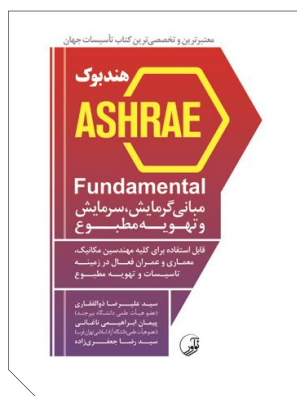




هندبوک ASHRAE Fundamental

مبانی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع



مؤلفان:

سيد عليرضا ذوالفقاري

عضو هیأت علمی دانشگاه بیرجند

پيمان ابراهيمي ناغاني

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران غرب

سيد رضا جعفری زاده



سرشناسه: ذوالفقاری، سیدعلیرضا، ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور: هندبوک ASHRAE Fundamental / مؤلفان: سیدعلیرضا ذوالفقاری، پیمان ابراهیمی
ناغانی، سیدرضا جعفری زاده
مشخصات نشر: تهران : نوآور، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری: ۶۶۰ ص.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۴۴۸-۷
وضعیت فهرست نویسی: فیبای مختصر
یادداشت: فهرست نویسی کامل این اثر در نشانی: <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است.
شناسه افزوده: ابراهیمی ناغانی، پیمان-۱۳۵۴
شناسه افزوده: جعفری زاده، سیدرضا-۱۳۶۲
شماره کتابشناسی ملی: ۵۵۲۶۳۴

هندبوک ASHRAE Fundamental

مؤلفان: سید علیرضا ذوالفقاری، پیمان ابراهیمی ناغانی، سیدرضا جعفری زاده



نشر نوآور

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

مدیر تولید: محمدرضا نصیرنیا

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۴۴۸-۷

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای
ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸
طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان
و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً
متعلق به نشر نوآور می باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا
قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن،
عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت
اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و
غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام
است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

لطفاً جهت دریافت الحاقات و اصلاحات احتمالی این کتاب به سایت انتشارات نوآور مراجعه فرمایید.

www.noavarpub.com

<https://telegram.me/noavarpub>

<https://www.instagram.com/noavarpub/>

فهرست مطالب

.....	مقدمه.....
.....	فصل اول / سایکرومتریک..... ۱۷
.....	۱- شکل گیری هوای خشک و مرطوب..... ۱۷
.....	۲- خواص ترمودینامیکی هوای مرطوب..... ۱۷
.....	۳- پارامترهای رطوبت..... ۲۴
.....	پارامترهای پایه..... ۲۴
.....	پارامترهای رطوبت مرتبط با حالت اشباع..... ۲۵
.....	۴- نمودار سایکرومتریک..... ۲۵
.....	۵- فرایندهای رایج تهویه مطبوع..... ۲۷
.....	گرمایش یا سرمایش محسوس هوای مرطوب..... ۲۷
.....	سرمایش و رطوبت زدایی هوای مرطوب تقطیر (کندانس)..... ۲۸
.....	اختلاط آدیاباتیک دو جریان هوای مرطوب..... ۲۹
.....	اختلاط آدیاباتیک آب تزریق شده به هوای مرطوب..... ۳۱
.....	جذب حرارت و افزایش رطوبت فضا..... ۳۲
.....	علائم اختصاری..... ۳۵
.....	حروف یونانی..... ۳۵
.....	اندیس‌ها..... ۳۶
.....	فصل دوم / چرخه‌های ترمودینامیکی و سرمایش .. ۳۷
.....	۱- ترمودینامیک..... ۳۷
.....	۱-۱- انرژی ذخیره شده..... ۳۷
.....	۲-۱- انرژی در حال انتقال..... ۳۷
.....	۳-۱- قانون اول ترمودینامیک..... ۳۸
.....	۴-۱- قانون دوم ترمودینامیک..... ۳۹
.....	۲- سیکل‌های تبرید تراکمی..... ۴۰
.....	۱-۲- سیکل کارنو..... ۴۰
.....	۲-۲- سیکل یک مرحله‌ای تئوری با استفاده از مبرد خالص..... ۴۲
.....	۳-۲- سیکل سرمایش لورنز (LORENZ)..... ۴۵
.....	۴-۲- سیکل‌های تبرید تراکم چند مرحله‌ای بخار..... ۴۶
.....	علائم اختصاری..... ۵۱
.....	اندیس‌ها..... ۵۲
.....	فصل سوم / جریان سیال..... ۵۳
.....	۱- خصوصیات سیال..... ۵۳
.....	چگالی (DENSITY)..... ۵۳
.....	لزجت یا ویسکوزیته (VISCOSITY)..... ۵۳
.....	۲- روابط اصلی دینامیک سیالات..... ۵۴
.....	پیوستگی در لوله یا کانال..... ۵۴
.....	معادله برنولی و تغییرات فشار در جهت جریان..... ۵۴
.....	جریان آرام..... ۵۵
.....	آشفتنگی (توربولانس)..... ۵۵
.....	۳- فرایندهای پایه جریان..... ۵۵
.....	اصطکاک دیواره..... ۵۵
.....	لایه مرزی..... ۵۶
.....	الگوهای جدایش در جریان..... ۵۷
.....	۴- تحلیل جریان سیال..... ۵۸
.....	معادله برنولی..... ۵۸
.....	اصطکاک در مجرا..... ۶۰
.....	افت فشار در اتصالات..... ۶۱
.....	کاویناسیون..... ۶۲
.....	علائم اختصاری..... ۶۳
.....	حروف یونانی..... ۶۴
.....	فصل چهارم / انتقال حرارت..... ۶۵
.....	۱- فرایندهای انتقال حرارت..... ۶۵
.....	رسانش..... ۶۵
.....	جابه جایی..... ۶۶
.....	تابش..... ۶۶
.....	ترکیب مکانیزمهای تابش و جابه جایی..... ۶۷
.....	شار حرارتی..... ۶۷
.....	مقاومت کلی و ضریب انتقال حرارت..... ۶۸
.....	فصل پنجم / جریان دو فاز..... ۷۰
.....	۱- جوشش..... ۷۰
.....	تبخیر سطح آزاد FREE SURFACE EVAPORATION..... ۷۱
.....	جوشش هسته‌ای NUCLEATE BOILING..... ۷۱
.....	۲- تقطیر..... ۷۲
.....	فصل ششم / انتقال جرم..... ۷۳
.....	۱- پخش مولکولی..... ۷۳
.....	قانون فیک FICK'S LAW..... ۷۳
.....	قانون فیک برای ترکیب‌های رقیق شونده..... ۷۴
.....	قانون فیک برای پراکندگی جرم در جامدات یا سیالات راکد (محیط‌های ایستا)..... ۷۴
.....	قانون فیک برای گازهای کامل با گرادیان دمای قابل صرف نظر..... ۷۵
.....	ضریب پخش DIFFUSION COEFFICIENT..... ۷۵
.....	پخش یک گاز در یک گاز ساکن..... ۷۵
.....	انتشار متقابل با غلظت مولی مساوی..... ۷۷
.....	۲- همرفت یا جابه‌جایی جرمی CONVECTION OF MASS..... ۷۷
..... ۷۸

۱۰۳.....	ترکیب نمودن سطحهای صوتی.....	۷۸.....	ضرب انتقال جرم.....
۱۰۴.....	رزونانس (RESONANCE).....	۸۰.....	آنالوژی بین انتقال حرارت و انتقال جرم جابه جایی.....
(ABSORPTION AND REFLECTION OF SOUND).....	جذب و بازتابش صوت.....		
۱۰۵.....	اکوستیک اتاق (ROOM ACOUSTICS).....	۸۴.....	فصل هفتم / مبانی کنترل.....
۱۰۵.....	امپدانس اکوستیکی (ACOUSTIC IMPEDANCE).....	۸۴.....	۱- کلیات.....
۱۰۶.....	۳- اندازه گیری صوت.....	۸۴.....	اصطلاحات.....
۱۰۶.....	ابزارشناسی.....	۸۶.....	تاخیرهای مرتبه اول (FIRST ORDER LAGS).....
۱۰۶.....	متوسط گیری زمانی.....	۸۶.....	زمان مرده (DEAD TIME).....
۱۰۶.....	طیف و آنالیز پهنای باند.....	۸۷.....	انواع کنش های کنترلی.....
۱۰۹.....	اصول اندازه گیری صوت.....	۸۷.....	کنش دو وضعیتی.....
۱۰۹.....	اندازه گیری شدت صوت.....	۸۸.....	کنترل پیوسته.....
۱۱۰.....	۴- به دست آوردن توان صوت.....	۸۸.....	بازه تغییرات (THROTTLING RANGE).....
۱۱۰.....	روش میدان آزاد (FREE-FIELD METHOD).....	۸۹.....	کنترل تناسبی-انگرای (P-I).....
۱۱۱.....	روش اتاق انعکاس (REVERBERATION ROOM METHOD).....	۹۰.....	کنترل تناسبی-انگرای- مشتق گیر.....
۱۱۲.....	روش موج تصاعدی (PROGRESSIVE WAVE (IN-DUCT) METHOD).....	۹۰.....	کنترل تطبیقی (ADAPTIVE CONTROL).....
۱۱۲.....	روش شدت صوت.....	۹۰.....	منطق فازی (FUZZY LOGIC).....
۱۱۲.....	۵- تبدیل توان صوت به فشار صوت.....	۹۱.....	کنترل شناور FLOATING CONTROL.....
۱۱۳.....	۶- مسیرهای انتقال صوت.....	۹۱.....	۱-۲- تقسیم بندی اجزاء کنترل بر اساس منبع انرژی.....
۱۱۳.....	افتهای پراکندگی.....	۹۲.....	کامپیوترها برای کنترل اتوماتیک.....
۱۱۴.....	میدانهای مستقیم در مقابل میدانهای انعکاس.....	۹۲.....	۲- اجزا کنترلی.....
۱۱۵.....	انتقال از طریق هوا (هوایی).....	۹۲.....	شیرها (ولوها).....
۱۱۵.....	انتقال از طریق داکت.....	۹۳.....	شیر حیایی دو راهه (TWO WAY GLOBE VALVE).....
۱۱۵.....	انتقال اتاق به اتاق.....	۹۳.....	شیر پروانه ای (BUTTERFLY VALVE).....
۱۱۶.....	انتقال از طریق سازه.....	۹۳.....	شیر توپی (BALL VALVES).....
۱۱۶.....	انتقال از مسیرهای انحرافی.....	۹۴.....	شیر مستقل از فشار (PRESSURE INDEPENDENT VALVE).....
۱۱۶.....	۷- منبع های رایج صوت.....	۹۴.....	مشخصات جریان در شیرها.....
۱۱۶.....	جهت منبع ها.....	۹۵.....	عملگر شیرها (ACTUATORS).....
۱۱۷.....	میدان نزدیک اکوستیکی.....	۹۵.....	عملگر شیر نیوماتیک دو کنشه یا عملگر نیوماتیک بدون فنر.....
۱۱۷.....	۸- کنترل نمودن صوت.....	۹۵.....	عملگر الکتریک- هیدرولیک.....
۱۱۷.....	مجموعه اصطلاحات.....	۹۵.....	عملگر شیر ترموستاتیک.....
۱۱۷.....	افت انتقال صدا (SOUND TRANSITION LOSE=TL).....	۹۶.....	سلنویید solenoid.....
۱۱۷.....	کاهش نویز (NOISE REDUCTION=NR).....	۹۶.....	عملگر الکتریکی electric actuators.....
۱۱۸.....	محفظه ها و پوشش ها.....	۹۶.....	برگشت پذیر دو طرفه (reversible).....
۱۱۸.....	دیواره ها (PARTITIONS).....	۹۶.....	دمپرها.....
۱۲۰.....	درجه بندی کلاس انتقال صوت (STC).....	۹۶.....	دمپرهای چند پره ای (multiblade dampers).....
۱۲۰.....	سایلنسرهای پراکنده ساز (DISSIPATIVE SILENCERS).....	۹۹.....	فصل هشتم / صوت و ارتعاشات.....
۱۲۱.....	سیستم های سایلنسر فعال (ACTIVE SILENCER SYSTEMS).....	۹۹.....	۱- هدف طراحی اکوستیکی.....
۱۲۱.....	بازتاب انتهایی (END REFLECTION).....	۹۹.....	۲- مشخصات صوت.....
۱۲۱.....	پیش بینی پاسخ انسان به صوت.....	۹۹.....	سطوح (LEVELS).....
۱۲۲.....	کیفیت صدا.....	۱۰۰.....	فشار صوت و سطح فشار صوت.....
۱۲۲.....	بلندی (LOUDNESS).....	۱۰۱.....	طول موج.....
۱۲۳.....	طیف فرکانس قابل قبول.....	۱۰۱.....	توان صوت و سطح توان صوت.....
۱۲۴.....	۱۱- سیستم های تعیین نرخ صوت و اهداف طراحی اکوستیکی.....	۱۰۳.....	شدت صوت و سطح شدت صوت.....

۱۶۴.....	۸- فاکتورهای ثانویه موثر بر آسایش.....	۱۲۴. A-WEIGHED SOUND LEVEL (dB_A) سطح صوت وزنی
۱۶۴.....	سن.....	۱۲۵..... NOISE CRITERIA METHOD : NC روش معیار نویز
۱۶۵.....	جنسیت.....	۱۲۶..... ROOM CRITERION METHOD: RC روش معیار اتاق
۱۶۵.....	۹- پیش‌بینی آسایش حرارتی.....	۱۲۶..... راه‌نمای انتخاب خصوصیات.....
۱۶۵.....	موازنه انرژی حالت پایا.....	۱۲۶..... علائم اختصاری.....
۱۶۸.....	مدل دو گرهی (دو نقطه‌ای).....	۱۲۷..... حروف یونانی.....
۱۷۱.....	مدل‌های آسایش و فیزیولوژی حرارتی چند بخشی.....	۱۲۸..... پیشوند و پسوندها.....
۱۷۱.....	مدل‌های تطبیقی.....	
۱۷۲.....	محدوده‌های آسایش و عدم آسایش.....	
۱۷۴.....	۱۰- شاخص‌های محیطی.....	فصل نهم / آسایش حرارتی..... ۱۲۹
۱۷۴.....	دمای موثر.....	۱- تنظیم حرارت بدن انسان..... ۱۲۹
۱۷۵.....	دمای عملکردی مرطوب T_{OH}	۲- موازنه انرژی..... ۱۳۱
۱۷۶.....	شاخص تنش حرارتی.....	۳- تبادل حرارتی با محیط..... ۱۳۲
۱۷۷.....	شاخص سطح‌تر شده پوست.....	مساحت جانبی بدن..... ۱۳۳
۱۷۷.....	دمای گوی سان (کروی) حباب مرطوب.....	انتقال حرارت محسوس از پوست..... ۱۳۳
۱۷۸.....	دمای گوی سان مرطوب WET- GLOBE TEMPERATURE.....	دفع حرارت تبخیری از پوست..... ۱۳۴
۱۷۹.....	شاخص سرمای باد WIND CHILL INDEX=WCI.....	دفع حرارت تنفسی..... ۱۳۶
۱۸۰.....	۱۱- محیط‌های خاص.....	فرمول‌بندی جایگزین..... ۱۳۷
۱۸۰.....	گرمایش مادون قرمز.....	انتقال حرارت کلی پوست..... ۱۳۹
۱۸۴.....	معادلات آسایش برای گرمایش تابشی.....	۴- اطلاعات مهندسی و اندازه‌گیری..... ۱۴۱
۱۸۵.....	سیستم‌های کنترل محیط توسط شخص.....	نرخ متابولیک و راندمان مکانیکی..... ۱۴۱
۱۸۷.....	محیط‌های گرم و مرطوب.....	فعالیت متناوب..... ۱۴۲
۱۸۹.....	محیط‌های شدیداً سرد.....	دقت..... ۱۴۲
۱۹۱.....	۱۲- علائم اختصاری.....	اندازه‌گیری..... ۱۴۲
۱۹۲.....	حروف یونانی.....	راندمان مکانیکی..... ۱۴۳
۱۹۳.....	پیشوند و پسوندها.....	ضرایب انتقال حرارت..... ۱۴۴
		ضریب انتقال حرارت تابشی..... ۱۴۴
		ضریب انتقال حرارت همرفتی..... ۱۴۴
		ضریب انتقال حرارت تبخیری..... ۱۴۵
		عایق کاری لباس و راندمان نفوذ..... ۱۴۵
		عایق کاری حرارتی..... ۱۴۵
		راندمان نفوذ..... ۱۵۰
		فاکتور سطح لباس..... ۱۵۰
		دفع حرارت کل تبخیری..... ۱۵۰
		پارامترهای محیطی..... ۱۵۱
		پارامترهای اندازه‌گیری مستقیم..... ۱۵۱
		پارامترهای محاسباتی (از سایر پارامترها)..... ۱۵۱
		۵- شرایط آسایش حرارتی..... ۱۵۳
		شکایت‌های حرارتی..... ۱۵۶
		۶- آسایش حرارتی و راندمان عملکرد..... ۱۵۸
		۷- شرایط حرارتی غیریکنواخت و عدم آسایش موضعی..... ۱۵۹
		تابش حرارتی نامتقارن..... ۱۵۹
		کوران یا سرمای موضعی ناخواسته (DRAFT)..... ۱۶۰
		اختلاف عمودی دمای هوا..... ۱۶۲
		کف گرم یا سرد..... ۱۶۳
۱۹۴.....	فصل دهم / سلامت محیط داخل.....	
۱۹۴.....	۱- زمینه.....	
۱۹۵.....	۱-۱- دانش سلامت مرتبط با محیط داخل.....	
۱۹۵.....	۱-۲- تشخیص، آنالیز و کنترل خطر.....	
۱۹۵.....	خطرات بیولوژیکی.....	
۱۹۵.....	خطرات فیزیکی.....	
۱۹۵.....	خطرات ارگونومیک.....	
۱۹۵.....	۲- آلودگی‌های انتقال یافته توسط هوا.....	
۱۹۶.....	۲-۱- ذرات ریز.....	
۱۹۶.....	واحدهای اندازه‌گیری.....	
۱۹۶.....	تأثیر کلی آلودگی هوا بر سلامت.....	
۱۹۶.....	محیط‌های صنعتی.....	
۱۹۷.....	استراتژی کنترل تأثیرپذیری.....	
۱۹۷.....	فیبرهای مصنوعی چسبناک.....	
۱۹۸.....	محصولات احتراق.....	
۱۹۸.....	ذرات در محیط‌های غیر صنعتی.....	
۱۹۸.....	آلودگی ناشی از استعمال دخانیات.....	

۲۱۷..... ذرات جامد.....	۱۹۸..... آلودگی بیولوژیکی.....
۲۱۷..... BIOAEROSOLS (ذرات هوایی زنده).....	۱۹۹..... ۲-۲- آلاینده‌های گازی.....
۲۱۸..... ذرات مایع.....	۱۹۹..... ترکیبات آلی فرار (VOCs).....
۲۱۸..... ذرات ترکیبی.....	۱۹۹..... آلاینده‌های گازی غیر آلی.....
۲۱۸..... ENVIRONMENTAL TOBACCO SMOKE (ETS).....	۱۹۹..... محیط‌های صنعتی.....
۲۱۸..... اندازه ذرات حمل شونده در هوا.....	۲۰۱..... محیط‌های غیر صنعتی.....
۲۲۱..... واحد اندازه‌گیری.....	۲۰۱..... ترکیبات آلی فرار VOCs.....
۲۲۱..... اثرات زیان آور آلاینده‌های ذره‌ای.....	۲۰۱..... ترکیبات آلی شبه فرار (SVOCs).....
۲۲۱..... سطوح رایج آلودگی.....	۲۰۱..... تأثیر بر سلامتی.....
۲۲۱..... ذرات هوایی زنده (BIOAEROSLS).....	۲۰۳..... گازهای غیر آلی.....
۲۲۲..... ۳- آلاینده‌های گازی.....	۲۰۳..... تأثیرات سلامتی.....
۲۲۳..... واحدهای اندازه‌گیری آلاینده‌های گازی.....	۲۰۴..... نیتریک اکسید NO.....
۲۲۴..... ۱-۳- ترکیبات آلی فرار (بخار شونده).....	۲۰۴..... دی اکسید نیتروژن (NO ₂).....
۲۲۴..... کنترل تأثیرپذیری از مواد VOC.....	۲۰۴..... دی اکسید سولفور SO ₂
۲۲۵..... ۳-۳- ترکیبات آلی شبه فرار.....	۲۰۴..... ازن O ₃
۲۲۵..... ۳-۳- گازهای غیر آلی.....	۲۰۵..... ۳- عوامل فیزیکی موثر بر سلامت.....
۲۲۶..... کنترل تأثیرپذیری از گازهای غیر آلی.....	۲۰۵..... ۱-۳- محیط حرارتی.....
۲۲۶..... ۴- گروه‌بندی آلودگی‌های هوا با توجه به منشأ.....	۲۰۵..... محدوده شرایط زندگی سالم.....
۲۲۷..... فصل دوازدهم / بوها.....	۲۰۵..... آسیب دمای پایین هسته بدن.....
۲۲۷..... ۱- منابع بوها.....	۲۰۵..... آسیب دمای بالای هسته بدن.....
۲۲۷..... ۲- حس کردن بو.....	۲۰۵..... الگوهای فصلی.....
۲۲۷..... احساس بویایی.....	۲۰۵..... تغییرات آب و هوا.....
۲۲۹..... آناتومی و فیزیولوژی.....	۲۰۵..... افزایش مرگ و میر در حرارت بالای محیط.....
۲۲۹..... هوش بویایی.....	۲۰۶..... ۲-۳- خطرات الکتریکی.....
۲۲۹..... ۳- عوامل موثر بر ادراک بو.....	۲۰۶..... ۳-۳- انرژی‌های مکانیکی.....
۲۲۹..... رطوبت و دما.....	۲۰۶..... ارتعاشات.....
۲۳۰..... جذب و آزادسازی بوها.....	۲۰۸..... اندازه‌گیری و تشخیص.....
۲۳۰..... پاسخ احساسی به بوها.....	۲۰۸..... حدود استاندارد.....
۲۳۰..... ۴- خصوصیات احساس بوها.....	۲۰۸..... حرکت فرکانس پایین (1 Hz).....
۲۳۰..... قابل تشخیص بودن (DETETABILITY).....	۲۰۹..... حرکت فرکانس بالا (۸۰-۱ Hz).....
۲۳۰..... مشخص نمودن آستانه بو.....	۲۱۰..... صدا و نویز.....
۲۳۱..... شدت (INTENSITY).....	۲۱۱..... ۳-۴- تابش الکترومغناطیسی.....
۲۳۱..... قانون توان روانشناختی.....	۲۱۱..... تابش یونیزه کننده.....
۲۳۳..... شخصیت بو.....	۲۱۱..... تأثیر رادون بر سلامت.....
۲۳۳..... مرتبه خوشایندی.....	۲۱۲..... استانداردهای تأثیرپذیری.....
۲۳۳..... ۵- رقیق‌سازی بوها از طریق تهویه.....	۲۱۳..... تابش غیر یونیزه کننده.....
۲۳۳..... ۶- غلظت بو.....	۲۱۳..... نور مرئی.....
۲۳۳..... اندازه‌گیری تحلیلی.....	۲۱۳..... تابش فرکانس رادیویی.....
۲۳۴..... ۷- واحدهای OLF.....	۲۱۴..... ۳-۵- ارگونومی.....
	۲۱۴..... ۳-۶- تهویه هوای خارج و سلامتی.....
۲۳۷..... فصل سیزدهم / مدل‌سازی محیط داخل.....	۲۱۶..... فصل یازدهم / آلودگی هوا.....
۲۳۸..... ۱- دینامیک سیالات محاسباتی.....	۲۱۶..... ۱- طبقه‌بندی آلاینده‌های هوا.....
۲۳۸..... زمینه ریاضی و عددی.....	۲۱۷..... ۲- آلاینده‌های ذره‌ای.....

تابش خورشیدی آسمان پاک (clear- sky solar irradiance).....۲۶۳	۱-۱ مش بندی برای دینامیک سیالات محاسباتی..... ۲۴۰
تابش خورشیدی آسمان کامل (ALL-SKY SOLAR IRRADIANCE)..... ۲۶۳	شبکه های دارای ساختار..... ۲۴۱
شرایط طراحی گرمایش و رطوبت زنی سالیانه..... ۲۶۴	شبکه های بدون ساختار..... ۲۴۲
شرایط طراحی سالانه سرمایش، رطوبت زدایی و آنتالپی..... ۲۶۴	کیفیت شبکه GRID QUALITY..... ۲۴۲
دما، روز- درجه، ساعت- درجه..... ۲۶۵	۲-۱ شرایط مرزی برای دینامیک سیالات محاسباتی..... ۲۴۳
دمای طراحی ماهانه حباب خشک و متوسط دمای حباب مرطوب	شرایط مرزی ورودی..... ۲۴۴
متناظر..... ۲۶۶	شرایط مرزی خروجی..... ۲۴۶
دمای طراحی ماهانه حباب مرطوب و متوسط دمای حباب خشک	شرایط مرزی دیوار/سطح..... ۲۴۶
متناظر..... ۲۶۶	شرایط مرزی صفحه تقارن (SYMMETRY SURFACE)
تابش خورشیدی آسمان پاک..... ۲۶۶	(BOUNDARY CONDITIONS)..... ۲۴۷
تابش خورشیدی کل آسمان ALL-SKY SOLAR RADIATION..... ۲۶۶	منبع ها و چاه های ثابت (FIXED SOURCES AND SINKS)..... ۲۴۷
۲- محاسبه تابش خورشیدی آسمان پاک..... ۲۶۶	۳-۱- رویکردهای مدلسازی CFD..... ۲۴۸
موقعیت خورشید..... ۲۶۸	طرح ریزی..... ۲۴۸
جرم هوا..... ۲۷۰	دقت ابعادی و میزان در نظر گرفتن جزئیات..... ۲۴۸
۳- جابجایی شدگی سطوح دریافت کننده به جهت های مختلف	مراحل شبیه سازی CFD..... ۲۴۸
..... ۲۷۱	۴-۱- اعتبارسنجی، صحت سنجی و گزارش نتایج..... ۲۴۹
محاسبات تابش خورشیدی ورودی آسمان پاک روی سطوح	اعتبارسنجی (VERIFICATION)..... ۲۴۹
دریافت کننده..... ۲۷۲	صحت سنجی (VALIDATION)..... ۲۴۹
بخش پراکنده..... ۲۷۳	گزارش گیری..... ۲۴۹
بخش بازتاب شده از سطح زمین..... ۲۷۳	VERIFICATION..... ۲۴۹
۳-۱- ایجاد اطلاعات روز- طراحی..... ۲۷۴	تعیین ماهیت مدل آشفته گی..... ۲۵۰
۳-۲- تخمین روز- درجه..... ۲۷۶	تعیین ماهیت انتقال حرارت و مدل های جریان..... ۲۵۰
روز- درجه های ماهانه..... ۲۷۶	ریز نمودن سایز شبکه و گام زمانی..... ۲۵۱
	رویه های عددی، تکرار و همگرایی..... ۲۵۱
	VALIDATION (صحت سنجی)..... ۲۵۲
	گزارش نمودن نتایج CFD..... ۲۵۳
	روش های عددی..... ۲۵۴
	مقایسه نتایج با اطلاعات..... ۲۵۴
	۲- جریان هوای شبکه چند ناحیه ای و مدلسازی انتقال ذرات..... ۲۵۵
	۱-۲- مدل سازی جریان هوای چند ناحیه ای..... ۲۵۵
	۲-۲- مسیرهای مدل سازی چند ناحیه ای..... ۲۵۸
	طرح ریزی شبیه سازی..... ۲۵۸
فصل پانزدهم / پنجره بندی (FENESTRATION)..... ۲۷۹	
۱- اجزاء پنجره بندی..... ۲۷۹	
۱-۱- واحدهای شفاف GLAZING UNIT..... ۲۸۰	
۱-۲- قاب..... ۲۸۰	
۱-۳- سایه اندازی SHADING..... ۲۸۱	
۲- تعیین نمودن جریان انرژی از پنجره بندی ها..... ۲۸۱	
۳- ضریب U (عبور حرارتی) (THERMAL U-FACTOR (TRANSMITTANCE)..... ۲۸۲	
۱-۳- به دست آوردن فاکتور U پنجره بندی..... ۲۸۳	
۲-۳- ضرایب انتقال حرارت سطوح و فضای میانی..... ۲۸۴	
۳-۳- ضرایب U برای درب ها..... ۲۹۱	
۴- بهره حرارتی خورشیدی و عبور نور مرئی..... ۲۹۳	
۱-۴- خصوصیات خورشیدی-نوری پیکربندی سطوح شفاف..... ۲۹۳	
۲-۴- ضریب بهره حرارتی خورشیدی..... ۲۹۴	
پنجره های دارای جریان هوا..... ۳۰۶	
پنجره های سقفی..... ۳۰۶	
پنجره های سقفی گنبدی شکل DOMED SKYLIGHTS..... ۳۰۷	
تجهیز تامین روشنایی لوله ای TUBULAR DAYLIGHTING	
DEVICE (TDD)..... ۳۰۸	
	فصل چهاردهم / اطلاعات طراحی بر اساس آب و هوا ۲۵۹
	۱- شرایط طراحی آب و هوایی..... ۲۵۹
	شرایط طراحی سالانه گرمایش و رطوبت زنی..... ۲۶۱
	شرایط سالانه طراحی سرمایش، رطوبت زدایی و آنتالپی..... ۲۶۱
	شرایط طراحی بحرانی سالیانه (EXTREME ANNUAL DESIGN
	CONDITION)..... ۲۶۲
	شرایط طراحی ماهیانه..... ۲۶۲
	باد..... ۲۶۲
	بارش..... ۲۶۲
	طراحی ماهانه حباب خشک و حباب تر..... ۲۶۲

۴۴۲.....	۳-۸- سیستم‌های انتقال گرمای هوایی	۴۰۵.....	بالانس حرارتی سطح داخل
۴۴۲.....	سیستم‌های کنترل ON/OFF.....	۴۰۵.....	تبادل تابش موج بلند از سطوح زون
۴۴۲.....	سیستم‌های حجم هوا متغیر.....	۴۰۵.....	تابش موج کوتاه از لامپ‌ها
۴۴۲.....	سیستم‌های بازگرمایش حجم هوا ثابت.....	۴۰۶.....	تابش موج بلند از منابع داخلی
۴۴۳.....	سیستم‌های هوای مخلوط شده MIXED AIR SYSTEMS.....	۴۰۶.....	استفاده از SHGC برای محاسبه بهره حرارتی خورشیدی
۴۴۳.....	بهره حرارتی از فن‌ها.....	۴۰۷.....	استفاده از داده‌های SHGC.....
۴۴۵.....	انتقال حرارت سطح داکت.....	۴۰۸.....	بالانس حرارتی هوا.....
۴۴۵.....	نشت داکت.....	۳-۵-۴۰۹.....	۳-۵-۴۰۹.....
۴۴۵.....	دماهای پلنوم برگشت هوای سقفی.....	۴۱۰.....	۴-۵-۴۱۰.....
۴۴۷.....	پلنوم‌های سقفی با برگشت دارای داکت.....	۴۱۰.....	فرآیند رسانش.....
۴۴۸.....	سیستم‌های توزیع هوا زیر سطح کف تمام شده.....	۴۱۱.....	رابطه بالانس حرارتی Heat Balance Equipmenet.....
۴۴۸.....	پلنوم در محاسبه بار.....	۴۱۱.....	حل کلی تکرار بالانس حرارتی OVERALL HB ITERATIVE.....
۴-۸-۴۴۸.....	تجهیزات مرکزی.....	۴۱۲.....	SOLUTION.....
۴۴۹.....	پمپ‌ها.....	۵-۵-۴۱۲.....	۵-۵-۴۱۲.....
۴۴۹.....	۹. مثال محاسبات بار سرمایش و گرمایش.....	۴۱۳.....	اطلاعات جغرافیایی و جهت GLOBAL INFORMATION.....
۴۴۹.....	۹-۱-۱- مثال تک اتاق.....	۴۱۳.....	اطلاعات دیوار WALL INFORMATION.....
۴۵۱.....	اطلاعات آب و هوایی.....	۴۱۳.....	توابع توزیع تابش RADIAND DISTRIBUTION FUNCTIONS.....
۴۵۱.....	بارهای سرمایش با استفاده از روش RTS.....	۴۱۳.....	سایر اطلاعات موردنیاز OTHER REQUERED INFORMATION.....
۴۶۶.....	بخش ۵. بار سرمایش کلی اتاق.....	۴۱۳.....	۶- روش سرپهای زمان تابش.....
۴۶۹.....	۲-۹- بار گرمایش پیک تک اتاق.....	۴۱۴.....	۶-۱- فرضیات و اصول.....
۴۶۹.....	بخش ۶- بار گرمایش اتاق.....	۴۱۴.....	۶-۲- نگاه کلی.....
		۴۱۷.....	۶-۳- دستورالعمل RTS.....
		۴۱۷.....	۶-۴- بهره حرارتی از طریق سطح‌های خارجی.....
		۴۱۷.....	دمای هوا خورشید SOL-AIR TEMPERATURE.....
		۴۱۷.....	شار حرارتی به سطوح خارجی در معرض تابش آفتاب.....
		۴۱۸.....	رنگ سطح‌ها SURFACE COLORS.....
		۴۱۸.....	محاسبات بهره حرارتی رسانشی با استفاده از سری‌های زمان رسانش.....
		۴۱۹.....	۶-۵- بهره حرارتی از طریق سطوح داخلی.....
		۴۳۰.....	کف‌ها.....
		۴۳۰.....	۶-۶- محاسبه بار سرمایش.....
		۴۳۴.....	۷- محاسبات بار گرمایش.....
		۴۳۵.....	۷-۱- محاسبات دفع حرارت.....
		۴۳۵.....	شرایط طراحی خارج.....
		۴۳۶.....	شرایط طراحی داخل.....
		۴۳۶.....	محاسبات دفع حرارت‌های انتقالی.....
		۴۳۹.....	سطوح هم‌تراز با سطح زمین.....
		۴۳۹.....	سطوح مجاور فضاهای پوششی.....
		۴۳۹.....	نفوذ.....
		۲-۷-۴۴۰.....	۲-۷- ضرایب اطمینان گرمایش و بارهای فوق العاده.....
		۴۴۱.....	۳-۷- سایر ملاحظات گرمایشی.....
		۴۴۱.....	۸- آثار سیستم بر بار گرمایش و سرمایش.....
		۱-۸-۴۴۱.....	۱-۸- زون‌بندی.....
		۲-۸-۴۴۱.....	۲-۸- تهویه.....

فصل نوزدهم / روش‌های مدلسازی و برآورد انرژی ... ۴۷۰

۴۷۰.....	۱. فرضیات عمومی.....
۴۷۰.....	۱-۱- مدل‌ها و مسیرهای دست یابی.....
۴۷۰.....	رویکرد پیش رونده (کلاسیک).....
۴۷۲.....	مسیر هدایت شده توسط داده‌ها (معکوس).....
۴۷۳.....	۲-۱- استراتژی‌های کلی مدل‌سازی.....
۴۷۴.....	۳-۱- شبیه‌سازی سیستم‌های اولیه و ثانویه.....
۴۷۵.....	پالایش بر مبنای مدلسازی بر پایه اجزا.....
۴۷۵.....	۴-۱- تاریخچه توسعه روش شبیه‌سازی.....
۴۷۵.....	۵-۱- استفاده از مدل‌های انرژی.....
۴۷۵.....	کاربردهای متداول.....
۴۷۶.....	انتخاب معیارهای سنجش.....
۴۷۶.....	۶-۱- عدم قطعیت در مدلسازی.....
۴۷۶.....	۷-۱- انتخاب روش آنالیز.....
۴۷۷.....	۲- روش‌های روز- درجه و BIN.....
۴۷۷.....	۱-۲- روش روز/ درجه.....
VARIABLE -BASE DEGREE-	روش روز- درجه پایه متغیر.....
۴۷۸.....	DAY METHOD.....
۴۸۱.....	۲-۲- روش BIN و روش BIN بهینه شده.....
۴۸۳.....	۳. مدلسازی بارهای حرارتی.....
۴۸۳.....	۱-۳- روش‌های محاسبه بار محسوس فضا.....
۴۸۴.....	روش بالانس حرارتی.....

دینامیک سیالات محاسباتی COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC.....	۴۸۵.....
تابع انتقال جامع اتاق COMPREHENSIVE ROOM TRANSFORM FUNCTION.....	۴۸۸.....
روش‌های شبکه حرارتی THERMAL-NETWORK METHODS.....	۴۸۸.....
۲-۳- مدل سازی اجزاء پوسته.....	۴۸۹.....
سطوح تیره روی سطح همکف.....	۴۸۹.....
سطوح تیره زیر همکف.....	۴۸۹.....
پنجره بندیها.....	۴۹۰.....
نفوذ.....	۴۹۰.....
۳-۳- ورودی‌ها به مدل‌های بارهای حرارتی.....	۴۹۱.....
انتخاب داده‌های آب و هوایی.....	۴۹۱.....
بهره‌های حرارتی داخلی.....	۴۹۱.....
کسر بهره حرارتی به فضا.....	۴۹۲.....
رفتار ساکنان.....	۴۹۲.....
استراتژی‌های زون بندی حرارتی.....	۴۹۲.....
۴- مدل سازی اجزاء HVAC.....	۴۹۳.....
۱-۴- استراتژی‌های مدل سازی.....	۴۹۳.....
مدلهای تجربی (بر مبنای داده‌های گذشته).....	۴۹۳.....
مدلهای بر اساس اصول اولیه FIRST PRINCIPLES MODELS.....	۴۹۵.....
۲-۴- اجزاء پایانه‌ای TERMINAL COMPONENT.....	۴۹۶.....
واحدهای پایانه‌ای و کنترل.....	۴۹۶.....
توزیع هوای زیر کف UNDER FLOOR AIR DISTRIBUTION.....	۴۹۷.....
تهویه جابه جایی هوا THERMAL DISPLACEMENT VENTILATION.....	۴۹۸.....
سیستم‌های گرمایش و سرمایش تابشی.....	۴۹۸.....
۳-۴- اجزا سیستم ثانویه.....	۴۹۸.....
فن‌ها، پمپ‌ها و سیستم‌های توزیع.....	۴۹۹.....
گرمای فن و پمپ FAN AND PUMP HEAT.....	۵۰۱.....
اجزاء انتقال حرارت و جرم.....	۵۰۱.....
۴-۴- اجزاء اولیه سیستم.....	۵۰۱.....
بویلرها.....	۵۰۲.....
شرایط تعیین نرخ راندمان RATING CONDITIONS.....	۵۰۲.....
شرایط غیر طراحی OFF-DESIGN CONDITIONS.....	۵۰۲.....
چیلرها.....	۵۰۳.....
مدل برج خنک کن COOLING TOWER MODEL.....	۵۰۴.....
مدل پمپ حرارتی سرعت متغیر تراکم بخار.....	۵۰۴.....
سیستم‌های متصل به زمین GROUND-COUPLED SYSTEMS.....	۵۰۵.....
۵-۴- مدل سازی کنترل‌های سیستم.....	۵۰۵.....
۶-۴- یکپارچه سازی مدل‌های سیستم.....	۵۰۶.....
۵- مدل سازی سیستم انرژی پایین.....	۵۰۸.....
۵-۱- تهویه طبیعی و ترکیبی.....	۵۰۸.....
تهویه طبیعی NATURAL VENTILATION.....	۵۰۹.....
مدلهای ساده SIMPLIFIED MODELS.....	۵۰۹.....
۵۰۹- مدل‌های شبکه جریان هوا NETWORK AIRFLOW MODELS.....	۵۰۹.....
۵-۱-۶- مدل سازی سیالات محاسباتی COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC.....	۵۰۹.....
تهویه ترکیبی Hybrid Ventilation.....	۵۰۹.....
۵-۲- روشنایی روز DAYLIGHTING.....	۵۰۹.....
۶-۱-۶- دسته بندی روش‌های داده محور.....	۵۱۰.....
۶-۱-۶- دسته بندی روش‌های داده محور.....	۵۱۰.....
مسیر تجربی یا جعبه سیاه EMPIRICAL OR BLACK-BOX APPROACH.....	۵۱۰.....
۵۱۰- رگرسیون مربع‌های حداقلی LEAST SQUARES REGRESSION.....	۵۱۰.....
۵۱۱- مسیر جعبه خاکستری GRAY-BOX APPROACH.....	۵۱۱.....
فصل بیستم / پخش هوا در فضا SPACE AIR DIFFUSION	۵۱۲.....
۱- کیفیت هوای داخل و تاب‌آوری.....	۵۱۳.....
۲- اصطلاحات.....	۵۱۴.....
انواع خروجی و خصوصیات آنها.....	۵۱۵.....
۳- اصول رفتار جت.....	۵۱۸.....
مبانی جت هوا.....	۵۱۸.....
زون‌های گسترش جت.....	۵۱۹.....
سرعت‌های خط مرکزی در زون ۱ و ۲.....	۵۱۹.....
سرعت خط مرکزی در زون ۳.....	۵۲۰.....
پروفایل سرعت جت‌ها VELOCITY PROFILES OF JETS.....	۵۲۳.....
نرخ‌های ورود هوا از اطراف به داخل جت.....	۵۲۴.....
جت‌های همدمای جریان شعاعی ISOTHERMAL RADIAL FLOW JETS.....	۵۲۵.....
جت‌های غیر همدمای.....	۵۲۵.....
جت آزاد افقی غیر همدمای.....	۵۲۵.....
مقایسه جت آزاد با جت دارای تاثیرپذیری از سطوح اطراف.....	۵۲۶.....
واحدهای پرده هوایی AIR CURTAIN UNITS.....	۵۲۷.....
جابه جایی هوا در زون تحت اشغال.....	۵۲۷.....
چیدمان حرارتی.....	۵۲۷.....
علائم اختصاری.....	۵۲۸.....
فصل بیست و یکم / طراحی داکت	۵۳۰.....
۱- معادله برنولی.....	۵۳۰.....
۲- هد و فشار.....	۵۳۲.....
فشار استاتیک STATIC PRESSURE.....	۵۳۲.....
فشار سرعتی VELOCITY PRESSURE.....	۵۳۲.....
فشار کل TOTAL PRESSURE.....	۵۳۲.....
۳- آنالیزهای سیستم.....	۵۳۲.....
۱-۲- تغییرات فشار در سیستم.....	۵۳۸.....
۳- مقاومت سیال.....	۵۳۹.....
۱-۳- افت‌های اصطکاکی.....	۵۳۹.....

۵۸۵	فصل بیست و دوم / طراحی سیستم لوله کشی	Darcy and Colebrook	معادلات دارسی و کولبرگ
۵۸۵	۱- میانی	EQUATIONS	۵۳۹
۵۸۵	۱-۱- کدها و استانداردها		۵۴۰
۵۸۵	۱-۲- نکات حائز اهمیت در طراحی	FLEXIBLE DUCT	داکت قابل انعطاف
۵۸۶	۱-۳- سیستم‌های لوله کشی عمومی		۵۴۲
۵۸۶	سیستم‌های لوله کشی فولادی	FRICITION CHART	نمودار اصطکاک
۵۸۷	سیستم‌های لوله کشی غیر فلزی (پلاستیک)	NONCIRCULAR DUCTS	داکت‌های غیر دایره‌ای
۵۸۷	سیستم‌های خاص		۵۴۵
۵۸۸	۱-۴- معادلات طراحی	FLAT OVAL DUCTS	داکت‌های بیضی صاف
۵۸۸	معادله دارسی - ویسباخ		۵۴۵
۵۸۹	معادله هایزن-ویلیامز (HAZEN-WILLIAMS)		۵۴۶
۵۹۰	افت‌های ولو و اتصالات VALVE AND FITTING LOSSES		۵۴۷
	افت در اتصالات چندتایی LOSSES IN MULTIPLE FITTINGS	TERMINAL UNIT LOSS	ضریب افت واحد پایانه‌ای
۵۹۳	COEFFICIENTS	۵۴۹
۵۹۴	محاسبه افت فشارها	DUCT WORK	۳-۳- افت‌های مقطعی شبکه داکت
۵۹۴	۱-۵- دستورالعمل ساینینگ	SECTIONAL LOSSES	۵۵۰
۵۹۵	۱-۶- اجزاء ساپورت لوله		۵۵۰
۵۹۷	فاصله ساپورت‌های آویزان کننده و ضخامت دیواره لوله	Darcy - weisbach Equation	معادله دارسی - ویسباخ
	PIPE EXPANSION AND انبساط لوله و قابلیت انعطاف	FAN/SYSTEM INTERFACE	۴- برهم کشش فن / سیستم
۵۹۸	FLEXIBILITY		۵۵۰
۵۹۹	۱-۸- خم‌ها و حلقه‌های لوله		۵۵۰
۵۹۹	خم‌های ال L BENDS		۵۵۱
۶۰۱	خم‌های Z Z BEND		۵۵۲
۶۰۲	خم‌های U و حلقه‌های لوله U BENDS AND PIPE LOOPS		۵۵۳
۶۰۳	کنترل انبساط و انقباض سایر مواد		۵۵۳
۶۰۳	جانمغانی سرد لوله‌ها COLD SPRINGING OF PIPE		۵۵۴
۶۰۳	آنالیز پیکربندی‌های موجود لوله		۵۵۴
۶۰۴	۲- مواد لوله و اتصالات		۵۵۴
۶۰۴	۲-۱- لوله		۵۵۴
۶۰۴	لوله فولادی Steel Pipe		۵۵۴
۶۰۶	تیوب مسی COPPER TUBE	SPACE CONSTRAINTS	محدودیت‌های فضایی
	DUCTILE IRON AND CAST چدن داکتیل و چدن خاکستری		۵۵۹
۶۱۰	IRON		۵۶۰
۶۱۰	مواد غیر فلزی (پلاستیک) NONMETALLIC (PLASTIC)		۵۶۰
۶۱۱	ترموست‌ها		۵۶۲
۶۱۲	۲-۲- اتصالات FITTINGS	DESIGN RECOMMENDATIONS	۶-۲- توصیه‌های طراحی
۶۱۲	۲-۳- روش‌های اتصال		۵۶۳
۶۱۲	رزوه نمودن threading	Equal Friction Method	روش افت فشار ثابت
۶۱۲	جوش دادن و لحیم کاری SOLDERING AND BRAZING	Static Regain Method	روش بازیافت فشار استاتیک
	FLARED AND COMPRESSION اتصالات بیرون آمدگی و فشار	BALANCING	بالانس
۶۱۲	JOINTS		۵۶۹
۶۱۲	فلنج‌ها	NOISE CONTROL	کنترل نویز
۶۱۳	جوشکاری WELDING		۵۶۹
۶۱۴	۳- کاربردها	GOALS	اهداف
			۵۷۰
		Supply Duct Sizing	سایزنی داکت تامین
			۵۷۰
		Return Duct Systems	سیستم‌های داکت برگشت
			۵۷۰
		سیستم‌های اگزاست صنعتی	۴-۶- سیستم‌های اگزاست صنعتی
			۵۷۹

۶۳۹..CORROSION UNDER INSULATION خوردگی زیر عایق‌بندی	۶۱۴.....لوله‌کشی آب
۶۴۰..... مواد و سیستم‌ها	۶۱۴..... محدودیت‌های نرخ جریان
۶۴۰..... دسته‌بندی مواد عایق‌بندی	۶۱۵..... NOISE GENERATION ایجاد نویز
۶۴۱..... خصوصیات فیزیکی مواد عایق‌بندی	۶۱۶..... EROSION سایش
۶۴۳..... WEATHER PROTECTION محافظت در برابر آب و هوا	ALLOWANCES FOR AGING فوق‌العاده‌های ناشی از افزایش سن لوله‌ها
۶۴۳..... پی‌آمدهای ایمنی	۶۱۶..... WATER HAMMER ضربه قوچ
۶۴۴..... پی‌آمدهای اقتصادی	۳-۲-۳- پاپینگ آب مصرفی SERVICE WATER PIPING
مواد استفاده شده به عنوان پوشش‌های حفاظت عایق‌بندی در برابر نفوذ هوا و آب	۶۲۲..... لوله پلاستیکی
۶۴۴..... بازدارنده‌های بخار VAPOR RETARDERS	۶۲۲..... دستورالعمل سائزنی سیستم‌های آب سرد
۶۴۵..... نصب	۶۲۵.. HYDRONIC SYSTEM PIPING پاپینگ سیستم هیدرونیک
۶۴۵..... نصب لوله	۶۲۵..... محدوده استفاده از نمودارهای افت فشار
عایق‌بندی آویزان کننده‌های لوله INSULATING PIPE	۶۲۵..... محدوده عمومی طراحی
۶۴۵..... HANGERS	۶۲۶..... جدا نمودن هوا AIR SEPARATION
قسمت پایانی عایق‌بندی برای دماهای بالای دمای محیط	۶۲۶..... افت فشار ولو و اتصالات
۶۴۹..... قسمت انتهایی عایق‌بندی برای دماهای زیر دمای محیط	۶۲۶..... افت فشار اتصالات سه راهی
۶۵۰..... عایق‌بندی لوله در زیرزمین	
۶۵۰..... مخزن‌های اتمسفریک، مخازن بسته و تجهیزات	
۶۵۰..... پایان‌دهی عایق‌بندی	
۶۵۱..... داکت‌ها	
۶۵۲..... محاسبات کنترل دما برای داکت‌های هوا	
۶۵۳..... پیشگیری از کندانس در سطح داکت‌های هوای سرد	
۶۵۳..... مواد عایق‌بندی برای داکت‌های HVAC	
۶۵۴..... مقاومت در برابر استفاده نامناسب	
۶۵۴..... طول عمر لایه سطح داخلی داکت جریان هوا	
۶۵۴..... خصوصیات جریان هوای داکت	
۶۵۴..... روش‌های ایمن‌سازی	
۶۵۴..... ملاحظات نشست و نفوذ هوا	
۶۵۵..... کاربردهای فضای خارج	
۶۵۵..... ۴- اطلاعات طراحی DESIGN DATE	
۶۵۵..... برآورد افت و بهره‌رسانی	
CONTROLLING SURFACE کنترل دمای سطوح	
۶۵۷..... TEMPERATURES	

فصل بیست و سوم / عایق‌بندی برای سیستم‌های مکانیکی

۶۲۹..... اهداف طراحی و موارد حائز اهمیت
۶۲۹..... حفظ انرژی
۶۳۱..... ضخامت اقتصادی
۶۳۲..... حفاظت پرسنل
۶۳۲..... کنترل کندانس
۶۳۴..... مثال طراحی: TAMPA, FLORIDA
۶۳۶..... حفاظت از یخ‌زدگی FREEZE PREVENTION
۶۳۷..... کنترل نویز
۶۳۷..... عایق‌بندی داکت
۶۳۸..... Breakout Noise نویز شکل گرفته در دیواره داکت
۶۳۸..... Noise Radiation from pipes تابش نویز از لوله‌ها
۶۳۸..... Pipe Insertion Lose افت الحاق به لوله
۶۳۹..... FIRE SAFETY حفاظت در برابر آتش

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرماً از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



نشر نوآور

تلفن: ۰۲۱-۴۸۴۱۹۱۶۶۴

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

به نام یگانه پروردگار عقل، عدل و عشق

صنعت تهویه مطبوع با رشدی قابل توجه در سال‌های اخیر رو به رو بوده است و همین امر، اهمیت طراحی منطبق با استانداردهای جهانی را بیش از پیش نمایان می‌کند. این در حالی است که در کشور ما متأسفانه برخی از مهندسان فعال در حوزه تأسیسات و تهویه مطبوع به لزوم مطالعه‌ی هندبوک‌ها و استانداردهای بین‌المللی و طراحی بر مبنای آنها کم توجهی می‌کنند و همین امر باعث رجوع مهندسان به کتابهایی می‌گردد که از روابط سرا ننگستی استفاده می‌کنند و حاصل آن، طراحی‌های غیراستاندارد است.

یکی از مراجع شناخته شده و با کیفیت جهانی، هندبوک‌های چهارگانه‌ی منتشر شده توسط تیم تحقیقاتی انجمن مهندسیین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE) می‌باشد که شامل چهار دست‌نامه (هندبوک) با عناوین زیر است:

• اصول و مبانی تهویه مطبوع Fundamentals

• کاربردهای تهویه مطبوع HVAC Applications

• تجهیزات و سیستم‌ها Systems & Equipment

• تبرید Refrigeration

در میان دست‌نامه‌های مذکور، کتاب «اصول و مبانی تهویه مطبوع اشری» به عنوان کلید ورود طراحان و مهندسان تأسیسات به حوزه طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع به حساب می‌آید. این دست‌نامه تلاش می‌کند تا تمامی مبانی نظری لازم برای طراحان را فراهم نماید و کمک کند تا فهم عمیق‌تری از روابط و معادلات حاکم برای مهندسان تهویه مطبوع ایجاد شود. بر این اساس، مطالعه «دست‌نامه اصول و مبانی تهویه مطبوع اشری» به همه مهندسانی که قصد ورود به حوزه تأسیسات و تهویه مطبوع دارند، اکیدا توصیه می‌شود. همچنین، لازم به ذکر است که پیش از این، «دست‌نامه کاربردهای تهویه مطبوع اشری» توسط مترجمین کتاب حاضر در اختیار مهندسان کشور قرار گرفته است و کتاب حاضر نیز حاصل ترجمه و بعضاً بومی‌سازی «دست‌نامه اصول و مبانی تهویه مطبوع اشری» است. البته تردیدی نیست که آنچه به عنوان ترجمه دست‌نامه مذکور پیش روی شماست، خالی از ایراد نیست. لذا از خوانندگان گرامی خواهشمندیم با نظرات و پیشنهادات ارزشمند خود، نویسندگان را جهت اصلاح کتاب در نسخه‌های بعدی یاری نمایند و ایرادات کتاب را از طریق ایمیل به اطلاع نویسندگان برسانند.

دکتر سیدعلیرضا ذوالفقاری

عضو هیأت علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه بیرجند

Noavar33@gmail.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، آفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،

از نظر قانونی غیرمجاز، و شرعاً نیز حرام است.

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هرگونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۰۲-۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۲۱-۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت www.noavarpub.com به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضييع حقوق ناشر، پديدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

فصل اول

سایکرومتریک

۱- شکل گیری هوای خشک و مرطوب

هوای اتمسفریک شامل ترکیبات گازی زیادی مانند بخار آب و ترکیبات دیگر مانند دود و آلودگی ... است. هوای خشک، هوای اتمسفریک است که تمام بخار آب آن حذف شده است. ترکیب هوای خشک تقریباً ثابت است. بر اساس Harrison (۱۹۶۵) درصد حجمی ترکیبات هوای خشک به صورت زیر است: نیتروژن ۷۸/۰۸۴٪ و اکسیژن ۲۰/۹۴۷۶٪ و آرگون ۰/۹۳۴٪ و سایر ترکیبات به مقدار بسیار ناچیز. ثابت جهانی گازها برای هوای خشک با استفاده از مقدار جاری ۲۰۰۵ Mohr and Taylor برای ثابت جهانی گازها، برابر است:

$$R_{da} = \frac{8314/472}{28/966} = 287/042 \text{ J}/(\text{kg}_{da} \cdot \text{K}) \quad \text{رابطه ۱}$$

هوای مرطوب، یک ترکیب دو بخشی از هوای خشک و بخار آب است. مقدار بخار آب از صفر (هوای خشک) تا یک مقدار حداکثری که به دما و فشار وابسته است تغییر می‌کند. اشباع حالتی از موازنه طبیعی بین هوای مرطوب و فاز آب تقطیر شده (به صورت جامد یا مایع) می‌باشد. ثابت جهانی گازها برای بخار آب به صورت زیر است:

$$R_w = \frac{8314/472}{18/015268} = 461/524 \text{ J}/(\text{kg}_w \cdot \text{K}) \quad \text{رابطه ۲}$$

۲- خواص ترمودینامیکی هوای مرطوب

جدول ۱ که از فرمولهای Herrmann et al (۲۰۰۹) به دست آمده است، مقادیر خصوصیات ترمودینامیکی هوای مرطوب را بر مبنای دما نشان می‌دهد. همچنین، t دما بر حسب درجه سلسیوس است که توسط رابطه زیر به مقیاس کلونین تبدیل می‌شود:

$$T = t + 273/15$$

$$W_s = \text{نسبت رطوبت در شرایط اشباع}$$

$$V_d = \text{حجم مخصوص هوای خشک } m^3/\text{kg}_{da}$$

$$V_s - V_{da} = V_{as}, \quad \text{اختلاف بین حجم مخصوص هوای مرطوب اشباع با حجم مخصوص هوای خشک } m^3/\text{kg}_{da}$$

$$V_s = \text{حجم مخصوص هوای اشباع } m^3/\text{kg}_{da}$$

$$H_{da} = \text{آنتالپی هوای خشک } \text{kJ}/\text{kg}_{da}$$

$$h_{as} = h_s - h_{da} \quad \text{اختلاف بین آنتالپی هوای مرطوب اشباع و هوای خشک در همان فشار و دما } \text{kJ}/\text{kg}_{da}$$

$$h_s = \text{آنتالپی هوای مرطوب اشباع } \text{kJ}/\text{kg}_{da}$$

$$S_{da} = \text{آنترپی هوای خشک (kJ/(kg}_{da}\text{K)})$$

$$S_s = \text{آنترپی هوای مرطوب اشباع (kJ/(kg}_{da}\text{K)})$$

جدول ۲، خصوصیات ترمودینامیکی آب را در حالت اشباع در محدوده دمای 16°C ~ 6°C نشان می‌دهد.

جدول ۱- خصوصیات ترمودینامیکی هوای مرطوب در شرایط فشار اتمسفریک استاندارد، $101/325 \text{ kPa}$

Temp °C	Humidity Ratio	Specific Volume, $\text{m}^3/\text{kg}_{da}$			Specific Enthalpy, kJ/kg_{da}			Specific Entropy, $\text{kJ}/(\text{kg}_{da}\cdot\text{K})$		Temp., °C
		V_{da}	V_{as}	V_s	h_{da}	h_{as}	h_s	S_{da}	S_s	
T	$W_s, \text{kg}_w/\text{kg}_{da}$									t
-60	0.000067	0.6027	0.0000	0.6027	-60.341	0.016	-60.325	-0.2494	-0.2494	-60
-59	0.000076	0.6055	0.0000	0.6055	-59.235	0.018	-59.317	-0.2447	-0.2446	-59
-58	0.000087	0.6084	0.0000	0.6084	-58.229	0.021	-58.308	-0.2400	-0.2399	-58
-57	0.000100	0.6112	0.0000	0.6112	-57.223	0.024	-57.299	-0.2354	-0.2353	-57
-56	0.000114	0.6141	0.0000	0.6141	-56.317	0.027	-56.289	-0.2307	-0.2306	-56
-55	0.000129	0.6169	0.0000	0.6169	-55.311	0.031	-55.280	-0.2261	-0.2260	-55
-54	0.000147	0.6198	0.0000	0.6198	-54.305	0.035	-54.269	-0.2215	-0.2213	-54
-53	0.000167	0.6226	0.0000	0.6226	-53.299	0.040	-53.258	-0.2169	-0.2167	-53
-52	0.000190	0.6255	0.0000	0.6255	-52.293	0.046	-52.247	-0.2124	-0.2121	-52
-51	0.000215	0.6283	0.0000	0.6283	-51.287	0.052	-51.235	-0.2078	-0.2076	-51
-50	0.000243	0.6312	0.0000	0.6312	-50.281	0.059	-50.222	-0.2033	-0.2030	-50
-49	0.000275	0.6340	0.0000	0.6340	-49.275	0.066	-49.209	-0.1988	-0.1985	-49
-48	0.000311	0.6369	0.0000	0.6369	-48.269	0.075	-48.194	-0.1943	-0.1940	-48
-47	0.000350	0.6397	0.0000	0.6397	-47.263	0.085	-47.179	-0.1899	-0.1895	-47
-46	0.000395	0.6426	0.0000	0.6426	-46.257	0.095	-46.162	-0.1854	-0.1850	-46
-45	0.000445	0.6454	0.0000	0.6454	-45.252	0.107	-45.144	-0.1810	-0.1805	-45
-44	0.000500	0.6483	0.0001	0.6483	-44.246	0.121	-44.125	-0.1766	-0.1761	-44
-43	0.000562	0.6511	0.0001	0.6511	-43.240	0.136	-43.104	-0.1722	-0.1716	-43
-42	0.000631	0.6539	0.0001	0.6539	-42.234	0.153	-42.081	-0.1679	-0.1672	-42
-41	0.000708	0.6567	0.0001	0.6567	-41.229	0.172	-41.057	-0.1635	-0.1628	-41
-40	0.000793	0.6596	0.0001	0.6596	-40.223	0.192	-40.031	-0.1592	-0.1583	-40
-39	0.000887	0.6625	0.0001	0.6625	-39.217	0.215	-39.002	-0.1549	-0.1539	-39
-38	0.000992	0.6653	0.0001	0.6653	-38.211	0.241	-37.970	-0.1506	-0.1495	-38
-37	0.001108	0.6681	0.0001	0.6681	-37.205	0.270	-37.936	-0.1464	-0.1451	-37
-36	0.001237	0.6710	0.0001	0.6710	-36.200	0.301	-37.899	-0.1421	-0.1408	-36
-35	0.001379	0.6738	0.0001	0.6738	-35.195	0.336	-37.859	-0.1379	-0.1364	-35
-34	0.001534	0.6767	0.0002	0.6767	-34.189	0.374	-37.815	-0.1337	-0.1320	-34
-33	0.001700	0.6795	0.0002	0.6795	-33.183	0.417	-37.766	-0.1295	-0.1276	-33
-32	0.001879	0.6824	0.0002	0.6824	-32.178	0.464	-37.714	-0.1253	-0.1232	-32
-31	0.002073	0.6852	0.0002	0.6852	-31.172	0.516	-37.656	-0.1211	-0.1189	-31
-30	0.002285	0.6881	0.0003	0.6881	-30.167	0.573	-37.593	-0.1170	-0.1145	-30
-29	0.002517	0.6910	0.0003	0.6910	-29.161	0.636	-37.525	-0.1129	-0.1101	-29
-28	0.002770	0.6938	0.0003	0.6938	-28.156	0.706	-37.450	-0.1088	-0.1057	-28
-27	0.003045	0.6966	0.0004	0.6966	-27.150	0.782	-37.368	-0.1047	-0.1013	-27
-26	0.003343	0.6994	0.0004	0.6994	-26.144	0.866	-37.278	-0.1006	-0.0969	-26
-25	0.003665	0.7022	0.0004	0.7022	-25.139	0.958	-37.181	-0.0965	-0.0924	-25
-24	0.004013	0.7051	0.0005	0.7051	-24.133	1.059	-37.074	-0.0925	-0.0880	-24

Temp °C	Humidity Ratio	Specific Volume, m ³ /kg _{da}			Specific Enthalpy, kJ/kg _{da}			Specific Entropy, kJ/(kg _{da} .K)		Temp., °C
		T	W _s , kg _w /kg _{da}	V _{da}	V _{as}	V _s	h _{da}	h _{as}	h _s	
-۲۳	۰/۰۰۰۴۷۶۱	۰/۷۰۸۰		۰/۷۰۸۵	-۲۳/۱۲۸	۱/۱۷۰	-۲۱/۹۵۸	-۰/۰۸۸۴	-۰/۰۸۳۵	-۲۳
-۲۲	۰/۰۰۰۵۲۵۱	۰/۷۱۰۸	-۰/۰۰۰۶	۰/۷۱۱۴	-۲۲/۱۲۲	۱/۲۹۱	-۲۰/۸۳۱	-۰/۰۸۴۴	-۰/۰۷۹۰	-۲۲
-۲۱	۰/۰۰۰۵۷۸۷	۰/۷۱۳۷	-۰/۰۰۰۷	۰/۷۱۴۳	-۲۱/۱۱۷	۱/۴۲۴	-۱۹/۶۹۳	-۰/۰۸۰۴	-۰/۰۷۴۵	-۲۱
-۲۰	۰/۰۰۰۶۳۳۳	۰/۷۱۶۵	-۰/۰۰۰۷	۰/۷۱۷۲	-۲۰/۱۱۱	۱/۵۷۰	-۱۸/۵۴۲	-۰/۰۷۶۵	-۰/۰۶۹۹	-۲۰
-۱۹	۰/۰۰۰۷۰۱۳	۰/۷۱۹۳	-۰/۰۰۰۸	۰/۷۲۰۱	-۱۹/۱۰۶	۰/۷۲۸	-۱۷/۳۷۷	-۰/۰۷۲۵	-۰/۰۶۵۳	-۱۹
-۱۸	۰/۰۰۰۷۷۱۱	۰/۷۲۲۲	-۰/۰۰۰۹	۰/۷۲۳۱	-۱۸/۱۰۰	۱/۹۰۲	-۱۶/۱۹۸	-۰/۰۶۸۵	-۰/۰۶۰۷	-۱۸
۶۸	۰/۲۴۶۶۴۵	۰/۹۶۶۴	-۰/۳۸۰۳	۱/۳۴۶۷	۶۸/۴۶۲	۶۴۶/۷۶۲	۷۱۵/۲۲۴	-۰/۲۲۳۸	۲/۲۳۸۶	۶۸
۶۹	۰/۲۶۲۳۰۹	۰/۹۶۹۲	-۰/۴۰۵۶	۱/۳۷۴۸	۶۹/۴۷۰	۶۸۸/۲۸۸	۷۵۷/۷۵۹	-۰/۲۲۶۸	۲/۳۶۴۷	۶۹
۷۰	۰/۲۷۹۱۶۷	۰/۹۷۲۱	-۰/۴۳۲۸	۱/۴۰۴۹	۷۰/۴۷۹	۷۳۳/۰۰۴	۸۰۳/۴۸۳	-۰/۲۲۹۷	۲/۴۹۹۸	۷۰
۷۱	۰/۲۹۷۳۴۳	۰/۹۷۴۹	-۰/۴۶۲۲	۱/۴۳۷۲	۷۱/۴۸۸	۷۸۱/۲۴۰	۸۵۲/۷۲۸	-۰/۲۳۲۶	۲/۶۴۴۹	۷۱
۷۲	۰/۳۱۶۹۷۹	۰/۹۷۷۸	-۰/۴۹۴۱	۱/۴۷۱۹	۷۲/۴۹۶	۸۳۳/۳۷۵	۹۲۵/۸۷۲	-۰/۲۳۵۶	۲/۸۰۱۲	۷۲
۷۳	۰/۳۳۸۲۳۷	۰/۹۸۰۶	-۰/۵۲۸۷	۱/۵۰۹۳	۷۳/۵۰۵	۸۸۹/۸۴۴	۱۰۰۹/۹۶۲	-۰/۲۳۸۵	۲/۹۶۹۷	۷۳
۷۴	۰/۳۶۱۳۰۴	۰/۹۸۳۴	-۰/۵۶۶۳	۱/۵۴۹۷	۷۴/۵۱۴	۹۵۱/۱۴۹	۱۰۲۵/۶۶۳	-۰/۲۴۱۴	۳/۱۵۲۰	۷۴
۷۵	۰/۳۸۶۳۹۹	۰/۹۸۶۳	-۰/۶۰۷۲	۱/۵۹۳۵	۷۵/۵۲۳	۱۰۱۷/۸۷۱	۱۰۹۳/۳۹۴	-۰/۲۴۴۳	۳/۳۴۹۷	۷۵
۷۶	۰/۴۱۳۷۷۴	۰/۹۸۹۱	-۰/۶۵۲۰	۱/۶۴۱۱	۷۶/۵۳۲	۱۰۹۰/۶۸۸	۱۱۶۷/۲۲۰	-۰/۲۴۷۲	۳/۵۶۵۴	۷۶
۷۷	۰/۴۴۳۷۲۷	۰/۹۹۱۹	-۰/۷۰۱۰	۱/۶۹۳۰	۷۷/۵۴۲	۱۱۷۰/۳۹۸	۱۲۴۷/۲۳۹	-۰/۲۵۰۱	۳/۷۹۸۹	۷۷
۷۸	۰/۴۷۶۶۱۰	۰/۹۹۴۸	-۰/۷۵۵۰	۱/۷۴۹۷	۷۸/۵۵۱	۱۲۵۷/۹۴۱	۱۳۳۶/۴۹۲	-۰/۲۵۲۹	۴/۰۵۵۴	۷۸
۷۹	۰/۵۱۲۸۴۲	۰/۹۹۷۶	-۰/۸۱۴۵	۱/۸۱۲۱	۷۹/۵۶۰	۱۳۵۴/۴۳۹	۱۴۳۳/۹۹۹	-۰/۲۵۵۸	۴/۳۳۷۱	۷۹
۸۰	۰/۵۵۲۹۲۶	۰/۱۰۰۵	-۰/۸۸۰۵	۱/۸۸۰۹	۸۰/۵۷۰	۱۴۶۱/۳۳۶	۱۵۴۱/۸۰۶	-۰/۲۵۸۷	۴/۶۴۷۸	۸۰
۸۱	۰/۵۹۷۶۷۰	۱/۰۰۳۳	-۰/۹۵۳۹	۱/۹۵۷۲	۸۱/۵۷۹	۱۵۷۹/۹۶۱	۱۶۶۱/۵۴۰	-۰/۲۶۱۵	۴/۹۹۲۱	۸۱
۸۲	۰/۶۴۷۲۱۸	۱/۰۰۶۱	-۰/۱۰۳۶۰	۲/۰۴۲۱	۸۲/۵۸۹	۱۷۱۲/۶۰۴	۱۷۹۵/۱۹۳	-۰/۲۶۴۴	۵/۸۳۳۷۵۵	۸۲
۸۳	۰/۷۰۳۰۸۹	۱/۰۰۹۰	-۰/۱۱۲۳۸	۲/۱۳۷۳	۸۳/۵۹۸	۱۸۶۱/۶۲۵	۱۹۴۵/۲۳۳	-۰/۲۶۷۲	۵/۸۰۴۸	۸۳
۸۴	۰/۷۶۶۳۳۳	۱/۰۱۱۸	-۰/۱۲۳۲۸	۲/۲۴۴۶	۸۴/۶۰۸	۲۰۳۰/۰۹۹	۲۱۱۴/۷۰۷	-۰/۲۷۰۱	۶/۲۸۸۶	۸۴
۸۵	۰/۸۳۸۱۰۵	۱/۰۱۴۶	-۰/۱۳۵۱۹	۲/۳۶۶۵	۸۵/۶۱۸	۲۲۲۱/۹۲۲	۲۳۰۷/۵۳۹	-۰/۲۷۲۹	۶/۸۳۷۷	۸۵
۸۶	۰/۹۲۰۵۸۰	۱/۰۱۷۵	-۰/۱۴۸۸۷	۲/۵۰۶۲	۸۶/۶۲۸	۲۴۴۲/۱۰۵	۲۵۲۸/۷۳۲	-۰/۲۷۵۷	۷/۴۶۶۱	۸۶
۸۷	۱/۰۱۶۱۰۵	۰/۰۲۰۳	-۰/۱۶۴۷۳	۲/۶۶۷۶	۸۷/۶۳۸	۲۶۹۷/۲۰۴	۲۷۸۴/۸۴۲	-۰/۲۷۸۵	۸/۱۹۲۰	۸۷
۸۸	۱/۱۲۷۹۵۲	۱/۰۲۳۲	-۰/۱۸۳۲۳	۲/۸۵۶۴	۸۸/۶۴۸	۲۹۹۵/۹۶۷	۳۰۸۴/۶۱۴	-۰/۲۸۱۳	۹/۰۳۹۷	۸۸
۸۹	۱/۲۶۰۵۷۹	۱/۰۲۶۰	-۰/۲۰۵۳۹	۳/۰۷۹۹	۸۹/۶۵۸	۳۳۵۰/۳۲۵	۳۴۳۹/۸۹۳	-۰/۲۸۴۱	۱۰/۰۴۲۲	۸۹
۹۰	۱/۴۲۰۲۳۵	۱/۰۲۸۸	-۰/۲۳۱۹۸	۳/۳۴۸۷	۹۰/۶۶۸	۳۷۷۶/۹۹۸	۳۸۶۷/۶۶۶	-۰/۲۸۶۹	۱۱/۲۴۵۹	۹۰

جدول ۲- خصوصیات ترمودینامیکی آب را در حالت اشباع در محدوده دمای ۱۶°C ~ ۶°C

Temp °C	Absolute Pressure	Specific Volume, m ³ /kg _w			Specific Enthalpy, kJ/kg _w			Specific Entropy, kJ / (kg _w .K)			Temp °C
		t	P _{ws} , kPa	Sat Solid v _i /v _f	Evap. v _{ig} /v _{fg}	Sat. Vapor v _g	Sat. Solid h _i /h _f	Evap h _{ig} /h _{fg}	Sat. Vapor h _g	Sat. Solid S _i /S _f	
-۶۰	۰/۰۰۰۱۰۸	۰/۰۰۰۱۰۸۱	۹۰۹۷۱/۵۸	۹۰۹۷۱/۵۸	-۴۴۶/۱۲	۲۸۳۶/۳۷	۳۳۹۰/۱۴	-۱/۶۸۴۲	۱۳/۳۰۶۴	۱۱/۶۲۲۲	-۶۰
-۵۹	۰/۰۰۰۱۲۴	۰/۰۰۰۱۰۸۲	۷۹۸۸۵/۳۱	۷۹۸۸۵/۳۱	-۴۴۴/۴۶	۲۸۳۶/۴۵	۰/۳۹۱/۹۹	-۱/۶۷۶۴	۱۳/۲۴۵۲	۱۱/۵۶۷۸	-۵۹
-۵۸	۰/۰۰۰۱۴۱	۰/۰۰۰۱۰۸۲	۷۰۲۳۵/۷۷	۷۰۲۳۵/۷۸	-۴۴۲/۷۹	۲۸۳۶/۶۳	۳۳۹۳/۸۵	-۱/۶۶۸۷	۱۳/۱۸۴۵	۱۱/۵۱۵۸	-۵۸
-۵۷	۰/۰۰۰۱۶۱	۰/۰۰۰۱۰۸۲	۶۱۸۲۶/۲۳	۶۱۸۲۶/۲۴	-۴۴۱/۱۱	۲۸۳۶/۸۱	۳۳۹۵/۷۰	-۱/۶۶۰۹	۱۳/۱۲۴۳	۱۱/۴۶۳۴	-۵۷
-۵۶	۰/۰۰۰۱۸۴	۰/۰۰۰۱۰۸۲	۵۴۴۸۸/۲۸	۵۴۴۸۸/۲۸	-۴۳۹/۴۲	۲۸۳۶/۹۷	۳۳۹۷/۵۵	-۱/۶۵۳	۱۳/۰۶۴۶	۱۱/۴۱۱۵	-۵۶
-۵۵	۰/۰۰۰۲۰۹	۰/۰۰۰۱۰۸۲	۴۸۰۷۷/۵۴	۴۸۰۷۷/۵۴	-۴۳۷/۷۳	۲۸۳۷/۱۳	۳۳۹۹/۴۰	-۱/۶۴۵۳	۱۳/۰۰۵۴	۱۱/۳۶۰۱	-۵۵
-۵۴	۰/۰۰۰۲۳۸	۰/۰۰۰۱۰۸۲	۴۲۴۷۰/۱۱	۴۲۴۷۰/۱۱	-۴۳۶/۰۳	۲۸۳۷/۲۸	۳۴۰۱/۲۵	-۱/۶۳۷۵	۱۲/۹۴۶۸	۱۱/۳۰۹۲	-۵۴
-۵۳	۰/۰۰۰۲۷۱	۰/۰۰۰۱۰۸۲	۳۷۵۵۹/۴۹	۳۷۵۵۹/۵۰	-۴۳۴/۳۲	۲۸۳۷/۴۲	۳۴۰۳/۱۰	-۱/۶۲۹۸	۱۲/۸۸۸۶	۱۱/۲۵۸۹	-۵۳

Temp °C	Absolute Pressure	Specific Volume, m ³ /kg _w			Specific Enthalpy, kJ/kg _w			Specific Entropy, kJ / (kg _w ·K)			Temp °C
t	P _{ws} , kPa	Sat Solid v _i /v _f	Evap. v _{ig} /v _{fg}	Sat. Vapor v _g	Sat. Solid h _i /h _f	Evap h _{ig} /h _{fg}	Sat. Vap or h _g	Sat. Solid S _i /S _f	Evap S _{ig} /S _{fg}	Sat. Vap or S _g	t
-52	./..307	./..1082	33254/07	33254/07	-422/61	2837/56	3404/95	-1/6220	12/8310	11/2090	-52
-51	./..348	./..1083	29474/87	29474/87	-430/88	2837/69	3406/81	-1/6142	12/7738	11/1596	-51
-50	./..394	./..1083	26153/80	26153/80	-429/16	2837/81	3408/66	-1/6065	12/7171	11/1106	-50
-49	./..445	./..1083	23222/03	23222/03	-427/42	93/2837	3410/51	-1/5987	12/6609	11/0622	-49
-48	./..503	./..1083	20658/70	20658/70	-425/68	2838/04	3412/36	-1/5909	12/6051	94/0142	-48
-47	./..568	./..1083	18289/75	18289/75	-423/93	2838/14	3414/21	-1/5832	12/5498	10/9666	-47
-46	./..640	./..1083	16287/03	16287/03	-422/17	2838/23	3416/06	-1/5754	12/4950	10/9196	-46
-45	./..720	./..1083	14617/39	14617/39	-420/40	2838/32	3417/91	-1/5677	12/4406	10/8729	-45
-44	./..810	./..1084	13252/07	13252/07	-418/63	2838/39	3419/76	-1/5599	12/3867	10/8267	-44
-43	./..910	./..1084	11666/02	11666/02	-416/85	2838/47	3421/62	-1/5522	12/3331	10/7810	-43
-42	./..1022	./..1084	10337/46	10337/46	-415/06	2838/53	3423/47	-1/5444	12/2801	10/7356	-42
-41	./..1146	./..1084	9347/38	9347/38	-413/27	59/2838	3425/32	-1/5367	12/2274	10/6907	-41
-40	./..1284	./..1084	8379/20	8379/20	-411/47	2838/64	3427/17	-1/5290	12/1752	10/6462	-40
-39	./..1437	./..1085	7518/44	7518/44	-409/66	2838/68	3429/02	-1/5212	12/1234	10/6022	-39
-38	./..1607	./..1085	6752/43	6752/43	-407/85	2838/72	3430/87	-1/5135	12/0720	10/5585	-38
-37	./..1795	./..1085	6070/08	6070/08	-406/02	2838/74	3432/72	-1/5057	12/0210	10/5152	-37
-36	./..2004	./..1085	5461/68	5461/68	-404/19	2838/76	3434/57	-1/4980	11/9704	10/4724	-36
-35	./..2234	./..1085	4918/69	4918/69	-402/36	2838/78	3436/42	-1/4903	11/9202	10/4309	-35
-34	./..2489	./..1085	4433/64	4433/64	-400/51	2838/78	3438/27	-1/4825	11/8703	10/3898	-34
-33	./..2771	./..1085	3999/95	3999/95	-398/66	2838/78	3440/12	-1/4748	11/8209	10/3491	-33
-32	./..3081	./..1086	3611/82	3611/82	-396/80	2838/77	3441/97	-1/4671	11/7718	10/3087	-32
-31	./..3423	./..1086	3264/15	3264/16	-394/94	2838/75	3443/82	-1/4594	11/7231	10/2688	-31
-30	./..3801	./..1086	2952/46	2952/46	-393/06	2838/73	3445/67	-1/4516	11/6748	10/2292	-30
-29	./..4215	./..1086	2672/77	2672/77	-391/18	2838/70	3447/51	-1/4439	11/6269	10/1900	-29
-28	./..4672	./..1086	2421/58	2421/58	-389/29	2838/66	3449/36	-1/4362	11/5793	10/1513	-28
-27	./..5173	./..1086	2195/80	2195/80	-388/40	2838/61	3451/21	-1/4285	11/5321	10/1136	-27
-26	./..5724	./..1087	1992/68	1992/68	-385/50	2838/56	3453/06	-1/4208	11/4852	10/0764	-26
-25	./..6327	./..1087	1809/79	1809/79	-383/59	2838/49	3454/91	-1/4131	11/4386	10/0406	-25
-24	./..6989	./..1087	1644/99	1644/99	-381/67	2838/42	3456/75	-1/4054	11/3925	9/9981	-24
-23	./..7714	./..1087	1496/36	1496/36	-379/75	2838/35	3458/60	-1/3977	11/3466	9/9489	-23
-22	./..8506	./..1087	1362/21	1362/21	-377/81	2838/26	3460/45	-1/3900	11/3011	9/9011	-22
-21	./..9366	./..1087	1241/03	1241/02	-375/88	2838/17	3462/29	-1/3823	11/2559	9/8536	-21
-20	./..10304	./..1087	1131/49	1131/49	-373/93	2838/07	3464/14	-1/3746	11/2110	9/8065	-20
-19	./..11320	./..1088	1032/38	1032/38	-371/98	2837/96	3465/98	-1/3668	11/1665	9/7606	-19
-18	./..12429	./..1088	942/64	942/65	-370/01	2837/84	3467/83	-1/3591	11/1223	9/7151	-18
-17	./..13722	./..1088	861/34	861/34	-368/05	2837/72	3469/67	-1/3514	11/0784	9/6709	-17
-16	./..15205	./..1088	787/61	787/61	-366/07	2837/59	3471/51	-1/3437	11/0348	9/6270	-16
-15	./..16887	./..1088	720/70	720/70	-364/09	2837/45	3473/36	-1/3360	10/9915	9/5834	-15
-14	./..18779	./..1088	659/97	659/94	-362/10	2837/30	3475/20	-1/3284	10/9485	9/5401	-14
-13	./..19884	./..1089	604/72	604/72	-360/10	2837/14	3477/04	-1/3207	10/9058	9/4971	-13
-12	./..21299	./..1089	554/51	554/55	-358/10	2836/98	3478/88	-1/3130	10/8634	9/4544	-12

Temp °C	Absolute Pressure	Specific Volume, m ³ /kg _w			Specific Enthalpy, kJ/kg _w			Specific Entropy, kJ / (kg _w ·K)			Temp .. °C
t	P _{ws} , kPa	Sat Solid v _i /v _f	Evap. v _{ig} /v _{fg}	Sat. Vapor v _g	Sat. Solid h _i /h _f	Evap h _{ig} /h _{fg}	Sat. Vap or h _g	Sat. Solid S _i /S _f	Evap S _{ig} /S _{fg}	Sat. Vap or S _g	t
29	4/0.89	./..1.04	33/718	33/719	121/54	2322/31	2553/78	./4230	1/0.397	1/4727	29
30	4/2467	./..1.04	32/881	32/882	125/55	2329/84	2555/88	./4238	1/0.153	1/4521	30
31	4/4966	./..1.05	31/153	31/154	129/93	2327/46	2557/39	./4236	1/9812	1/4317	31
32	4/7592	./..1.05	29/528	29/529	134/11	2325/08	2559/19	./4243	1/9472	1/4115	32
33	5/0.251	./..1.05	28/...	28/0.1	138/29	2322/70	2560/99	./4248	1/9125	1/3914	33
34	5/2247	./..1.06	26/561	26/562	142/47	2320/32	2562/79	./4256	1/8800	1/3715	34
35	5/6286	./..1.06	25/207	25/208	146/64	2317/94	2564/58	./5052	1/8467	1/3518	35
36	5/9475	./..1.06	23/931	23/932	150/82	2315/56	2566/38	./5187	1/8126	1/3323	36
37	6/2818	./..1.07	22/728	22/729	155/00	2313/17	2568/17	./5322	1/7807	1/3129	37
38	6/6324	./..1.07	21/594	21/595	159/18	2310/78	2569/96	./5457	1/7480	1/2936	38
39	6/9997	./..1.07	20/525	20/526	163/36	2308/39	2571/75	./5591	1/7155	1/2746	39
40	7/3844	./..1.08	19/516	19/517	167/54	2306/00	2573/54	./5724	1/6832	1/2557	40
41	7/7873	./..1.08	18/564	18/565	171/72	2303/61	2575/33	./5858	1/6512	1/2369	41
42	8/2090	./..1.09	17/664	17/665	175/90	2301/21	2577/11	./5990	1/6193	1/2183	42
43	8/6503	./..1.09	16/815	16/816	180/08	2298/82	2578/90	./6123	1/5876	1/1999	43
44	9/1118	./..1.09	16/012	16/013	184/26	2296/42	2580/69	./6255	1/5561	1/1816	44
45	0/5944	./..1.10	15/252	15/253	188/44	2294/02	2582/48	./6386	1/5248	1/1634	45
46	10/0988	./..1.10	14/534	14/535	192/62	2291/61	2584/27	./6517	1/4937	1/1454	46
47	10/6259	./..1.11	13/855	13/856	196/80	2289/21	2586/06	./6648	1/4628	1/1276	47
48	11/1764	./..1.11	13/212	13/213	200/98	2286/80	2587/85	./6778	1/4320	1/1099	48
49	11/7512	./..1.12	12/603	12/604	205/16	2284/39	2589/64	./6908	1/4015	1/0923	49
50	12/3513	./..1.12	12/027	12/028	209/34	2281/97	2591/43	./7038	1/3711	1/0749	50
51	12/9774	./..1.13	11/481	11/482	213/52	2279/56	2593/22	./7167	1/3409	1/0576	51
52	13/6305	./..1.13	10/963	10/964	217/70	2277/14	2595/01	./7296	1/3109	1/0405	52
53	14/3116	./..1.14	10/472	10/473	221/88	2274/72	2596/80	./7424	1/2811	1/0235	53
54	15/0215	./..1.14	10/006	10/007	226/06	2272/30	2598/59	./7552	1/2514	1/0066	54
55	15/7614	./..1.15	9/5639	9/5649	230/24	2269/87	2600/38	./7680	1/2219	1/9899	55
56	16/5322	./..1.15	9/1444	9/1454	234/42	2267/44	2602/17	./7808	1/1926	1/9733	56
57	17/3350	./..1.16	8/7461	8/7471	238/60	2265/01	2603/96	./7936	1/1634	1/9568	57
58	18/1708	./..1.16	8/3678	8/3688	242/78	2262/59	2605/75	./8064	1/1344	1/9405	58
59	0/0407	./..1.17	8/0083	8/0093	246/96	2260/17	2607/54	./8192	1/1056	1/9244	59
60	19/9458	./..1.17	7/6666	7/6676	251/15	2257/75	2609/33	./8320	1/0770	1/9082	60
61	20/8873	./..1.18	7/3418	7/3428	255/33	2255/33	2611/12	./8448	1/0488	1/8922	61
62	21/8664	./..1.18	7/0328	7/0338	259/51	2252/91	2612/91	./8576	1/0201	1/8764	62
63	22/8842	./..1.19	6/7389	6/7399	263/69	2250/49	2614/70	./8704	1/9919	1/8607	63
64	23/9421	./..1.19	6/4591	6/4601	267/87	2248/07	2616/49	./8832	1/9639	1/8451	64
65	25/0411	./..1.20	6/1928	6/1938	272/05	2245/65	2618/28	./8960	1/9361	1/8296	65
66	26/1827	./..1.20	5/9492	5/9502	276/23	2243/23	2620/07	./9088	1/9082	1/8142	66
67	27/3680	./..1.21	5/6976	5/6986	280/41	2240/81	2621/86	./9216	1/8808	1/7990	67
68	28/5986	./..1.22	5/4674	5/4684	284/59	2238/39	2623/65	./9344	1/8534	1/7839	68
69	29/8756	./..1.22	5/2479	5/2489	288/77	2235/97	2625/44	./9472	1/8261	1/7689	69

Temp °C	Absolute Pressure	Specific Volume, m ³ /kg _w			Specific Enthalpy, kJ/kg _w			Specific Entropy, kJ / (kg _w ·K)			Temp °C
t	P _{ws} , kPa	Sat Solid v _i /v _f	Evap. v _{ig} /v _{fg}	Sat. Vapor v _g	Sat. Solid h _i /h _f	Evap h _{ig} /h _{fg}	Sat. Vap or h _g	Sat. Solid S _i /S _f	Evap S _{ig} /S _{fg}	Sat. Vap or S _g	t
۷۰	۳۱/۲۰۰۶	۰/۰۰۱۰۲۳	۵/۰۳۸۷	۵/۰۳۹۷	۲۹۳/۰۲	۲۳۳۳/۰۸	۲۶۲۶/۱۰	-/۹۵۵۰	۶/۷۹۹۰	۸/۷۵۴۰	۷۰
۷۱	۳۲/۵۷۵۰	۰/۰۰۱۰۲۳	۴/۸۳۹۲	۴/۸۴۰۲	۲۹۷/۲۱	۲۳۳۰/۶۰	۲۶۲۷/۸۱	-/۹۶۷۲	۶/۷۷۲۰	۷/۷۳۹۲	۷۱
۷۲	۳۴/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۰۲۴	۴/۶۴۸۸	۴/۶۴۹۸	۳۰۱/۴۰	۲۳۲۸/۱۱	۲۶۲۹/۵۱	-/۹۷۹۳	۶/۷۴۵۲	۷/۷۲۴۵	۷۲
۷۳	۳۵/۴۷۷۵	۰/۰۰۱۰۲۵	۴/۴۶۷۱	۴/۴۶۸۱	۳۰۵/۵۹	۲۳۲۵/۶۲	۲۶۳۱/۲۱	-/۹۹۱۵	۶/۷۱۸۵	۷/۷۱۰۰	۷۳
۷۴	۳۷/۰۰۸۸	۰/۰۰۱۰۲۵	۴/۲۹۳۷	۴/۲۹۴۷	۳۰۹/۷۸	۲۳۲۳/۱۳	۲۶۳۲/۹۱	۱/۰۰۳۵	۶/۶۹۲۰	۷/۶۹۵۵	۷۴
۷۵	۳۸/۵۹۵۴	۰/۰۰۱۰۲۶	۴/۱۲۸۱	۴/۱۲۹۱	۳۱۳/۹۷	۲۳۲۰/۶۳	۲۶۳۴/۶۰	۱/۰۱۵۶	۶/۶۶۵۶	۷/۶۸۱۲	۷۵
۷۶	۴۰/۲۳۸۹	۰/۰۰۱۰۲۶	۳/۹۶۹۹	۳/۹۷۰۹	۳۱۸/۱۷	۲۳۱۸/۱۳	۲۶۳۶/۲۹	۱/۰۲۷۶	۶/۶۳۹۳	۷/۶۶۶۹	۷۶
۷۷	۴۱/۹۴۰۹	۰/۰۰۱۰۲۷	۳/۸۲۸۸	۳/۸۱۹۸	۳۲۲/۳۶	۲۳۱۵/۶۳	۲۶۳۷/۹۸	۱/۰۳۹۶	۶/۶۲۳۲	۷/۶۵۲۸	۷۷
۷۸	۴۳/۷۰۳۱	۰/۰۰۱۰۲۸	۳/۶۷۴۳	۳/۶۷۵۴	۳۲۶/۵۶	۲۳۱۳/۱۱	۲۶۳۹/۶۶	۱/۰۵۱۶	۶/۵۸۷۲	۷/۶۳۸۸	۷۸
۷۹	۴۵/۵۲۷۱	۰/۰۰۱۰۲۸	۳/۵۲۶۳	۳/۵۲۷۳	۳۳۰/۷۵	۲۳۱۰/۵۹	۲۶۴۱/۳۴	۱/۰۶۳۵	۶/۵۶۱۳	۷/۶۲۴۸	۷۹
۸۰	۴۷/۴۱۴۷	۰/۰۰۱۰۲۹	۳/۴۰۴۲	۳/۴۰۵۳	۳۳۴/۹۵	۲۳۰۸/۰۷	۲۶۴۳/۰۱	۱/۰۷۵۴	۶/۵۳۵۶	۷/۶۱۱۰	۸۰
۸۱	۴۹/۳۶۷۶	۰/۰۰۱۰۳۰	۳/۲۷۸۰	۳/۲۷۹۰	۳۳۹/۱۵	۲۳۰۵/۵۴	۲۶۴۴/۶۸	۱/۰۸۷۳	۶/۵۱۰۰	۷/۵۹۷۳	۸۱
۸۲	۵۱/۳۸۷۵	۰/۰۰۱۰۳۰	۳/۱۵۷۲	۳/۱۵۸۲	۳۴۳/۳۴	۲۳۰۳/۰۱	۲۶۴۶/۳۵	۱/۰۹۹۱	۶/۴۸۴۶	۷/۵۸۳۷	۸۲
۸۳	۵۳/۴۷۶۲	۰/۰۰۱۰۳۱	۳/۰۴۱۵	۳/۰۴۲۶	۳۴۷/۵۴	۲۳۰۰/۴۷	۲۶۴۸/۰۱	۱/۱۱۰۹	۶/۴۵۹۲	۷/۵۷۰۱	۸۳
۸۴	۵۵/۶۳۵۵	۰/۰۰۱۰۳۲	۲/۹۳۰۹	۲/۹۳۱۹	۳۵۱/۷۴	۲۲۹۷/۹۳	۲۶۴۹/۶۷	۱/۱۲۲۷	۶/۴۳۴۰	۷/۵۵۶۷	۸۴
۸۵	۵۷/۸۶۷۵	۰/۰۰۱۰۳۲	۲/۸۲۴۹	۲/۸۲۵۹	۳۵۵/۹۵	۲۲۹۵/۲۸	۲۶۵۱/۳۳	۱/۱۳۴۴	۶/۴۰۹۰	۷/۵۴۳۴	۸۵
۸۶	۶۰/۱۷۳۸	۰/۰۰۱۰۳۳	۲/۷۲۳۴	۲/۷۲۴۴	۳۶۰/۱۵	۲۲۹۲/۸۳	۲۶۵۲/۹۸	۱/۱۴۶۱	۶/۳۸۴۰	۷/۵۳۰۷	۸۶
۸۷	۶۲/۵۵۶۵	۰۰۱۰۳۴	۲/۶۲۶۲	۲/۶۲۷۲	۳۶۴/۳۵	۲۲۹۰/۲۷	۲۶۵۶/۲۶	۱/۱۶۹۴	۶/۳۳۴۵	۷/۵۱۷۰	۸۷
۸۸	۶۵/۰۱۷۶	۰/۰۰۱۰۳۵	۲/۵۲۳۰	۲/۵۲۴۱	۳۶۸/۵۶	۲۲۸۷/۷۰	۲۶۵۶/۲۹	۱/۱۶۹۴	۶/۳۳۴۵	۷/۵۰۳۹	۸۸
۸۹	۶۷/۵۵۸۷	۰/۰۰۱۰۳۵	۲/۴۴۳۷	۲/۴۴۴۸	۳۷۲/۷۶	۲۲۸۵/۱۴	۲۶۵۷/۹۰	۱/۱۸۱۱	۶/۳۰۹۹	۷/۴۹۰۹	۸۹
۹۰	۷۰/۱۸۲۴	۰/۰۰۱۰۳۶	۲/۳۵۸۱	۲/۳۵۹۱	۳۷۶/۹۷	۲۲۸۲/۵۶	۲۶۵۹/۵۳	۱/۱۹۲۷	۶/۲۸۵۴	۷/۴۷۸۱	۹۰
۹۱	۷۲/۸۹۰۴	۰/۰۰۱۰۳۷	۲/۱۷۶۰	۲/۱۷۷۱	۳۸۱/۱۸	۲۲۷۹/۹۸	۲۶۶۱/۱۶	۱/۲۰۴۲	۶/۲۶۱۱	۷/۴۵۵۳	۹۱
۹۲	۷۵/۶۸۴۹	۰/۰۰۱۰۳۷	۲/۱۹۷۳	۲/۱۹۸۳	۳۸۵/۳۸	۲۲۷۷/۳۹	۲۶۶۲/۷۸	۱/۲۱۵۸	۶/۲۳۶۸	۷/۴۵۲۶	۹۲
۹۳	۷۸/۵۶۸۱	۰/۰۰۱۰۳۸	۲/۱۲۱۷	۲/۱۲۲۸	۳۸۹/۵۹	۲۲۷۴/۸۰	۲۶۶۳/۳۹	۱/۲۲۷۳	۶/۲۱۲۷	۷/۴۴۰۰	۹۳
۹۴	۸۱/۵۲۳۰	۰/۰۰۱۰۳۹	۲/۰۴۹۲	۲/۰۵۰۲	۳۹۳/۸۱	۲۲۷۲/۲۰	۲۶۶۶/۰۱	۱/۲۳۸۷	۶/۱۸۸۷	۷/۴۲۷۵	۹۴
۹۵	۸۴/۶۰۸۹	۰/۰۰۱۰۴۰	۱/۹۷۹۶	۱/۹۸۰۶	۳۹۸/۰۲	۲۲۶۹/۶۰	۲۶۶۷/۶۱	۱/۲۵۰۲	۶/۱۶۴۸	۷/۴۱۵۰	۹۵
۹۶	۸۷/۷۷۱۱	۰/۰۰۱۰۴۰	۱/۹۱۳۸	۱/۹۱۳۸	۴۰۲/۲۳	۲۲۶۶/۹۸	۲۶۶۹/۲۲	۱/۲۶۱۶	۶/۱۴۱۱	۷/۴۰۲۷	۹۶
۹۷	۹۱/۰۳۰۸	۰۰۱۰۴۱	۱/۸۴۸۶	۱/۸۴۹۷	۴۰۶/۴۵	۲۲۶۴/۳۷	۲۶۷۰/۸۱	۱/۲۷۳۰	۶/۱۱۷۴	۷/۳۹۰۴	۹۷
۹۸	۹۴/۳۹۰۲	۰/۰۰۱۰۴۲	۱/۷۸۷۰	۱/۷۸۸۰	۴۱۰/۶۶	۲۲۶۱/۷۴	۲۶۷۶/۴۰	۱/۲۸۴۴	۶/۰۹۳۸	۷/۳۷۸۲	۹۸
۹۹	۹۷/۸۵۱۸	۰/۰۰۱۰۴۳	۱/۷۲۷۷	۱/۷۲۸۸	۴۱۴/۸۸	۲۲۵۹/۱۱	۲۶۷۳/۹۹	۱/۲۹۵۷	۶/۰۷۰۴	۷/۳۶۶۱	۹۹
۱۰۰	۱۰۱/۴۱۸۰	۰/۰۰۱۰۴۳	۱/۶۷۰۸	۱/۶۷۱۹	۴۱۹/۱۰	۲۲۵۶/۴۷	۲۶۷۵/۵۷	۱/۳۰۷۰	۶/۰۴۷۱	۷/۳۵۴۱	۱۰۰
۱۰۱	۱۰۵/۰۹۱۰	۰۰۱۰۴۴	۱/۶۱۶۱	۱/۶۱۷۱	۴۲۳/۳۲	۲۲۵۳/۸۳	۲۶۷۷/۱۵	۱/۳۱۸۳	۶/۰۲۳۸	۷/۳۴۲۱	۱۰۱
۱۰۲	۱۰۸/۸۷۲۵	۰/۰۰۱۰۴۵	۱/۵۶۳۵	۱/۵۶۴۵	۴۲۷/۵۴	۲۲۵۱/۱۸	۲۶۷۸/۷۲	۱/۳۲۹۶	۶/۰۰۰۷	۷/۳۳۰۳	۱۰۲
۱۰۳	۱۱۲/۷۶۷۸	۰/۰۰۱۰۴۶	۱/۵۱۲۹	۱/۵۱۴۰	۴۳۱/۷۶	۲۲۴۸/۵۲	۲۶۸۰/۲۸	۱/۳۴۰۸	۵/۹۷۷۷	۷/۳۱۸۵	۱۰۳
۱۰۴	۱۱۶/۷۷۶۵	۰/۰۰۱۰۴۷	۱/۴۶۴۲	۱/۴۶۵۳	۴۳۵/۹۹	۲۲۴۵/۸۵	۲۶۸۱/۸۴	۱/۳۵۲۰	۵/۹۵۴۸	۷/۳۰۶۸	۱۰۴
۱۰۵	۱۲۰/۹۰۳۱	۰/۰۰۱۰۴۷	۱/۴۱۷۴	۱/۴۱۸۵	۴۴۰/۲۱	۲۲۴۳/۱۸	۲۶۸۳/۳۹	۱/۳۶۳۲	۵/۹۰۹۲	۷/۲۹۸۳۶	۱۰۵
۱۰۶	۱۲۵/۱۴۷۲	۰۰۱۰۴۸	۱/۳۷۲۴	۱/۳۷۳۴	۴۴۴/۴۴	۲۲۴۰/۵۰	۲۶۸۴/۹۴	۱/۳۷۴۳	۵/۹۰۹۲	۷/۲۹۸۳۶	۱۰۶
۱۰۷	۱۲۹/۵۱۴۵	۰/۰۰۱۰۴۹	۱/۳۲۹۰	۱/۳۳۰۱	۴۴۸/۶۷	۲۲۳۷/۸۱	۲۶۸۶/۴۸	۱/۳۸۵۴	۵/۸۸۶۶	۷/۲۸۷۱	۱۰۷
۱۰۸	۱۳۴/۰۰۶۵	۰/۰۰۱۰۵۰	۱/۲۸۷۳	۱/۲۸۸۳	۴۵۲/۹۰	۲۲۳۵/۱۲	۲۶۸۸/۰۲	۱/۳۹۵۶	۵/۸۶۴۱	۷/۲۶۰۷	۱۰۸
۱۰۹	۱۳۸/۶۲۶۱	۰/۰۰۱۰۵۱	۱/۲۴۷۱	۱/۲۴۸۱	۴۵۷/۱۳	۲۲۳۳/۴۱	۲۶۸۹/۵۵	۱/۴۰۷۶	۵/۸۴۱۷	۷/۲۴۹۳	۱۰۹
۱۱۰	۱۴۳/۳۷۶۰	۰/۰۰۱۰۵۲	۱/۲۰۸۳	۱/۲۰۹۴	۴۶۱/۳۶	۲۲۳۱/۷۰	۲۶۹۱/۰۷	۱/۴۱۸۷	۵/۸۱۹۴	۷/۲۳۸۰	۱۱۰

Temp °C	Absolute Pressure	Specific Volume, m ³ /kg _w			Specific Enthalpy, kJ/kg _w			Specific Entropy, kJ / (kg _w ·K)			Temp °C
t	P _{ws} , kPa	Sat Solid v _i /v _f	Evap. v _{ig} /v _{fg}	Sat. Vapor v _g	Sat. Solid h _i /h _f	Evap h _{ig} /h _{fg}	Sat. Vap or h _g	Sat. Solid S _i /S _f	Evap S _{ig} /S _{fg}	Sat. Vap or S _g	t
111	148/2588	./..1.052	1/1710	1/1721	465/6.	2226/99	2692/58	1/4297	5/7972	7/2268	111
112	153/2775	./..1.053	1/1351	1/1362	469/83	2224/26	2694/0.9	1/440.7	5/7750	7/2157	112
113	158/4348	./..1.054	1/1005	1/1015	474/0.7	2221/53	2695/60	1/4517	5/7530	7/2047	113
114	163/7337	./..1.055	1/0671	1/0681	478/31	2218/78	2697/0.9	1/4626	5/7310	7/1937	114
115	169/1770	./..1.056	1/0349	1/0359	482/55	2216/0.3	2698/58	1/4735	5/7092	7/1827	115
116	174/7678	./..1.057	1/0028	1/0049	486/80	2213/27	2700/0.7	1/4844	5/6874	7/1719	116
117	180/5090	./..1.058	0.9739	0.9750	491/0.4	2210/51	2701/55	1/4953	5/6658	7/1611	117
118	186/4026	./..1.059	0.9450	0.9461	495/29	2207/73	2703/0.2	1/5062	5/6442	7/1504	118
119	192/4547	./..1.059	0.9171	0.9182	499/52	2204/94	2704/48	1/5170	5/6227	7/1397	119
120	198/6654	./..1.060	0.8902	0.8913	503/78	2202/15	2705/93	1/5278	5/6013	7/1291	120
122	211/5782	./..1.062	0.8792	0.8803	512/29	2196/53	2708/82	1/5494	5/5587	7/1081	122
124	225/1676	./..1.064	0.8716	0.8727	520/80	2190/88	2711/69	1/5708	5/5165	7/0873	124
126	239/4597	./..1.066	0.8672	0.8683	529/32	2185/19	2714/52	1/5922	5/4746	7/0668	126
128	254/4813	./..1.068	0.8658	0.8668	537/85	2179/47	2717/32	1/6134	5/4330	7/0465	128
130	270/2596	./..1.070	0.8670	0.8681	546/39	2173/13	2720/0.9	1/6346	5/3918	7/0264	130
132	286/8226	./..1.072	0.8638	0.8648	554/92	2167/89	2722/83	1/6557	5/3508	7/0066	132
134	304/1989	./..1.074	0.8599	0.8609	563/49	2162/0.4	2725/53	1/6767	5/3102	6/9869	134
136	322/4175	./..1.076	0.8551	0.8562	572/0.5	2156/15	2728/20	1/6977	5/2698	6/9675	136
138	341/5081	./..1.078	0.8523	0.8534	580/62	2150/22	2730/84	1/7185	5/2298	6/9483	138
140	361/5010	./..1.080	0.8504	0.8515	589/20	2144/24	2732/44	1/7393	5/1900	6/9293	140
142	382/4271	./..1.082	0.8483	0.8493	598/79	2138/22	2736/0.1	1/7600	5/1505	6/9105	142
144	404/3187	./..1.084	0.8467	0.8477	606/39	2132/15	2738/54	1/7806	5/1112	6/8918	144
146	427/2053	./..1.086	0.8456	0.8466	615/00	2126/0.4	2741/0.4	1/8011	5/0723	6/8734	146
148	451/1220	./..1.088	0.8448	0.8459	623/62	2119/88	2743/50	1/8216	5/0335	6/8551	148
150	476/1014	./..1.091	0.8439	0.8450	632/25	2113/67	2745/92	1/8420	4/9951	6/8370	150
152	502/1771	./..1.093	0.8432	0.8443	640/89	2107/41	2748/30	1/8623	4/9569	6/8191	152
154	529/3834	./..1.095	0.8426	0.8437	649/55	2101/10	2750/64	1/8825	4/9189	6/8014	154
156	557/7555	./..1.097	0.8420	0.8431	658/21	2094/74	2752/95	1/9027	4/8811	6/7838	156
158	587/3287	./..1.100	0.8414	0.8425	666/89	2088/32	2755/21	1/9228	4/8436	6/7664	158
160	618/1392	./..1.102	0.8407	0.8418	675/57	2082/01	2757/43	1/9428	4/8063	6/7491	160

$$P_s = x_{ws}P$$

فشار بخار آب در هوای مرطوب اشباع به صورت زیر محاسبه می‌شود.

که x_{ws} کسر مولی بخار آب در هوای مرطوب اشباع در دمای t و فشار p است و p فشار بارومتریک

کلی هوای مرطوب است.

۳- پارامترهای رطوبت

پارامترهای پایه

نسبت رطوبت W یک هوای مرطوب نمونه، به صورت نسبت جرمی بخار آب، به جرم هوای خشک



در نمونه تعریف می‌شود:

$$W = M_w / M_{da}$$

رابطه ۳

رطوبت مخصوص γ ، نسبت جرم بخار آب به جرم کلی هوای مرطوب است.

$$\gamma = M_w / (M_w + M_{da})$$

رابطه ۴

$$\gamma = w / (1 + w)$$

رطوبت مطلق d_v ، نسبت جرم بخار آب به حجم کلی نمونه می‌باشد.

$$d_v = M_w / V$$

رابطه ۵

چگالی ρ ، یک نمونه هوای مرطوب نسبت جرم کل به حجم کل نمونه است.

$$\rho = (M_{da} + M_w) / V = (\gamma / v)(1 + W)$$

رابطه ۶

که v حجم مخصوص هوای مرطوب بر حسب m^3/kg_{da} است.

پارامترهای رطوبت مرتبط با حالت اشباع

نسبت رطوبت اشباع $W_s(t, p)$ ، نسبت رطوبت هوای مرطوب اشباع نسبت به آب در همان دما و فشار.

رطوبت نسبی ϕ ، نسبت فشار جزئی بخار آب در هوای مرطوب در شرایط دما و فشار نقطه شبنم،

به فشار جزئی بخار آب در شرایط دما و فشار حباب خشک.

$$\phi = \left(p_{wv-enh} / p_{wvs-ref|p,t} \right) = \left[f(p, t_{dp}) e(t_{dp}) \right] / \left[\left[f(p, t_{db}) e(t_{db}) \right] \right]$$

رابطه ۷

دمای نقطه شبنم t_d ، دمای هوای مرطوب اشباع در فشار p ، با همان نسبت رطوبت w که در هوای

مرطوب نمونه وجود دارد. دمای نقطه شبنم به صورت حل معادله زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$W_s(p, t_d) = W$$

رابطه ۸

دمای حباب مرطوب t^* ، دمایی است که در آن آب (جامد یا مایع) توسط تبخیر به هوای مرطوب

در دمای حباب خشک t و نسبت رطوبت w ، می‌تواند هوا را به شرایط اشباع در همان دمای t^* و فشار

کل p برساند.

۴- نمودار سایکرومتریکی

نمودار سایکرومتریکی (شکل ۱) خصوصیات ترمودینامیکی هوای مرطوب را به صورت گرافیکی ارائه

می‌کند.