



شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی

کتاب اول

حاوی مطالب اصلی منابع آزمون نظام مهندسی
تست‌های تألیفی استاندارد مشابه با سؤالات آزمون
ارائه نکات کلیدی و کاربردی متن درس
بر اساس آخرین ویرایش و سرفصل‌های
شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

ویژه آزمون‌های نظام مهندسی

مؤلفان: دکتر پیمان ابراهیمی
مدرس رسمی سازمان نظام مهندسی
دکتری مهندسی مکانیک
مهندس هاشم جاویدان‌فر



سرشناسه:
عنوان و نام پدیدآور:
مشخصات نشر:
مشخصات ظاهری:
شابک:
وضعیت فهرست نویسی:
موضوع:
موضوع:
موضوع:
موضوع:
موضوع:
موضوع:
شناسه افزوده:
رده‌بندی کنگره:
رده‌بندی دیویی:
شماره کتابشناسی ملی:

ابراهیمی ناغانی، پیمان، ۱۳۵۴ -
شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی جلد اول/مولفان پیمان ابراهیمی، هاشم جاویدان‌فر.
تهران: نوآور.
۴۴۸ ص.
۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۷۹-۷

فیفا
تأسیسات -- راهنمای آموزشی (عالی)
-- Study and teaching (Higher) -- Mechanical equipment Buildings
تأسیسات -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
(Buildings -- Mechanical equipment -- Examinations, questions, etc. (Higher
دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون‌ها
Universities and colleges --Iran -- Examinations
جاویدان‌فر، هاشم -
۱۳۹۷ ۲۵ الف/۶۰۱۰/ت
۰۷/۶۹۶
۵۲۳۳۵۷۵

شرح و درس آزمون‌های نظام مهندسی تأسیسات مکانیکی کتاب اول

مؤلفان: دکتر پیمان ابراهیمی ناغانی، مهندس هاشم جاویدان‌فر



نشر نوآور

ناشر: نوآور

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۷۹-۷

مرکز پخش:

نوآور: تهران - خ انقلاب، خ فخر رازی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به
خ دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه اول واحد ۳
تلفن: ۰۲۱۶۶۴۸۴۱۹۱-۹۲
www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و
مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به
نشر نوآور می‌باشد. 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 می‌گیرند.

@Noavarpub



صفحه رسمی انتشارات نوآور در شبکه‌های اجتماعی

فهرست مطالب

۹	مقدمه
۱۱	فصل اول / تبدیل واحدها در صنعت تهویه مطبوع
۱۱	(۱-۱) کمیت‌های اصلی
۱۶	فصل دوم / سایکرومتریک
۱۶	(۱-۲) هوا
۱۶	(۲-۲) روابط حاکم بر هوای خشک و مرطوب
۱۷	(۳-۲) مشخصات هوا
۲۰	(۴-۲) انواع حرارت
۲۳	(۵-۲) دیاگرام سایکرومتریک
۲۷	(۶-۲) فرایندهای پایه در تهویه مطبوع
۳۲	(۷-۲) سایر فرایندهای سایکرومتریک
۴۳	فصل سوم / بار حرارتی ساختمان
۴۳	(۱-۳) خلاصه فصل
۴۴	(۲-۳) مقدمه
۴۵	(۳-۳) انتقال حرارت
۴۹	(۴-۳) محاسبات تلفات حرارتی (هدایت + جابهجایی)
۵۶	(۵-۳) عایق‌های حرارتی
۵۹	(۶-۳) تلفات حرارتی کل ساختمان
۶۰	فصل چهارم / آبرسانی
۶۰	(۱-۴) آبرسانی
۶۱	(۲-۴) آبرسانی بهداشتی ساختمان
۶۳	(۳-۴) پمپ
۶۴	(۴-۴) سائزینگ لوله‌های آبرسانی
۶۸	(۵-۴) محاسبه بار حرارتی آبگرم مصرفی
۶۹	(۶-۴) مخزن ذخیره آب
۷۳	(۷-۴) سیستم لوله‌کشی برگشت آب گرم بهداشتی مصرفی
۷۴	(۸-۴) آبرسانی ساختمان‌های بلند مرتبه
۸۳	فصل پنجم / حرارت مرکزی و بویلر
۸۳	(۱-۵) مقدمه
۸۳	(۲-۵) انواع سیستم حرارت مرکزی
۸۳	(۳-۵) سیستم حرارت مرکزی با آب گرم
۸۵	(۴-۵) دیگ (Boiler)
۸۶	(۵-۵) دیگ‌های چدنی
۸۸	(۶-۵) دیگ‌های فولادی
۹۲	(۷-۵) دیگ‌های چگالشی
۹۲	(۸-۵) انتخاب دیگ
۹۳	(۹-۵) الزامات نصب، جزئیات اجرا

فصل ششم / مشعل و سوخت‌رسانی ۹۵

۹۵-۱ (۱-۶) تقسیم‌بندی مشعل‌ها ۹۵

۹۵-۲ (۲-۶) انتخاب مشعل ۹۵

۹۶-۳ (۳-۶) سوخت مایع ۹۶

۹۷-۴ (۴-۶) ارزش حرارتی سوخت ۹۷

۹۷-۵ (۵-۶) مخازن ذخیره سوخت مایع ۹۷

۱۰۱-۶ (۶-۶) محاسبه ظرفیت مخزن سوخت روزانه ۱۰۱

۱۰۱-۷ (۷-۶) محاسبه ظرفیت مخزن اصلی ۱۰۱

۱۰۲-۸ (۸-۶) الزامات چاله و محل دفن مخازن سوخت مایع و نکات اجرایی ۱۰۲

۱۰۴-۹ (۹-۶) انتقال سوخت مایع ۱۰۴

فصل هفتم / پمپ و پمپاژ در موتورخانه ۱۰۵

۱۰۵-۱ (۱-۷) مبانی مکانیک سیالات ۱۰۵

۱۰۸-۲ (۲-۷) مقدمه ۱۰۸

۱۰۹-۳ (۳-۷) پمپ گریز از مرکز ۱۰۹

۱۱۵-۴ (۴-۷) هد پمپ ۱۱۵

۱۱۶-۵ (۵-۷) محاسبه افت فشار مسیر ۱۱۶

۱۱۷-۶ (۶-۷) تفاوت پمپ‌های سیرکولاتور و پمپ‌های آبرسانی ۱۱۷

۱۱۸-۷ (۷-۷) منحنی عملکرد پمپ گریز از مرکز ۱۱۸

۱۲۲-۸ (۸-۷) پدیده کاویتاسیون و منحنی NPSH ۱۲۲

۱۲۸-۹ (۹-۷) آرایش‌های نصب پمپها ۱۲۸

۱۳۳-۱۰ (۱۰-۷) محل نصب پمپ در مدار ۱۳۳

۱۳۴-۱۱ (۱۱-۷) روابط تشابهی حاکم بر پمپ‌ها ۱۳۴

۱۳۴-۱۲ (۱۲-۷) محاسبه توان مفید، توان مصرفی، توان الکتروموتور ۱۳۴

۱۳۶-۱۳ (۱۳-۷) جوکی پمپ ۱۳۶

۱۳۷-۱۴ (۱۴-۷) پمپ سانتیفریوژ مکش از ته پروانه ۱۳۷

۱۳۹-۱۵ (۱۵-۷) پمپ‌های سرعت متغیر ۱۳۹

۱۴۰-۱۶ (۱۶-۷) برق در طراحی پمپ ۱۴۰

فصل هشتم / منبع انبساط ۱۴۴

۱۴۴-۱ (۱-۸) مقدمه ۱۴۴

۱۴۴-۲ (۲-۸) مشخصات ترموفیزیکی آب ۱۴۴

۱۴۵-۳ (۳-۸) علل سرریز کردن آب (لزوم استفاده از منبع انبساط) ۱۴۵

۱۴۵-۴ (۴-۸) بررسی موقعیت نصب ۱۴۵

۱۴۶-۵ (۵-۸) منبع انبساط باز ۱۴۶

۱۵۰-۶ (۶-۸) منبع انبساط بسته ۱۵۰

فصل نهم / تأمین هوای احتراق ۱۵۷

۱۵۷-۱ (۱-۹) محاسبه هوای احتراق وسایل گاز سوز، منابع غیر مجاز تامین هوای احتراق ۱۵۷

۱۵۸-۲ (۲-۹) فضای با درزبندی معمولی و هوابند، فضای با حجم کافی و ناکافی ۱۵۸

۱۵۸-۳ (۳-۹) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، فقط از داخل ۱۵۸

۱۵۹-۴ (۴-۹) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، فقط از بیرون، از طریق دهانه‌های روی جدار خارجی ۱۵۹

۱۶۰-۵ (۵-۹) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، فقط از بیرون، از طریق کانال‌های عمودی و افقی ۱۶۰

۱۶۲-۶ (۶-۹) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، از فضای مجاور ۱۶۲

۱۶۳-۷ (۷-۹) تامین هوای احتراق به صورت طبیعی، به صورت همزمان ۱۶۳

۱۶۴-۸ (۸-۹) تامین هوای احتراق به صورت مکانیکی ۱۶۴

۱۶۵-۹ (۹-۹) مقررات و نکات اجرایی ۱۶۵

۱۶۵-۱۰ (۱۰-۹) گاز مصرفی و هوای احتراق وسایل گازسوز ۱۶۵

۱۶۷	فصل دهم / دودکش
۱۶۷	(۱-۱۰) محدوده قوانین
۱۶۷	(۲-۱۰) تعاریف
۱۷۰	(۳-۱۰) لوله رابط دودکش
۱۷۲	(۴-۱۰) انواع دودکش:
۱۷۲	(۵-۱۰) دودکش با مکش یا رانش مکانیکی
۱۷۲	(۶-۱۰) دودکش قائم فلزی
۱۷۵	(۷-۱۰) دودکش داخل ساختمان
۱۷۶	(۸-۱۰) دودکش با مصالح بنائی
۱۷۹	(۹-۱۰) دهانه خروجی دودکش روی بام
۱۸۰	(۱۰-۱۰) محاسبه و انتخاب دودکش
۱۸۲	(۱۱-۱۰) دوره تناوب بازرسی
۱۸۳	فصل یازدهم / سختگیری آب
۱۸۳	(۱-۱۱) تعاریف
۱۸۴	(۲-۱۱) سختگیر
۱۸۶	(۳-۱۱) R.O اسمز معکوس
۱۸۹	فصل دوازدهم / لوله کشی تاسیساتی
۱۸۹	(۱-۱۲) مراحل طراحی شبکه لوله کشی حرارت مرکزی
۱۸۹	(۲-۱۲) سیستمهای لوله کشی
۱۹۰	(۳-۱۲) انواع لوله ها مورد استفاده در سیستم های گرمایش و سرمایش:
۱۹۱	(۴-۱۲) انتخاب وصاله (فیتینگ)
۱۹۵	(۵-۱۲) لوله کشی آب سیستم های گرمایش و سرمایش
۱۹۵	(۶-۱۲) شبکه لوله کشی یک لوله ای
۱۹۶	(۷-۱۲) شبکه لوله کشی دو لوله ای
۱۹۸	(۸-۱۲) مدار لوله کشی اولیه- ثانویه (Primary-Secondary Piping Circuits)
۱۹۹	(۹-۱۲) تعیین قطر لوله های سیستم حرارت مرکزی
۲۰۰	(۱۰-۱۲) شرایط آزمایش
۲۰۰	(۱۱-۱۲) لزوم عایق کاری
۲۰۱	(۱۲-۱۲) نکات کاربردی و مهم لوله کشی (جمع بندی)
۲۰۷	فصل سیزدهم / شیرها
۲۰۸	(۱-۱۳) وظیفه شیرها
۲۰۹	(۲-۱۳) انواع شیرها (تاسیساتی)
۲۱۸	(۳-۱۳) شیرهای کنترلی
۲۲۰	(۴-۱۳) سایر ملزومات سیستم های هیدرونیک
۲۲۰	(۵-۱۳) مشخصات کنترل سیستم
۲۲۳	(۶-۱۳) ضریب جریان شیر
۲۲۳	(۷-۱۳) انواع سیستم های کنترل
۲۲۶	فصل چهاردهم / موتورخانه بخار
۲۲۶	(۱-۱۴) مقدمه
۲۲۶	(۲-۱۴) انواع بخار
۲۲۶	(۳-۱۴) موتورخانه بخار
۲۳۹	فصل پانزدهم / سامانه های تولید سرمایش
۲۳۹	(۱-۱۵) محاسبه بار سرمایش

۲۳۹.....	(۱۵-۲) مولفه‌های بار سرمایش
۲۴۴.....	(۱۵-۳) انواع سامانه‌های سرمایش از لحاظ توزیع
۲۴۴.....	(۱۵-۴) انواع سامانه‌های سرمایش از لحاظ نوع ایجاد سرمایش
۲۵۰.....	(۱۵-۵) اساس کار یک سیستم سرمایش
۲۵۱.....	(۱۵-۶) محاسبات انتخاب چیلرها
۲۵۱.....	(۱۵-۷) اجزای تشکیل دهنده سیکل تبرید
۲۶۱.....	(۱۵-۸) میردها
۲۶۳.....	(۱۵-۹) تجهیزات جانبی سیستم سرمایش تراکمی
۲۶۶.....	(۱۵-۱۰) اجزاء کنترلی
۲۶۸.....	(۱۵-۱۱) سیستم جریان میرد متغییر VRF
۲۷۰.....	(۱۵-۱۲) سرمایش جذبی
۲۸۳.....	(۱۵-۱۳) لوله‌کشی آب مدار سرمایش
۲۸۴.....	(۱۵-۱۴) نمایش عملکرد سیستم (COP-IPLV-NPLV-EER-SEER)
۲۸۶.....	(۱۵-۱۵) برج خنک‌کن
۲۹۴.....	(۱۵-۱۶) روش‌های کنترل ظرفیت پایانه‌های سرمایش
۲۹۶.....	(۱۵-۱۷) تست‌های کلی فصل

فصل شانزدهم / فن‌ها ۲۹۹

۲۹۹.....	(۱۶-۱) روابط فشار فن و سیستم
۳۰۱.....	(۱۶-۲) انتخاب فن
۳۰۱.....	(۱۶-۳) اثر چگالی، دما و ارتفاع بر عملکرد فن
۳۰۲.....	(۱۶-۴) نحوه کار بادزن‌ها
۳۰۲.....	(۱۶-۵) کلاس‌بندی فن
۳۰۷.....	(۱۶-۶) روابط تشابه و محاسبه توان فن‌ها
۳۱۲.....	(۱۶-۷) نکات مهم در بررسی منحنی‌های عملکرد و سیستم بادزن
۳۱۳.....	(۱۶-۸) بررسی فن‌های سری و موازی

فصل هفدهم / فن و هوارسان ۳۱۶

۳۱۶.....	(۱۷-۱) مقدمه
۳۱۸.....	(۱۷-۲) جریان‌های هوا در سامانه هوارسان
۳۱۹.....	(۱۷-۳) انواع هوارسان
۳۲۱.....	(۱۷-۴) اجزاء سیستم هوارسان
۳۴۱.....	(۱۷-۵) نحوه عملکرد هوارسان
۳۴۴.....	(۱۷-۶) شرایط انتخاب سامانه تهویه مطبوع هوایی
۳۴۴.....	(۱۷-۷) محاسبات مربوط به تامین هوای تازه
۳۴۵.....	(۱۷-۸) ضرایب گرمای محسوس و ارتباط بارهای اتاق و دستگاه
۳۵۰.....	(۱۷-۹) تجهیزات در سایکرومتریک

کانال‌کشی ۳۶۹

۳۶۹.....	(۱۷-۱۰) مقدمه
۳۷۰.....	(۱۷-۱۱) طراحی و محاسبه سیستم کانال
۳۷۸.....	(۱۷-۱۲) انتخاب فن در کانال
۳۸۰.....	(۱۷-۱۳) نکات اجرای کانال

فصل هجدهم / جمع‌آوری و دفع فاضلاب ۳۸۴

۳۸۴.....	(۱۸-۱) سیستم فاضلاب
۳۸۴.....	(۱۸-۲) انواع فاضلاب
۳۸۴.....	(۱۸-۳) اجزای سیستم فاضلابی
۳۸۹.....	(۱۸-۴) انواع اتصال در لوله‌کشی فاضلاب

۳۸۹.....	(۵-۱۸) سرعت حد.....
۳۹۰.....	(۶-۱۸) پرش هیدرولیکی.....
۳۹۰.....	(۷-۱۸) ساینینگ لوله‌های فاضلابی.....
۳۹۲.....	(۸-۱۸) شیب لوله‌کشی فاضلاب.....
۳۹۲.....	(۹-۱۸) لوله‌های فاضلاب.....
۳۹۴.....	(۱۰-۱۸) هواکش.....
۴۰۵.....	(۱۱-۱۸) آب باران.....
۴۰۷.....	(۱۲-۱۸) سایر نکات طراحی و اجرا.....
۴۰۸.....	(۱۳-۱۸) سایر نکات تکمیلی.....
۴۱۷.....	فصل نوزدهم / نکات مهم و حل مسائل مبحث چهاردهم.....
۴۱۷.....	تعویض هوا.....
۴۲۲.....	تخلیه هوا.....
۴۲۹.....	فصل بیستم / خلاصه نکات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان - صرفه‌جویی در مصرف انرژی.....
۴۳۴.....	فصل بیست و یکم / خلاصه نکات مبحث ۳ مقررات ملی ساختمان - حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق.....
۴۴۸.....	منابع و مأخذ.....

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 به کار 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 مبرا 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 و 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 پربرتر 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، به منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، پس از بررسی کارشناسان نوآور، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشد، متناسب با میزان اصلاحات ارسال شده، به رسم ادب و قدرشناسی، کد تخفیفی جهت خرید کتاب‌های نشر نوآور به شما ارائه می‌شود. همچنین در صورتی که حجم اصلاحات ارسالی، منوط بر تشخیص کارشناسان ما، چشمگیر تلقی شود، چاپ اصلاح شده‌ی آن کتاب و یا یک کتاب دلخواه، از مجموعه کتب انتشارات نوآور، به عنوان هدیه برای شما ارسال 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.



تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

دکتر پیمان ابراهیمی ناغانی فارغ‌التحصیل دکتری مهندسی مکانیک (گرایش تبدیل انرژی) می‌باشد. ایشان با بیش از ۲۰ سال سابقه تدریس دانشگاهی هم اکنون عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران و مدیر دپارتمان تاسیسات و تهویه مطبوع آموزشگاه عالی نوین پارسیان بوده و در دوره‌های مختلف به تدریس دروس متعدد آمادگی آزمون نظام مهندسی (رشته تاسیسات مکانیکی) کلاسهای ارتقاء پایه نظام مهندسی در رشته مهندسی مکانیک، مشاوره، طراحی و نظارت در رشته تاسیسات مکانیکی از قبیل طراحی موتورخانه، طراحی استخر، سونا و جکوزی، طراحی HVAC مقدماتی و پیشرفته، طراحی سیستم‌های آب‌رسانی و فاضلاب و چیلر و برج‌های خنک کن و... فعالیت داشته‌اند. کتابی که پیش رو دارید مجموعه‌ای کامل از نکات مهم کاربردی و محاسباتی در صنعت تاسیسات ساختمان بوده که بصورت گام به گام نسبت به تشریح موارد مهم طراحی پرداخته است. لازم به ذکر است که امکان برگزاری کلاسهای آموزشی جهت شرکت‌های خصوصی و دولتی بصورت انفرادی و گروهی توسط ایشان نیز وجود دارد.

از آنجایی که هیچ اثری عاری از اشتباه و خطا نیست، از کلیه دوستان، همکاران گرامی، دانش پژوهان عزیز و فعالین حرفه تاسیسات تقاضا داریم تا چنانچه در مورد مندرجات کتاب، پیشنهاد یا نکته نظری دارند، به طور مستقیم و یا از طریق ناشر اعلام نموده تا در ویرایش‌های بعدی از تجربیات و نظرات سازنده شما استفاده نماییم.

Noavar33@yahoo.com

@Noavarpub_com



صفحه رسمی انتشارات نوآور در اینستاگرام

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 پی دی اف از کتاب، 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 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 پی دی اف و موارد این چنین، 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، اُفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذنین 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 هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۲-۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۰۲۹۹۱۰۸۹ (تلگرام انتشارات) 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 تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده 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

تبدیل واحدها در صنعت تهویه مطبوع

(۱-۱) کمیت‌های اصلی

کمیت‌های اصلی در شاخه تاسیسات مکانیکی شامل موارد زیر هستند:

۱- جرم، طول، زمان، دما

سایر کمیت‌های پرکاربرد تاسیساتی مانند انرژی، توان، مساحت، حجم، چگالی، سرعت، دبی حجمی و دبی جرمی از ضرب و یا تقسیم کمیت‌های فوق حاصل می‌شوند.

برای تبدیل واحد کمیت‌های تاسیساتی کافی است فقط تبدیل واحد بین یکاهای چهار کمیت اصلی را بدانیم. سایر کمیت‌ها از چهار کمیت اصلی قابل استخراج می‌باشد که روش آن در ادامه توضیح داده شده است. اگرچه کمیت انرژی جزو چهار کمیت اصلی نیست ولی به دلیل کاربرد بسیار زیاد آن در تاسیسات بهتر است تبدیل واحد آن را نیز به صورت مستقیم بدانیم. در عین حال، روش استخراج تبدیل واحد کمیت‌های انرژی را نیز توضیح خواهیم داد.

تبدیل واحد چهار کمیت اصلی و انرژی

جرم M	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 2.2 \text{ lb(pound)} \text{ \& } 1 \text{ lb} = 0.45 \text{ kg} = 450 \text{ g}$
طول L	$1 \text{ m} = 3.28 \text{ ft(foot)} \text{ \& } 1 \text{ ft} = 0.3 \text{ m}$ $1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm} = 0.0254 \text{ m} \text{ \& } 1 \text{ m} = 39.37 \text{ in}$
زمان t	$1 \text{ hr} = 3600 \text{ s}$
دما T	$K = C + 273.15 \text{ \& } F = 1.8(C) + 32$ $\Delta T(k) = \Delta T^{\circ}C$ $\Delta T^{\circ}F = \left(\frac{1}{1.8}\right) \times \Delta T^{\circ}C = 0.55 \times \Delta T^{\circ}C$
انرژی E	$1 \text{ Cal} = 4.18 \text{ J(Jule)} = 0.00396 \text{ BTU}$ $1 \text{ BTU} = 1055 \text{ J} = 252 \text{ Cal}$

۲- تعریف واحدهای انرژی

یک BTU مقدار انرژی مورد نیاز است تا دمای یک پوند آب را یک درجه فارنهایت بالا ببرد.
یک cal مقدار انرژی مورد نیاز است تا دمای یک گرم آب را یک درجه سانتی گراد بالا ببرد. 1J مقدار کاری است که توسط نیروی یک نیوتن انجام می‌شود، هرگاه نقطه اثر آن به اندازه یک متر در راستای اثر نیرو، جابه‌جا شود.

مثال ۱: محاسبه نمائید یک BTU انرژی، معادل چند کاری است؟

$$1 \text{ BTU} = 1 \text{ lb} \times 1^{\circ}F = 450 \text{ g} \times (0.55^{\circ}C) \cong 248 \text{ Cal}$$

مثال ۲: محاسبه نمائید توان یک J/s برابر چند کیلوکالری بر ساعت است؟

$$\frac{1 \text{ J}}{\text{S}} = 1 \times \frac{1}{4/18} \frac{\text{Cal}}{\text{hr}} = 86 \frac{\text{Cal}}{\text{hr}} = 0/86 \frac{\text{kCal}}{\text{hr}}$$

مثال ۳: محاسبه نمائید چگالی 1000 kg/m^3 برابر چند lb/in^3 است؟

$$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1000 \times \frac{2/2 \text{ lb}}{(39/37 \text{ in})^3} = 1000 \times 3/6 \times 10^{-5} \frac{\text{lb}}{\text{in}^3} = 0/036 \frac{\text{lb}}{\text{in}^3}$$

مثال ۴: توان یک BTU/hr برابر چند W است؟

$$\frac{1 \text{ BTU}}{\text{hr}} = 1 \times \frac{1055 \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 0/293 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 0/293 \text{ W}$$

یک TR ، برابر چند کیلو وات است؟

نکته در سنجش توان تجهیزات سرمایشی، معمولاً از واحد تن تبرید (TR) استفاده می‌شود. یک تن تبرید برابر 12000 BTU/hr است.

$$1 \text{ TR} = 12000 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} = 12000 \times \frac{1055 \text{ J}}{3600 \text{ s}} = 3516/67 \text{ W} = 3/52 \text{ kW}$$

مثال ۶: جریان حجمی 100 L/s برابر چند CFM است؟

$$100 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 100 \times \frac{0/001 \text{ m}^3}{\text{s}} = 100 \times \frac{0/001 (3/28 \text{ ft})^3}{\left(\frac{1}{60} \text{ Min}\right)} \cong 211/72 \text{ CFM}$$

در انتهای کتاب جدول تبدیل واحد بطور کامل با جزئیات آمده است.

جدول تبدیل واحد ASHRAE

تبدیل واحد مساحت	متر مربع	اینچ مربع	فوت مربع	سانتیمتر مربع	میلیمتر مربع
متر مربع	۱	۱۵۵۰	۱۰/۷۶	۱۰۰۰۰	۱۰ ^۶
اینچ مربع	$6/452 \times 10^{-3}$	۱	$6/94 \times 10^{-3}$	۶/۴۵۲	۶۴۵/۲
فوت مربع	۰/۰۹۲۹	۱۴۴	۱	۹۲۹	۹۲/۹۰۳
سانتیمتر مربع	۰/۰۰۰۱	۰/۱۵۵	۰/۰۰۱	۱	۱۰۰
میلیمتر مربع	۱۰ ^{-۶}	۰/۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۱	۱

تبدیل واحد طول	متر	سانتیمتر	میلیمتر	میکرومتر یا میکرون	انگستروم	اینچ	فوت
متر	۱	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰ ^۶	۱۰ ^{۱۰}	۳۹/۳۷	۳/۲۸
سانتیمتر	۰/۰۱	۱	۱۰	۱۰ ^۴	۱۰ ^۸	۰/۳۹۴	۰/۰۳۲۸
میلیمتر	۰/۰۰۱	۰/۱	۱	۱۰ ^۳	۱۰ ^۷	۰/۰۳۹۴	۰/۰۰۳۲۸
میکرون	۱۰ ^{-۶}	۱۰ ^{-۴}	۱۰ ^{-۳}	۱	۱۰ ^۴	$3/94 \times 10^{-5}$	$3/28 \times 10^{-8}$
انگستروم	۱۰ ^{-۱۰}	۱۰ ^{-۸}	۱۰ ^{-۷}	۱۰ ^{-۴}	۱	$3/94 \times 10^{-9}$	$3/28 \times 10^{-1}$
اینچ	۰/۰۲۵۴	۲/۵۴۰	۲۵/۴۰	$2/54 \times 10^4$	$2/54 \times 10^8$	۱	۰/۰۸۳۳
فوت	۰/۳۰۵	۳۰/۴۸	۳۰۴/۸	۳۰۴۸۰۰	$3/048 \times 10^9$	۱۲	۱

تبدیل واحد چگالی	پوند بر فوت مکعب	پوند بر گالن	گرم بر سانتیمتر مکعب	کیلوگرم بر متر مکعب
پوند بر فوت مکعب	۱	۰/۱۳۳۶۸۰	۰/۰۱۶۰۱۸	۱۶/۰۱۸۴۳۶
پوند بر گالن	۷/۴۸۰۵۵	۱	۰/۱۱۹۸۲۷	۱۱۹/۸۲۷
گرم بر سانتیمتر مکعب	۶۲/۴۲۸۰	۸/۳۴۵۳۸	۱	۱۰۰۰
کیلوگرم بر متر مکعب	۰/۰۶۲۴۲۸۰	۰/۰۰۸۳۴۵	۰/۰۰۱	۱

۲/۲۸ میلیگرم بر متر مکعب = ۱ گرین بر فوت مکعب

تبدیل واحد حجم	اینچ مکعب	فوت مکعب	گالن امریکایی	لیتر	متر مکعب
اینچ مکعب	۱	$۵/۷۸۷ \times ۱۰^{-۴}$	$۴/۳۲۹ \times ۱۰^{-۳}$	۰/۰۱۶۳۸۷۱	$۱/۶۳۸۷۱ \times ۱۰^{-۵}$
فوت مکعب	۱۷۲۸	۱	۷/۴۸۰۵۲	۲۸/۳۱۷	۰/۰۲۸۳۱۷
گالن امریکایی	۲۳۱/۰	۰/۱۳۳۶۸	۱	۳/۷۸۵۴	۰/۰۰۳۷۸۵۴
لیتر	۶۱/۰۲۳۷۴	۰/۰۳۵۳۱۵	۰/۲۶۴۱۷۳	۱	۰/۰۰۱
متر مکعب	$۶/۱۰۲۳۷۴ \times ۱۰^{-۴}$	۳۵/۳۱۵	۲۶۴/۱۷۳	۱۰۰۰	۱

تبدیل واحد نیرو	دین	نیوتن	کیلوگرم نیرو	پوند نیرو
دین	۱	$۱۰^{-۵}$	$۱/۰۲ \times ۱۰^{-۴}$	$۲/۲۴۸ \times ۱۰^{-۴}$
نیوتن	$۱۰^{-۵}$	۱	۰/۱۰۲۰	۰/۲۲۴۸
کیلوگرم نیرو	$۹/۸۰۷ \times ۱۰^{-۵}$	۹/۸۰۷	۱	۲/۲۰۵
پوند نیرو	$۴/۴۴۸ \times ۱۰^{-۵}$	۴/۴۴۸	۰/۴۵۳۶	۱

تبدیل واحد دما	کلوین	درجه سانتیگراد	درجه رانکین	درجه فارنهایت
$\chi \text{ K} =$	χ	$\chi - ۲۷۳/۱۵$	$۱/۸\chi$	$۱/۸\chi - ۴۵۹/۶۷$
$\chi^\circ\text{C} =$	$\chi + ۲۷۳/۱۵$	χ	$۱/۸\chi + ۴۹۱/۶۷$	$۱/۸\chi + ۳۲$
$\chi^\circ\text{R} =$	$\frac{\chi}{۱/۸}$	$\frac{(\chi - ۴۹۱/۶۷)}{۱/۸}$	χ	$\chi - ۴۵۹/۶۷$
$\chi^\circ\text{F} =$	$\frac{(\chi + ۴۵۹/۶۷)}{۱/۸}$	$\frac{(\chi - ۳۲)}{۱/۸}$	$\chi + ۴۵۹/۶۷$	χ

تبدیل واحد سرعت	سانتیمتر در ثانیه	متر در ثانیه	کیلومتر در ساعت	فوت در ثانیه	فوت در دقیقه	مایل در ساعت
سانتیمتر در ثانیه	۱	۰/۰۱	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲۸	۱/۹۶۸	۰/۰۲۲۳۷
متر در ثانیه	۱۰۰	۱	۳/۶	۳/۲۸۱	۱۹۶/۸۵	۲/۲۳۷
کیلومتر در ساعت	۲۷/۷۸	۰/۲۷۷۸	۱	۰/۹۱۱۳	۵۴/۶۸	۰/۶۲۱۴
فوت در ثانیه	۳۰/۴۸	۰/۳۰۴۸	۱۸/۲۹	۱	۶۰	۰/۶۸۱۸
فوت در دقیقه	۰/۵۰۸۰	۰/۰۰۵۰۸	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۶۶	۱	۰/۰۱۱۳۶
مایل در ساعت	۴۴/۷۰	۰/۴۴۷۰	۱/۶۰۹	۱/۴۶۷	۸۸	۱

تبدیل واحد فشار	پوند بر اینچ مربع	اتمسفر	اینچ جیوه	میلیمتر جیوه	کیلوپاسکال	فوت ستون آب	اینچ ستون آب	پوند بر فوت مربع
پوند بر اینچ مربع	۱	۰/۰۶۸	۲/۰۳۶	۵۱/۷۱	۶/۸۹۵	۲/۳۰۹	۲۷/۷۱	۱۴۴
اتمسفر	۱۴/۶۹۶	۱	۲۹/۹۲	۷۶۰	۱۰/۱۳۲	۳۳/۹۳	۴۰۷/۲	۲۱۱۶
اینچ جیوه	۰/۴۹۱۲	۰/۰۳۳	۱	۲۵/۴۰	۳/۳۸۶	۱/۱۳۴	۱۳/۶۱	۷۰/۷۳
میلیمتر جیوه	۰/۰۱۹۳۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۳۹	۱	۰/۱۳۳۳	۰/۰۴۴۶۴	۰/۵۳۵۷	۲/۷۸۵
کیلوپاسکال	۰/۱۴۵۰	$۹/۸۷ \times ۱۰^{-۳}$	۰/۲۹۵۳	۷/۵۰۲	۱	۰/۳۴۶۰	۴/۰۱۹	۲۰/۸۹
فوت ستون آب	۰/۴۳۳۲	۰/۰۲۹۴	۰/۸۸۱۹	۲۲/۴۰	۲/۹۸۹	۱	۱۲	۶۲/۳۷
اینچ ستون آب	۰/۰۳۶۰۹	۰/۰۰۲۴	۰/۰۷۳	۱/۸۶۷	۰/۲۴۸۸	۰/۰۸۳۳	۱	۵/۱۹۷
پوند بر فوت مربع	۰/۰۰۶۹	$۴/۷۲ \times ۱۰^{-۴}$	۰/۰۱۴	۰/۳۵۹	۰/۰۴۷۸۸	۰/۰۱۶	۰/۱۹۳	۱

فصل دوم

سایکرومتریک

(۱-۲) هوا

هوا مخلوطی از گازهای مختلف و بخار آب است. هوای بدون بخار آب را هوای خشک و با بخار آب را هوای مرطوب می‌گویند.
۱- هوای خشک: هوای خشک، مخلوطی است از گازهای مختلف مانند ازت، اکسیژن، آرگون، دی‌اکسیدکربن، هیدروژن و گازهای دیگر (مانند متان، دی‌اکسیدگوگرد، کریپتون و غیره). نسبت این گازها در نقاط مختلف از جمله شهرها و ارتفاعات مختلف نیز متفاوت است. هوای خشک اصطلاحاً قسمت ثابت هوا محسوب می‌شود.

۲- هوای مرطوب: علاوه بر گازهای ذکر شده در هوای خشک، هوا دارای مقداری بخار آب است که تماماً بنام هوای مرطوب شناخته شده است. مقدار بخار آب موجود در هوا از صفر تا حد اشباع (حدی است که هوا بالاترین میزان رطوبت را دارد) تغییر می‌کند. هر اندازه فشار در یک دمای ثابت کمتر باشد و یا دما بالاتر باشد، فاصله مولکول‌های هوا بیشتر می‌شود، لذا قابلیت جذب رطوبت آن بیشتر می‌گردد.

(۲-۲) روابط حاکم بر هوای خشک و مرطوب

قوانین و روابط کاربردی حاکم بر هوای خشک و مرطوب بصورت زیر می‌باشند.

$$P.V = n.R.T$$

معادله گازهای کامل

که در این رابطه P فشار (پاسکال)، V حجم (متر مکعب)، n تعداد مول‌ها، \bar{R} ثابت جهانی گازهای کامل و T دمای مطلق (کلوین) است. توجه داشته باشید که معادله فوق را نیز می‌توان بصورت ذیل به فرم حجم مخصوص و جرم مخصوص نوشت:

$$P = \frac{m}{V} R.T \Rightarrow P = \rho R.T$$

فرم جرم مخصوص

$$P \times \frac{V}{m} = R.T \Rightarrow P v = RT$$

فرم حجم مخصوص

که در روابط بالا R ثابت گاز است و از نسبت ثابت جهانی گازها به جرم مولکولی گاز بدست می‌آید. مقدار ثابت گاز برای هوای خشک و بخار آب به صورت زیر است:

$$R_a = \frac{\bar{R}}{M_a} = \frac{8314}{29} = 287 \frac{J}{kg \cdot K}$$

ثابت گاز برای هوای خشک

$$R_v = \frac{\bar{R}}{M_{H_2O}} = \frac{8314}{18} = 461 \frac{J}{kg \cdot K}$$

ثابت گاز برای بخار آب

معادلات گازهای کامل برای هوای مرطوب را به شرطی می‌توان استفاده کرد که قانون گیبس - دالتون رعایت شود. طبق این قانون، فشار هوای مرطوب (فشار بارومتریک یا فشار هوای محیط) برابر است با مجموع فشارهای جزئی هوای خشک و فشار جزئی بخار آب موجود در هوا یعنی:

$$P = P_a + P_v$$

با داشتن مشخصات هوای خشک و بخار آب، مشخصات هوای مرطوب بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\rho = \rho_a + \rho_v \quad \text{جرم مخصوص} \quad m = m_a + m_v \quad \text{جرم}$$

هوای استاندارد: دمای محیط ← 21 °C فشار محیط ← 101325 pa چگالی هوا ← $\rho = 1/2 \text{ kg}/\text{m}^3$

(۳-۲) مشخصات هوا

منظور از مشخصات هوا، خواص هوای مرطوب می‌باشد. برای پی بردن به وضعیت یک نمونه هوا و مشخص کردن آن، هفت مشخصه مهم آن باید تعیین شوند. که البته با تعیین دو مشخصه از این موارد بقیه مشخصات قابل استخراج می‌باشند. از این هفت مشخصه، سه مشخصه دمای خشک، دمای مرطوب و دمای نقطه شبنم قابل اندازه‌گیری و بقیه (رطوبت مخصوص، درجه رطوبت، حجم مخصوص، آنتالپی و غیره...) غیرقابل اندازه‌گیری هستند و باید با استفاده از روابط حاکم محاسبه شوند.

میزان رطوبت موجود در هوای یک فضا تاثیر زیادی بر راحتی ساکنین دارد. به همین دلیل در تهویه مطبوع مسئله میزان رطوبت و لذا اعمال رطوبت زنی و در نتیجه ساخت دستگاه‌های رطوبت زن و رطوبت گیر و غیره مطرح می‌گردد. مفاهیمی که در ارتباط با رطوبت مطرح می‌شوند عبارتند از رطوبت مطلق، رطوبت مخصوص، درجه اشباع و رطوبت نسبی که در زیر به تعریف هر یک از این مفاهیم پرداخته می‌شود.

مهم‌ترین مشخصات هوا عبارتند از: ۱- دمای خشک، ۲- دمای مرطوب، ۳- نقطه شبنم، ۴- رطوبت، ۵- آنتالپی، ۶- انحراف آنتالپی و ۷- حجم مخصوص که در ادامه هر کدام از آن‌ها شرح داده شده است.

۲-۳-۱ درجه حرارت خشک هوا (T_{db})

دمای خشک همان دمای حقیقی هوا می‌باشد. به عبارت دیگر درجه حرارت هوای مخلوط با بخار آب که هیچگونه رطوبت و تشعشع حرارتی اضافه روی آن تاثیر نداشته باشد و با استفاده از دماسنج قابل اندازه‌گیری است.

۲-۳-۲ درجه حرارت هوای مرطوب (T_{wb})

هرگاه مخزن دماسنج معمولی با پنبه یا پارچه‌ای مرطوب پوشانده شود و مدتی در مقابل جریان هوا ننگه داشته شود و مرتباً توسط قطره‌چکان، پارچه یا پنبه مرطوب شود طوری که خیس باقی بماند، ملاحظه می‌شود سطح جیوه در دماسنج پایین آمده و در یک ارتفاع و درجه معینی متوقف می‌گردد. دمای خوانده شده، درجه حرارت مرطوب هوا است که در مقایسه با دمای خشک همیشه از آن کوچکتر می‌باشد.

توجه شود که این فرایند آدیاباتیک است یعنی هیچگونه گرمایی از منبع خارجی به آنها داده نمی‌شود و اتلاف تشعشعی نیز ناچیز و قابل صرف نظر می‌باشد. اندازه‌گیری دمای مرطوب عملاً با چرخاندن دماسنج مرطوب در سرعت معینی در هوا یا دمیدن مصنوعی هوا بر دماسنج انجام می‌گیرد. بعلاوه بر خوردن هوا روی پنبه مرطوب، آب آن تبخیر شده (گرمای لازم برای تبخیر آب از دماسنج گرفته می‌شود لذا دمای آن پایین می‌آید) و دائماً درصد رطوبت هوای مجاور مخزن اضافه می‌گردد و این عمل تا جایی ادامه پیدا می‌کند که فیلم هوای اطراف مخزن به حد اشباع برسد. در این وضع دیگر تبخیر صورت نگرفته و دمای مخزن جیوه بیشتر از این حد پائین نمی‌رود. دمای هوای مرطوب را می‌توان بطور تقریبی از رابطه زیر با داشتن دمای خشک و رطوبت نسبی محاسبه کرد.

$$WBT = DBT - (1 - RH) \left(\frac{4}{5} + 0.35 DBT \right)$$

که در این رابطه $WBT = T_{wb}$ دمای مرطوب ($^{\circ}C$)، 736 mmHg دمای خشک هوا ($^{\circ}C$) و RH درصد رطوبت نسبی می‌باشد. لازم به ذکر است فرم نوشتاری فوق در برخی کتب موجود می‌باشد که برای آشنایی بیشتر آمده است. همچنین فرمول فوق به صورت زیر نیز نوشته می‌شود.

$$T_{wb} = T_{db} - (1 - RH) \left(\frac{4}{5} + 0.35 T_{db} \right)$$

به اختلاف بین دمای خشک و دمای مرطوب هوا، افت دمای مرطوب هوا^۱ گفته می‌شود. بنابراین:

$$WBD = DBT - WBT$$

که در این رابطه WBD افت دمای مرطوب ($^{\circ}C$)، DBT و WBT به ترتیب دمای خشک و دمای مرطوب هوا ($^{\circ}C$) می‌باشد.

نکته هرچه میزان افت دمای مرطوب بیشتر باشد سیستم سرمایش تبخیری بهتر جواب می‌دهد.

۲-۳-۳ دمای نقطه شبنم هوا (T_{dp})

اگر هوای مرطوب غیراشباعی را بدون افزایش و یا کاهش رطوبت آن در فشار ثابت سرد کنیم (دما را کاهش دهیم) در یک دمای معین، رطوبت موجود در هوا شروع به تشکیل قطرات ریز آب (عرق) می‌نماید. این دما را دمای نقطه شبنم می‌گویند، در این حالت