقدار دبی هوای بیشتری دارد. [۲]



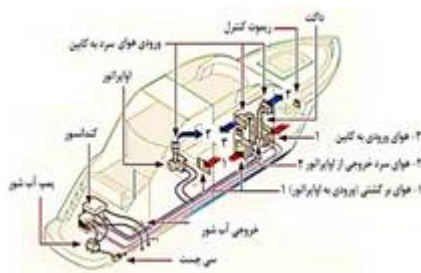
شکل (۱۱) مقایسه مقدار دبی هوای حامل بار سرمایی بین ۱- خوابگاه و ۲- کابین فرماندهی از روش روابط علمی

۴-۳-۸- تحلیل نموداری مقایسه دبی هوای حامل بار

سرمایی بین خوابگاه و کابین فرماندهی از روش نرم افزاری

در شکل (۱۲) مقایسه مقدار دبی هوای حامل بار سرمایی- لازم بین ۱- خوابگاه و ۲- کابین فرماندهی از روش محاسباتی به کمک نرم افزار کریر نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در این روش نیز کابین

هوای نفوذی در سیستم ایرکاندیشن وجود ندارد، هوای داخل شناور پس از چند مرحله عبور از کوئل سرمایشی از میزان رطوبتش کاسته شده و احساس سرما و خنکی بیشتری در داخل شناور خواهیم کرد. این مراحل تا زمانی که سیستم توسط ترموستات قطع نشود ادامه داشته که سیر گردشی آن در گراف (۶-۴،۵) و (۹-۷،۸) نشان داده شده است. محل این نقاط و جانمایی تجهیزات در شکل (۱۵) مشخص شده است. [۶] و [۲]



شکل (۱۵) محل نقاط ورودی و خروجی هوا به داخل کوئل سرمایشی و جانمایی تجهیزات در شناور

۴-۳-۱۴- پیشینه مقدار بار اسمی و دبی هوای حامل بار سرمایشی

باتوجه به محاسبات انجام شده و گزارشات نرم افزار کریر که در جدول شماره (۸) مشاهده می‌شود، پیشینه مقدار بار اسمی و یا ظرفیت نامی دستگاه برای شناور مورد طرح برابر ۲/۵ تن برودتی یا (سی هزار بی تی یو بر ساعت) می‌باشد که در ماه سپتامبر و در ساعت ۱۳ مورد نیاز است. براساس دمای هوای ورودی تعریف شده مقدار دبی هوای حامل بار سرمایشی مورد نیاز سیستم ۱۲۶۵ فوت مکعب بر دقیقه می‌باشد که در همین جدول ثبت شده است.

جدول (۸) اطلاعات ظرفیت اسمی و دبی هوای حامل بار سرمایشی سیستم تهویه مطبوع [۲]

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	2.5 Tons
Total coil load	29.9 MBH
Sensible coil load	24.1 MBH
Coil CFM at Sep 1300	1265 CFM
Max block CFM	1265 CFM
Sum of peak zone CFM	1265 CFM

۴-۳-۱۱- بالاترین دمای خارجی و رطوبت نسبی [۲]

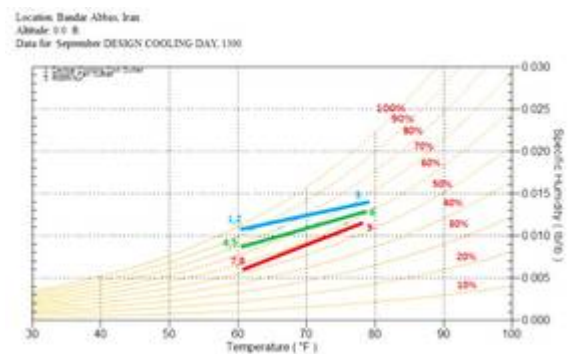
بالاترین دمای خارجی در ساعت ۱۵ ماه جولای (تیر) اتفاق افتاده و در این ساعت دمای داخل ۷۸/۴ درجه فارنهایت و رطوبت نسبی ۵۷ درصد ثبت شده است.

۴-۳-۱۲- نقطه اوج بار سرمایی

نقطه اوج بار سرمایی یا بیشترین ظرفیت اسمی بار سرمایشی در سه ماه تیر، مرداد و شهریور از ساعت ۱۳ الی ۱۵ اتفاق افتاده است. [۲]

۴-۳-۱۳- تحلیل نمودار سایکرومتری شرایط ورود و خروج هوا در کابین و کوئل

با توجه به شکل (۱۴)، از تحلیل نمودار سایکرومتری شرایط ورود و خروج هوا در کابین شناور به این نتیجه رسیدیم که: [۱ و ۲]



شکل (۱۴) نمودار سایکرومتری شرایط ورود و خروج هوا در کابین بدون داشتن هوای نفوذی پس از چند مرحله

در ابتدا و استارت سیستم ایرکاندیشن، هوای داخل شناور با هوای بیرون میزان گرما و رطوبت یکسانی دارند. ولی پس از چند مرحله گردش این هوا خنک تر و از میزان و درصد رطوبتش کاسته می‌شود. مثلا در نقاط (۳-۱، ۲) نمودار، هوا با درجه حرارت و رطوبت مشخصی (حدوداً رطوبت ۹۰ درصد) وارد کوئل شده (نقطه ۱) و پس از عبور از فن کوئل (نقطه ۲) با درجه حرارت حدود ۶۱ درجه فارنهایت وارد کانال هوا و پس از آن در نقطه ۳ وارد فضای کابین شناور می‌گردد. در این نقطه درجه حرارت هوای کابین تقریباً ۷۸ درجه فارنهایت و میزان رطوبت آن نیز تقریباً ۵۶ درصد است. از آنجا که هوایی از بیرون به سیستم تزریق نمی‌شود و سیستم بسته است و یا دریچه

۵- نتیجه گیری و جمع بندی

۵-۱- با توجه به نتایج و تحلیل (۴-۱) و طول شناورهای تندرو در ندسا و محدودیت‌هایی که بر روی این کلاس از شناورها داریم ایده‌آل‌ترین نوع سیستم‌های ایرکاندیشن، سیستم‌های انبساط مستقیم تراکمی دو تکه مدل دریایی می‌باشند.

۵-۲- با توجه به نتایج و تحلیل (۴-۲)، برای تعیین ظرفیت بارسرمایشی، مطمئن‌ترین روش استفاده از نرم افزارهای تخصصی مانند carrier می‌باشد و بعد از آن روش محاسبات مهندسی به کمک روابط علمی است. در این روش‌ها بهتر است حدود ۱۵ درصد به عنوان ضریب اطمینان به بارسرمایشی محاسبه شده اضافه گردد.

۵-۳- با توجه به جداول محاسباتی استاندارد معرفی شده در قسمت (۳-۲-۱) و تحقیقات میدانی به عمل آمده، محاسبه و انتخاب ظرفیت بار سرمایشی در شناورها به کمک جداول مهندسی شرکت‌های دریایی، یک روش محاسبه سرانگشتی بوده که بستگی به فاکتورهای مختلفی مانند شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی منطقه ماموریتی و یا جنس بدنه شناور داشته و ظرفیت بارسرمایشی بدست آمده جوابگوی تهویه مطبوع پرسنل و تجهیزات داخلی شناور نبوده و ضعیف است.

۵-۴- با توجه به ماموریت‌های دریانوردی و تحقیقات بدست آمده در شناورهای ۱۶ و ۱۸ متری، ظرفیت بار سرمایشی 24000 Btu/h و کمتر از آن که از قبل بر روی این کلاس از شناورها نصب شده است مناسب نبوده و پیشنهاد می‌گردد جهت بهینه سازی سیستم ایرکاندیشن در این نوع از شناورها از ظرفیت برودتی بالاتر از 24000 Btu/h و حداکثر تا ظرفیت 30000 Btu/h استفاده گردد. این سیستم‌ها و تجهیزات جانبی آن را می‌توان از شرکت‌های دریایی معتبر و معروف داخلی و یا خارجی تهیه و بر روی شناور نصب کرد.

۶- منابع

[۱] محاسبات تاسیسات ساختمان ترجمه و تالیف مهندس سید مجتبی طباطبائی ۱۳۹۲

[۲] طراحی سیستم های تهویه مطبوع با نرم افزار Carrier V4.5 2011 پروفیسور بیژن ثمالی و مهندس وحید وکیل الرعایا ۱۳۹۰

[3] International Standard Iso7548 Air-conditioning and Ventilation of Accommodation Spaces on board ships-Design Conditions and Basis of Calculations 1985

[4] International Standard Iso8862 Air-conditioning and Ventilation of Machinery Control Room on board ships-Design Conditions and Basis of Calculations 1985

[5] International Standard Iso8864 Air-conditioning and Ventilation of Wheel house on board ships-Design Conditions and Basis of Calculations 1985

[6] dealer 2006Wwww.dometic.com/marine

[7] Wwww.webasto-marine.com 2014

[8] Handbook of Air Conditioning System Design, By: Carrier Air Company Conditioning

[9] ASHREA Handbook of Fundamental, By: The American Society of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers, Inc.

[10] Air Conditioning And Refrigerating, By: JeningsAnd Lewis