ISIRI

10635

1st. edition

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran

استاندارد ملی ایران

۱۰۶۳۵

چاپ اول

برج‌های خنک‌کن تر مشخصات فنی و روش آزمون تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالمعل برچسب انرژی

Wet cooling towers Technical specifications and test method for energy consumption and energy labeling instruction

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
دفتر مرکزی: تهران، خیابان ولیعصر، ضلع جنوبی میدان ونک، پلاک ۱۲۹۴، صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵
تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱
دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و۸۸۸۸۷۱۰۳
کرج، شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵
تلفن: ۸- ۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶۱)
دورنگار: ۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶۱)
پیام نگار: standard@isiri.org.ir
وب‌گاه: www.isiri.org
بخش فروش: تلفن: ۲۸۱۸۹۸۹ (۰۲۶۱)، دورنگار: ۲۸۱۸۷۸۷ (۰۲۶۱)
بها: ۳۲۵۰ ریال

Institute of Standards and Industrial Research of IRAN
Central Office: No.1294 Valiaser Ave. Vanak corner, Tehran, Iran
P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran
Tel: +98 (21) 88879461-5
Fax: +98 (21) 88887080, 88887103
Headquarters: Standard Square, Karaj, Iran
P.O. Box: 31585-163
Tel: +98 (261) 2806031-8
Fax: +98 (261) 2808114
Email: standard @ isiri.org.ir
Website: www.isiri.org
Sales Dep.: Tel: +98 (261) 2818989, Fax: +98 (261) 2818787
Price: 3250 Rls.

به نام خدا

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند ۱ ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. مؤسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

---

* موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

1 *International organization for Standardization*
2 *International Electro technical Commission*
3 *International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)*
4 *Contact point*
5 *Codex Alimentation Commission*

کمیسیون فنی تدوین استاندارد « برج‌های خنک کن تر
مشخصات فنی و روش آزمون تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالمعل برچسب انرژی »

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
احمدیان، محمد (دکترای مهندسی برق)	وزارت نیرو- معاون امور برق و انرژی وزارت نیرو
دبیر:	
عفت نژاد، رضا (دکترای مهندسی برق)	وزارت نیرو - معاونت امور برق و انرژی
اعضاء:	
احمدی زاده، عبدالامیر (لیسانس مهندسی برق)	وزارت نیرو- شرکت توانیر
بردبار، زهرا (لیسانس مهندسی صنایع)	سازمان بهینه سازی مصرف سوخت
زمانی نژاد، محبوبه (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	وزارت نیرو- پژوهشگاه نیرو
سبحانی، بابک (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	سازمان بهینه سازی مصرف سوخت
سجادی، بهرنگ (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	دانشگاه صنعتی شریف
سعیدی، محمد حسن (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه صنعتی شریف
شانه ساز، ابوالقاسم (لیسانس مهندسی مکانیک)	وزارت صنایع و معادن

عدالتی، ابولفضل (فوق لیسانس محیط زیست)	سازمان حفاظت از محیط زیست
قاسمی، غلامرضا (لیسانس مهندسی مکانیک)	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
قزلباش، پریچهر (لیسانس فیزیک کاربردی)	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
محمد صالحیان پیرمرد، عباس (لیسانس مهندسی مکانیک)	وزارت نیرو
مکاری زاده، وهاب (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	وزارت نیرو- پژوهشگاه نیرو
نظری، علی اصغر (لیسانس مهندسی مکانیک)	دانشگاه صنعتی شریف

پیش گفتار

استاندارد "برج‌های خنک کن تر- مشخصات فنی و روش آزمون تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی" که توسط دانشگاه صنعتی شریف تهیه و تدوین شده و در کمیته تصویب معیارهای مصرف انرژی وزارت نیرو مورخ ۱۳۸۷/۲/۱۵، مطابق مواد قانونی بند (الف) ماده ۱۲۱ قانون برنامه توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران و مصوبات یکصد و دومین شورای عالی استاندارد مورخ ۸۱/۳/۵ به تصویب رسیده است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منابع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

۱. سعیدی، محمد حسن و همکاران، گزارش پروژه "تدوین استاندارد مصرف و برچسب انرژی برج‌های خنک‌کن تا ۸۰۰ تن"، وزارت نیرو، ۱۳۸۷.

مقدمه

محدودیت منابع فسیلی، رشد بالای مصرف سالانه انواع انرژی در ایران، عدم کارائی فنی و اقتصادی مصرف انرژی و هدر رفتن قریب به یک سوم از کل انرژی در فرآیندهای مصرف و مشکلات فزاینده زیست محیطی ناشی از آن، ضرورت مدیریت مصرف انرژی و بالا بردن بازده و بهره‌وری انرژی را بیش از پیش آشکار ساخته است.

در این راستا بر طبق ماده ۱۲۱ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، دولت موظف است به منظور اعمال صرفه‌جوئی، منطقی کردن مصرف انرژی و حفاظت از محیط زیست نسبت به تهیه و تدوین معیارها و مشخصات فنی مرتبط با مصرف انرژی در تجهیزات، فرایندها و سیستم‌های مصرف کننده انرژی، اقدام نماید، به ترتیبی که کلیه مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان و واردکنندگان این تجهیزات، فرایندها و سیستم‌ها ملزم به رعایت این مشخصات و معیارها باشند. معیارهای مذکور توسط کمیته‌ای متشکل از نمایندگان وزارت نیرو، وزارت نفت، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، سازمان حفاظت محیط زیست و وزارتخانه صنعتی ذیربط تدوین می‌شود.

همچنین بر اساس مصوبات یکصدمین شورای عالی استاندارد مورخ ۸۱/۳/۵ پس از تصویب استانداردهای مربوطه در کمیته مزبور، این استانداردها بر طبق آیین نامه اجرائی قانون فوق الذکر همانند استانداردهای اجباری توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران اجرا خواهد شد. این استاندارد، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون مربوط به معیار مصرف انرژی و دستورالعمل بر چسب انرژی را برای برج‌های خنک کن ارائه می‌کند.

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	و
مقدمه	ز
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۱
۴ نماها و یکاها	۳
۵ الزامات آزمون	۳
۶ شرایط عمومی آزمون	۳
۷ روش آزمون	۳
۸ روش محاسبه و دستورالعمل برچسب انرژی	۴
پیوست الف روش‌های آزمون ظرفیت برودتی	۱۱
پیوست ب روش آزمون فرار قطرات	۲۵

برج‌های خنک کن تر
مشخصات فنی و روش آزمون تعیین معیار مصرف انرژی
و دستورالمعل برچسب انرژی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش اندازه‌گیری مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی برج‌های خنک کن تر می‌باشد.

این استاندارد برای برج‌های جریان مکانیکی تا ظرفیت برودتی ۸۰۰ تن[۱] قابل استفاده بوده و برای برج‌های جریان طبیعی کاربرد ندارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۱۴، سال ۱۳۷۷: برج‌های خنک کن آب (از نوع تر) روش‌های آزمون عملکرد

2-2 JIS B8609, 1981
3-3 BS EN 13741, 2003.
4-4 BS 4485, part 2, 1988.
5-5 CTI ATC105, 2000.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد واژه‌ها و اصطلاحات با تعاریف زیر علاوه بر اصطلاحات و واژه های تعریف شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۱۴ به کار می‌روند.

۳-۱ شرایط طراحی استاندارد

شرایطی که دمای آب ورودی ۳۷ درجه سلسیوس، دمای آب خروجی ۳۲ درجه سلسیوس و دمای حباب مرطوب هوای ورودی ۲۷ درجه سلسیوس باشد.

---

۱ - هر تن برودتی برای برج‌های خنک کن برابر ۴/۴ کیلووات است.

۲-۳ ظرفیت برودتی طراحی استاندارد

عبارت است از ظرفیت برودتی در دمای طراحی استاندارد و گذر آب طراحی.

۳-۳ ظرفیت برودتی استاندارد

عبارت است از ظرفیت برودتی به دست آمده با استفاده از روش ۱ یا ۲ آزمون ظرفیت برودتی

۴-۳ نمودار عملکرد

نموداری است که خصوصیات گرمایی دستگاه نمونه یا برج طراحی شده‌ای نظیر دستگاه نمونه را نشان دهد.

۵-۳ دامنه دمای آب[1]

عبارت است از اختلاف دمای آب ورودی و خروجی که به اختصار دامنه نامیده می‌شود.

۶-۳ رسش[2]

عبارت است از اختلاف دمای آب خروجی از برج و درجه حرارت حباب مرطوب هوای محیط.

۷-۳ سرعت جرمی آب

عبارت است از مقدار گذر جرمی آب تقسیم بر مساحت جبهه عمود بر جریان آب.

۸-۳ سرعت جرمی هوا

عبارت است از مقدار گذر جرمی هوا تقسیم بر مساحت جبهه عمود بر جریان هوا.

۹-۳ دستگاه نمونه

برج خنک کن مورد استفاده برای آزمون عملکرد.

۱۰-۳ برج خنک کن جریان متقابل[3]

نوعی برج خنک کن که در آن هوا در جهت مقابل با آب جریان می‌یابد.

۱۱-۳ برج خنک کن جریان متقاطع[4]

نوعی برج خنک کن که در آن هوا در جهت عمود بر آب جریان می‌یابد.

۱۲-۳ شرایط پایا

شرایطی است که در آن هنگام اندازه‌گیری مقادیر دستگاه نمونه، مقادیر با زمان به تعادل رسیده باشند.

۱۳-۳ فاکتور فرار قطرات آب، r

عبارت است از مقدار قطرات آبی که همراه با هوای خروجی فرار می‌کند به علاوه مقدار آبی که از روی دمپرهای هوا به بیرون پاشیده می‌شود.

۱۴-۳ شاخص بازده انرژی، I

عبارت است از نسبت ظرفیت برودتی استاندارد طراحی دستگاه نمونه به توان ورودی موتور فن ضربدر فاکتور فرار قطرات آب که به صورت زیر تعریف می شود:

$$I = \frac{W_{ref}}{W_{fan}} \times r \qquad (۱)$$

1- Range
2- Approach
3- Counter Flow Cooling Tower
4- Cross Flow Cooling Tower

۴ نمادها و یکاها

شاخص بازده انرژی	I
ظرفیت برودتی استاندارد طراحی دستگاه نمونه (kW)	W_{ref}
توان ورودی موتور فن دستگاه نمونه (kW)	W_{fan}
فاکتور فرار قطرات (٪)	r

۵ الزامات آزمون

دقت وسایل مورد استفاده جهت اندازه‌گیری متغیرهای ترمودینامیکی و الکتریکی آزمون باید به ترتیب مطابق جداول ۱ و ۲ باشد.

جدول۱ دقت وسایل مورد استفاده جهت اندازه‌گیری متغیرهای ترمودینامیکی آزمون

متغیر مورد نظر	دمای مرطوب محیط (هوای ورودی به برج)	دمای خشک محیط (هوای ورودی به برج)	دمای خشک هوای خروجی از برج	رطوبت نسبی هوای خروجی از برج
دقت	±۰/۱	±۰/۱	±۰/۱	±٪۵

جدول۲ دقت وسایل مورد استفاده جهت اندازه‌گیری متغیرهای الکتریکی آزمون

متغیر مورد نظر	شدت جریان	ولتاژ	گذر حجمی هوا	گذر حجمی آب
دقت	±٪۱	±٪۱	±٪۱۰	±٪۲

۶ شرایط عمومی آزمون

شرایط عمومی آزمون به صورت زیر می‌باشد:

۶-۱ گذر آب ورودی، دمای آب ورودی، دمای حباب مرطوب هوای ورودی و رطوبت نسبی هوای ورودی طبق شرایط ذکر شده در جدول ۳ است.

۶-۲ دامنه مجاز تغییرات ولتاژ و فرکانس جریان ٪۲± مقادیر تعیین شده است.

۷ روش آزمون

۷-۱ آزمون ظرفیت برودتی

ظرفیت برودتی دستگاه نمونه تحت شرایط ذکر شده در جدول ۳ و مطابق روش‌های آزمون پیوست الف انجام می‌شود.

جدول۳ دقت شرایط عمومی آزمون

نوع آزمون	گذر آب ورودی	دمای آب ورودی	دمای حباب مرطوب هوای ورودی	رطوبت نسبی هوای ورودی
آزمون ظرفیت برودتی روش۱	گذر آب طراحی	دمای استاندارد طراحی ± ۲ °C	۱۰ تا ۳۰ °C	-
آزمون ظرفیت برودتی روش۲	گذر آب طراحی ٪۱۰+ و ٪۲۰-	دمای استاندارد طراحی ± ۲ °C	۱۰ تا ۳۰ °C	-
آزمون فرار قطرات	گذر آب طراحی ٪۱۰+ و ٪۰-	-	-	میانگین ۷۰ ٪

۷-۲ آزمون فرار قطرات آب

فاکتور فرار قطرات دستگاه نمونه تحت شرایط ذکر شده در جدول ۳ و مطابق روش آزمون پیوست ب به دست می‌آید.

۷-۳ آزمون توان مصرفی

توان مصرفی دستگاه نمونه هنگامی که آزمون ظرفیت برودتی طبق بند ۷-۱ استاندارد در حال انجام است، اندازه‌گیری می‌شود.

۸ روش محاسبه و دستورالعمل برچسب انرژی

برچسب انرژی برج‌های خنک کن تر حاوی اطلاعاتی است که با استفاده از آن مصرف‌کنندگان می‌توانند انواع مختلف برج خنک کن را با توجه به شاخص مصرف انرژی تعیین شده، رده‌های بازده انرژی A تا G، مقایسه نمایند.

۸-۱ روش محاسبه برچسب انرژی

تعیین ظرفیت برودتی و رده بازده انرژی دستگاه نمونه مطابق مراحل زیر صورت می‌گیرد:

۱. اندازه‌گیری ظرفیت برودتی دستگاه نمونه طبق بند ۷-۱ استاندارد

۲. اندازه‌گیری فاکتور فرار قطرات آب دستگاه نمونه طبق بند ۷-۲ استاندارد

۳. اندازه‌گیری توان مصرفی دستگاه نمونه طبق بند ۷-۳ استاندارد

۴. محاسبه شاخص بازده انرژی دستگاه نمونه با استفاده از بند ۳-۱۴ استاندارد

۵. تعیین رده انرژی دستگاه نمونه با استفاده از جداول ۴ و ۵

جدول۴ رده‌بندی انرژی برج‌های خنک کن جریان متقابل

رده برچسب	شاخص مصرف انرژی
A	$I \geq ۴۵۰$
B	$۴۵۰ > I \geq ۳۷۵$
C	$۳۷۵ > I \geq ۲۷۱$
D	$۲۷۱ > I \geq ۱۶۷$
E	$۱۶۷ > I \geq ۱۰۱$
F	$۱۰۱ > I \geq ۷۳$
G	$۷۳ > I \geq ۴۵$

جدول۵ رده‌بندی انرژی برج‌های خنک کن جریان متقاطع

رده برچسب	شاخص مصرف انرژی
A	$I \geq ۳۸۰$
B	$۳۸۰ > I \geq ۳۲۵$
C	$۳۲۵ > I \geq ۲۶۷$
D	$۲۶۷ > I \geq ۲۰۹$
E	$۲۰۹ > I \geq ۱۶۱$
F	$۱۶۱ > I \geq ۱۲۳$
G	$۱۲۳ > I \geq ۸۵$

۸-۲ برچسب انرژی

اطلاعات مندرج در برچسب باید بصورت خوانا و واضح باشد. برچسب انرژی باید هم بر روی دستگاه و هم بر روی بسته‌بندی آن در محلی نصب شود که براحتی قابل رویت باشد.

۸-۲-۱ موارد مندرج در برچسب

مطابق شکل‌های ۱ تا ۴، اطلاعات مندرج در برچسب انرژی شامل موارد زیر است:

۱. نام سازنده
۲. مدل
۳. گروه بازده انرژی
۴. ظرفیت برودتی
۵. حجم آب در گردش
۶. رسش
۷. دامنه
۸. شاخص بازده انرژی

یادآوری ۱- گروه بازده مصرف انرژی توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و بر اساس نتایج آزمون بدست آمده، تعیین و به سازنده اعلام می‌شود.

یادآوری ۲- سازنده موظف است علامت استاندارد انرژی را در صورت اخذ مجوز استفاده از پروانه کاربرد آن بر روی دستگاه نصب نماید.

یادآوری ۳- نام تولیدکننده و مدل باید براساس اطلاعات مندرج در پلاک مشخصات دستگاه بر روی برچسب درج شود.

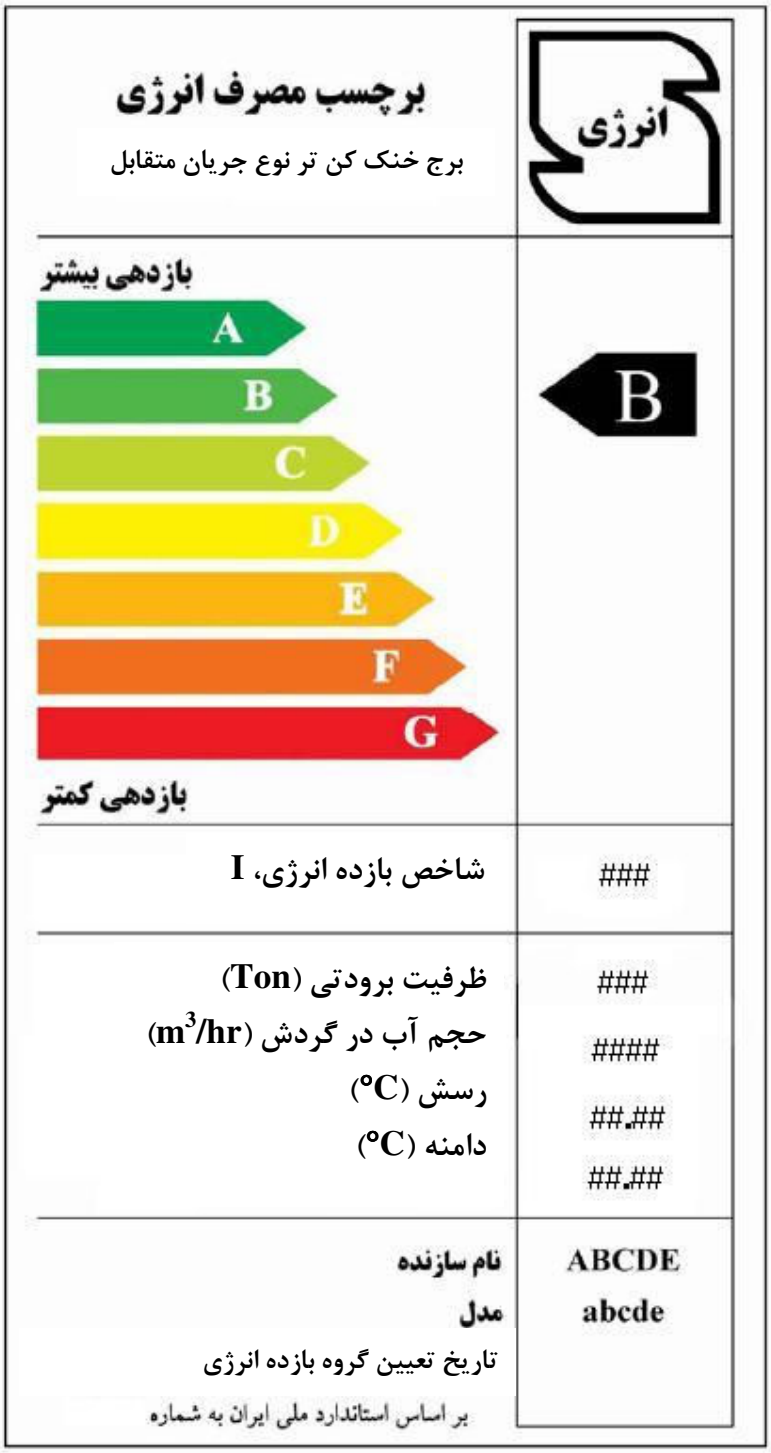
یادآوری ۴- سازنده می‌تواند جهت سهولت در امر چاپ، برچسب را در دو تکه تهیه کند.

یادآوری ۵- توصیه می‌شود تمامی موارد بر چسب انرژی (اعداد و عبارات) به زبان فارسی درج شود.

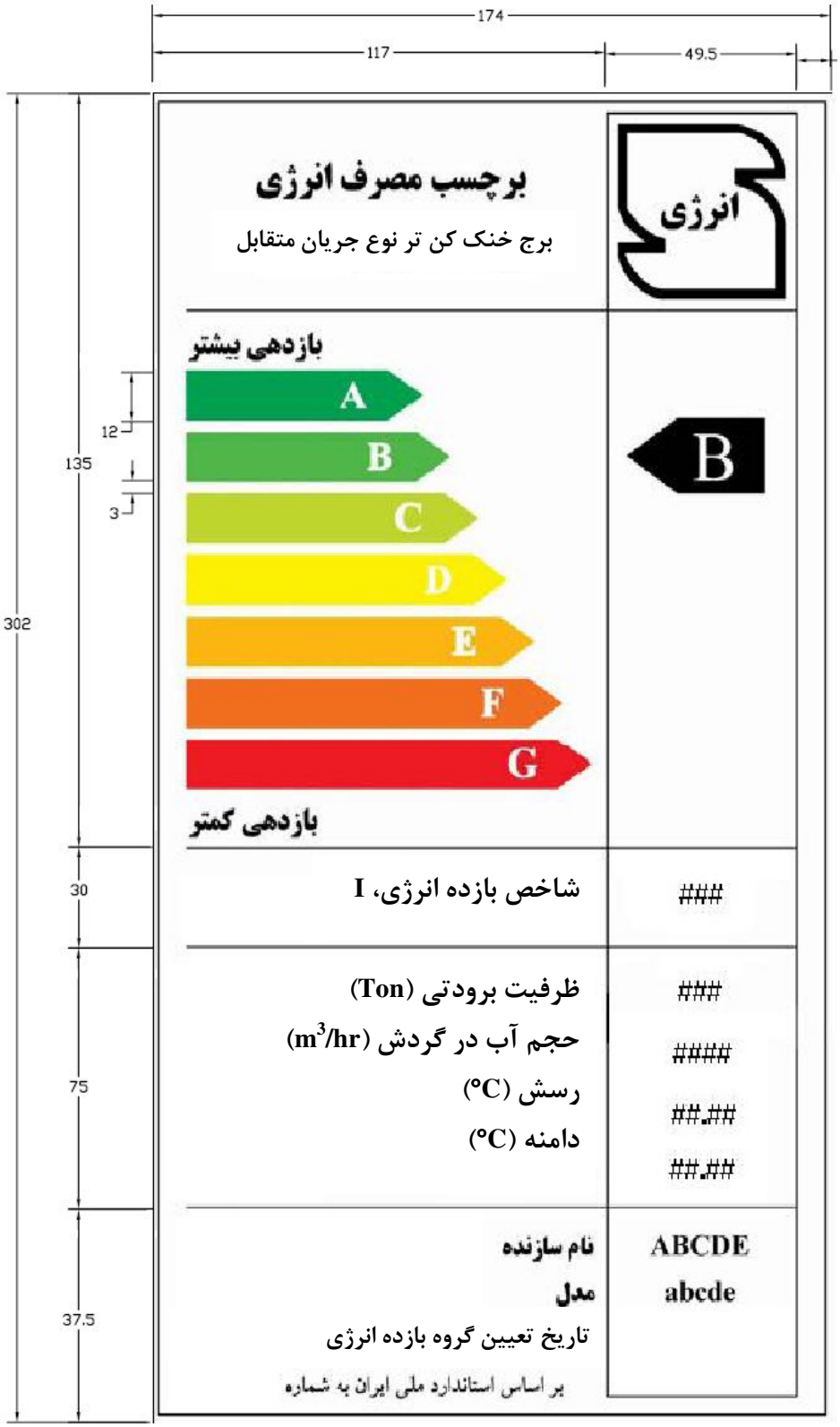
۸-۳ رنگهای مورد استفاده

رنگ‌های مورد استفاده بر روی برچسب بر اساس رنگ‌های اصلی چاپ (روش CMYK) و به رنگ‌های فیروزه‌ای (Cyan)، زرشکی روشن (Magenta)، زرد (Yellow) و سیاه (Black) می‌باشد. با ترکیب درصدهایی از رنگ های فوق شکل کلی برچسب رنگی حاصل می شود. ترکیب قرار گرفتن رنگ ها نیز به صورت CMYK است. به طور مثال 07X0 بیانگر آن است که صفر درصد فیروزه‌ای، ۷۰ درصد زرشکی روشن، ۱۰۰ درصد زرد و صفر درصد سیاه با یکدیگر ترکیب شده‌اند، بر این اساس هر کدام از رده‌ها با کدهای رنگی زیر مشخص می‌شوند:

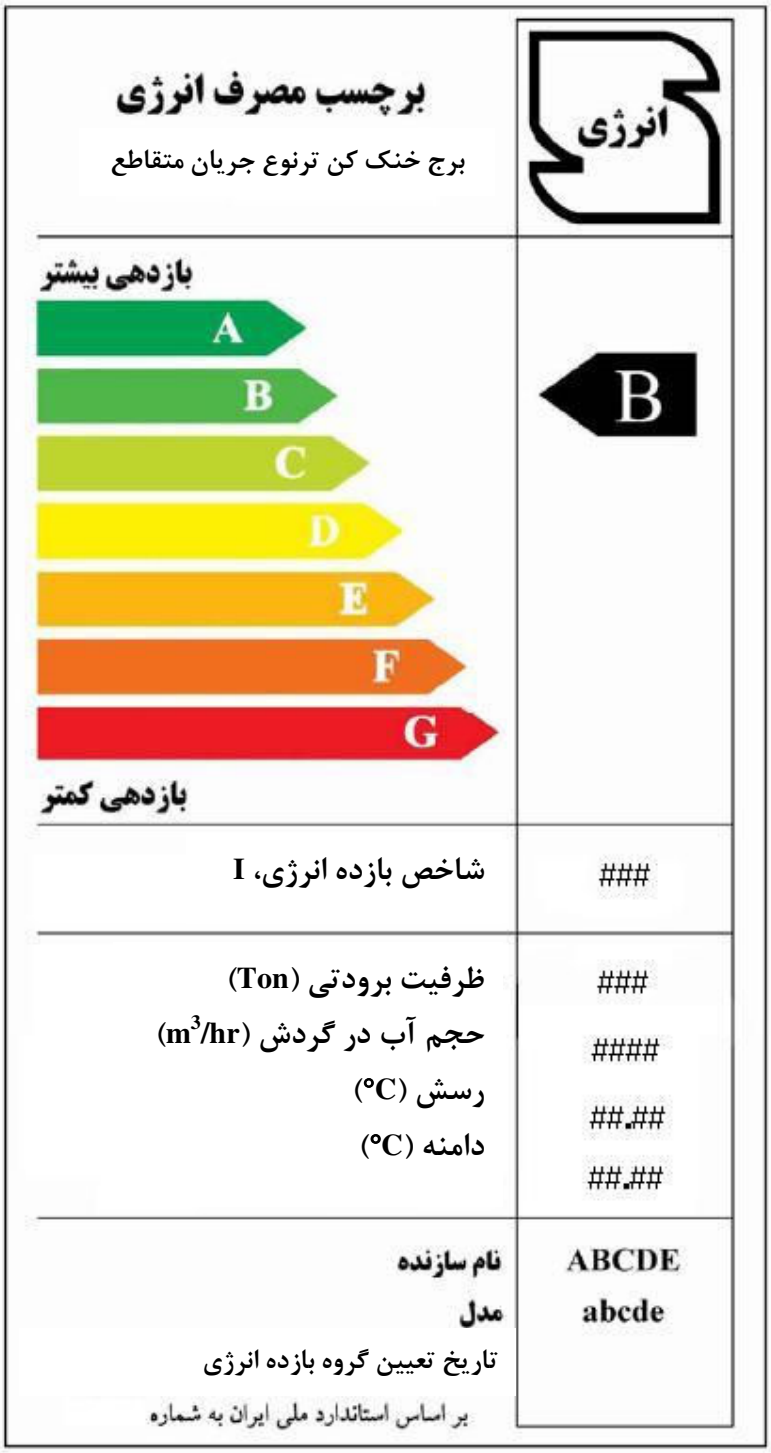
X0X0 **A**
70X0 **B**
30X0 **C**
00X0 **D**
03X0 **E**
07X0 **F**
0XX0 **G**



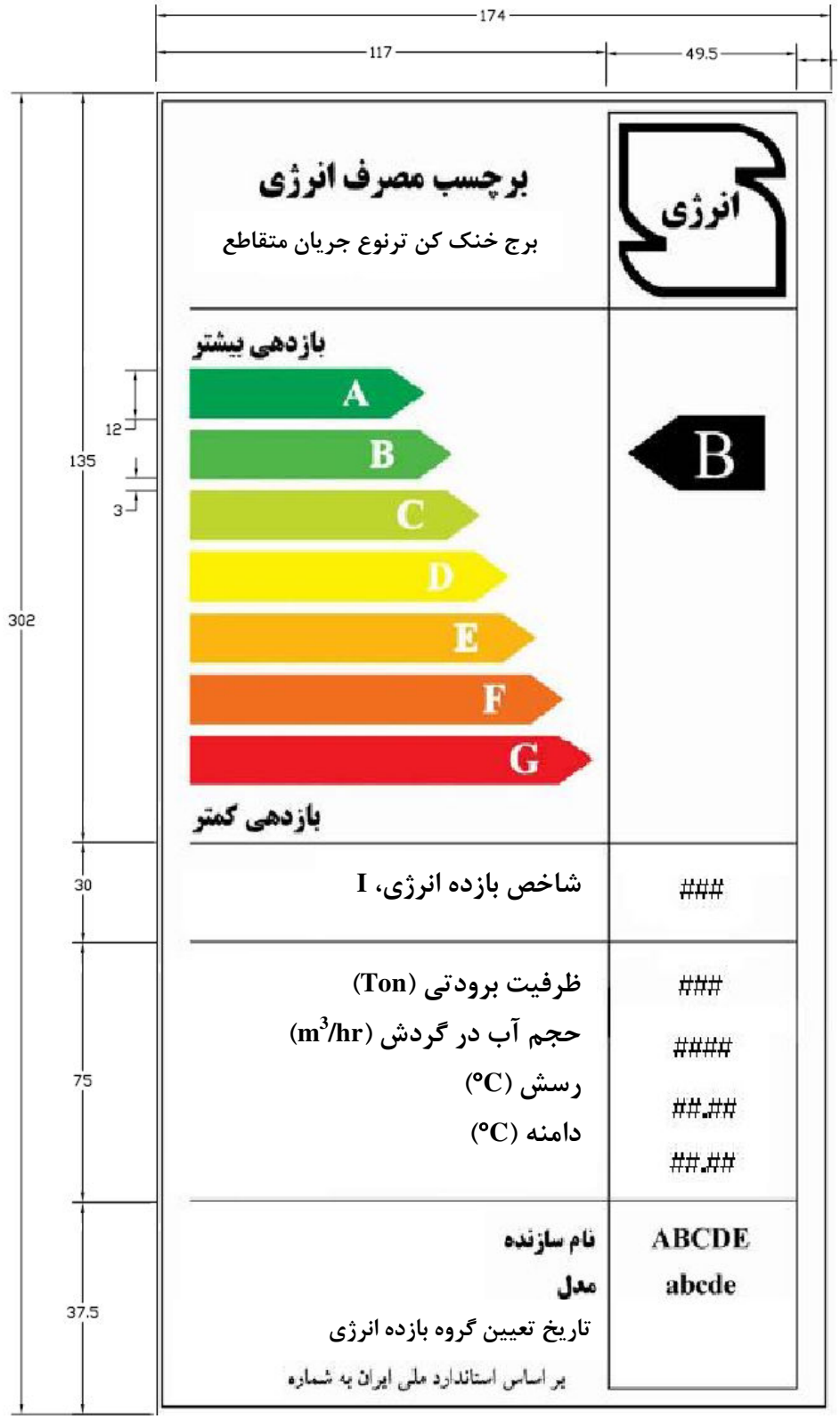
شکل۱ برچسب انرژی برج‌های خنک کن تر جریان متقابل



شکل۲ ابعاد برچسب انرژی برج‌های خنک کن تر جریان متقابل



شکل۳ برچسب انرژی برج‌های خنک کن ترجریان متقاطع



شکل۴ ابعاد برچسب انرژی برج‌های خنک کن تر جریان متقاطع

پیوست الف
روش‌های آزمون ظرفیت برودتی
(الزامی)

۱ دامنه

در این پیوست روش‌های آزمون ظرفیت برودتی برای برج‌های خنک کن تر جریان متقابل و جریان متقـاطع مکانیکی آمده است.

۲ نمادها و یکاها

دامنه دمای آب استاندارد (°C)	Δt_{lB}
دامنه دمای آب اندازه‌گیری شده (°C)	Δt_{lA}
دمای حباب مرطوب هوای ورودی اندازه‌گیری شده (°C)	$t_{lA'}$
دمای آب ورودی اندازه‌گیری شده (°C)	Δt_{llA}
دمای آب ورودی استاندارد (°C)	Δt_{llB}
ظرفیت برودتی استاندارد (kW)	Q
گرمای ویژه آب (kJ/kg.K)	C_l
گذر آب طراحی (kg/hr)	L
دامنه دمای آب بدست آمده از شکل ۳ پیوست الف (°C)	Δt_{lC}
گذر هوا (kg/hr)	G_b
آنتالپی هوای ورودی (kJ/kg)	h_{1b}
مساحت در جبهه وسیله اندازه‌گیری مقدار هوا (m^2)	S_a
میانگین عددی سرعت باد اندازه‌گیری شده (m/s)	V_b
گذر آب اندازه‌گیری شده (kg/hr)	L_b
دامنه دمای آب اندازه‌گیری شده (°C)	Δt_{lb}
دمای حباب مرطوب هوای ورودی (°C)	t'_l
دمای آب (°C)	t_l
دمای آب ورودی (°C)	t_{ll}
دمای آب خروجی (°C)	t_{l2}
آنتالپی هوا (kJ/kg)	h
آنتالپی هوای ورودی (kJ/kg)	h_1
آنتالپی هوای خروجی (kJ/kg)	h_2
آنتالپی هوای اشباع در دمای آب (kJ/kg)	h_l

آنتالپی هوای اشباع در دمای آب ورودی (kJ/kg)	h_{l1}
آنتالپی هوای اشباع در دمای آب خروجی (kJ/kg)	h_{l2}
مساحت جبهه با زاویه عمود بر جریان آب (m^2)	A
دامنه دمای آب استاندارد ($^\circ C$)	Δt_{la}
سرعت جرمی آب طراحی ($kg/m^2.hr$)	$\left(\frac{L}{A}\right)_a$
سرعت جرمی آب اندازه‌گیری شده ($kg/m^2.hr$)	$\left(\frac{L}{A}\right)_b$
سرعت جرمی آب استاندارد ($kg/m^2.hr$)	$\left(\frac{L}{A}\right)_c$

۳ طبقه‌بندی روش‌ها

روش آزمون می‌تواند به یکی از صورت‌های زیر باشد.

۳-۱ روش آزمون ۱

در این روش با استفاده از نتایج آزمون، هنگامی که تحت شرایط روش آزمون ۱ مندرج در جدول ۳ استاندارد انجام شده باشد، مقادیر دامنه دمای آب و ظرفیت برودتی دستگاه نمونه در شرایط استاندارد طراحی تعیین می‌شود.

۳-۲ روش آزمون ۲

در این روش با استفاده از نتایج آزمون، هنگامی که تحت شرایط روش آزمون ۱ مندرج در جدول ۳ استاندارد انجام شده باشد، گذر آب و ظرفیت برودتی دستگاه نمونه در شرایط استاندارد طراحی تعیین می‌شود.

۴ شرایط عمومی آزمون

محل آزمون باید تا حد امکان مسطح و اثرات باد روی آن کم بوده و به صورتی باشد که هوای خروجی از دستگاه نمونه به ورودی‌های هوا بازگشت نداشته باشد.

یادآوری ۱- سرعت باد نباید از ۵ متر بر ثانیه بیشتر باشد.

۵ تجهیزات آزمون

یک مثال از تجهیزات آزمون در شکل ۱ پیوست الف نشان داده شده است.

۶ روش آزمون

۶-۱ روش آزمون ۱

روش محاسبه ظرفیت برودتی استاندارد و ارزیابی در روش آزمون ۱ به صورت زیر است.

۶-۱-۱ روش آزمون

تحت شرایط روش آزمون ۱، مندرج در جدول ۳ استاندارد، و بعد از گذشت حداقل ۳۰ دقیقه از رسیدن به حالت پایا، مطابق جدول ۱ پیوست الف، در مدت ۳۰ دقیقه چهار بار مقادیر گذر آب، دمای آب ورودی، دمای آب خروجی و دمای حباب مرطوب هوای ورودی اندازه‌گیری می‌شود.

جدول۱ تغییرات مجاز تحت شرایط پایا

مقدار آب	٪۲±
دمای آب ورودی	۰/۴± °C
دمای حباب مرطوب هوای ورودی	۱± °C

۶-۱-۲ روش محاسبه ظرفیت برودتی استاندارد

با استفاده از میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، دامنه دمای آب و دمای حباب مرطوب هوای ورودی، دامنه دمای آب در دمای آب ورودی استاندارد طراحی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\Delta t_{1B} = \Delta t_{11A}\left\{1+\frac{t_{11A}-t_{1A'}+45-\Delta t_{1A}}{45(t_{11A}-t_{1A'})-\frac{\Delta t_{1A}^2}{3}}(t_{11B}-t_{11A})\right\} \qquad (۱)$$

با استفاده از $t_{1A'}$ و Δt_{1B} بدست آمده از رابطه بالا، دامنه دمای آب، Δt_{1C}، در دمای حباب مرطوب هوای استاندارد طراحی با استفاده از شکل ۲ پیوست الف و به روشی مشابه شکل ۳ پیوست الف، تعیین می‌شود. ظرفیت برودتی استاندارد طراحی را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$Q = \frac{1}{3600} C_1 \cdot L \cdot \Delta t_{1C} \qquad (۲)$$

۶-۱-۳ ارزیابی

با استفاده از رابطه زیر ظرفیت برودتی استاندارد دستگاه نمونه تعیین می‌گردد:

$$\text{ظرفیت برودتی استاندارد طراحی / ظرفیت برودتی استاندارد} = \frac{\Delta t_{1C}}{5}\times 100 \qquad (۳)$$

۶-۲ روش آزمون۲

روش محاسبه $\frac{U}{N}$، ظرفیت برودتی استاندارد و ارزیابی در روش آزمون ۲ به صورت زیر است.

۶-۲-۱ روش آزمون

تحت شرایط روش آزمون ۲، مندرج در جدول ۳ استاندارد، و بعد از گذشت حداقل ۳۰ دقیقه از رسیدن به حالت پایا، مطابق جدول ۱ پیوست الف، در مدت ۳۰ دقیقه چهار بار مقادیر گذر آب، دمای آب ورودی، دمای آب خروجی و دمای حباب مرطوب هوای ورودی و یک بار گذر هوا اندازه‌گیری می‌شود. در این حالت، که نمودارهای عملکردی دستگاه وجود ندارد، اندازه‌گیری‌ها باید حداقل در دو نقطه از دامنه تغییرات گذر آب روش آزمون ۲، مندرج در جدول ۳ استاندارد، انجام شده و به علاوه، اندازه‌گیری گذر هوا در طرف خروجی هوای دستگاه نمونه صورت گیرد. نمونه‌ای از نقطه اندازه‌گیری در شکل ۴ پیوست الف نشان داده شده است.

۶-۲-۲ روش محاسبه گذر هوا

گذر هوا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$G_b = \frac{3.31\times 10^6 S_a V_b - C_l L_b \Delta t_{lb}}{728 + h_{lb}} \qquad (۴)$$

یادآوری- مقدار آنتالپی هوای ورودی، h_{lb}، با استفاده از دمای حباب مرطوب هوای ورودی اندازه‌گیری شده، t'_{lb}، به جای t'_l در شکل ۵ پیوست الف بدست می‌آید.

۶-۲-۳ روش محاسبه $\frac{U}{N}$

۶-۲-۳-۱ برای برج خنک کن جریان متقابل، همان طور که در شکل ۵ پیوست الف نشان داده شده است، خطوط حالت I - II روی نمودار t-h، که تغییر حالت آب و هوا در برج خنک کن جریان متقابل را نشان می‌دهد، با استفاده از شکل ۶ پیوست الف و با وصل کردن نقطه تلاقی t_{l2} و h_1، I، به نقطه تلاقی t_{l1} و h_2، II، بدست می‌آید.

یادآوری- h_2 را می‌توان با استفاده از فرمول زیر بدست آورد:

$$h_2 = h_1 + C_l \frac{L}{G}(t_{l1} - t_{l2}) \qquad (۵)$$

۶-۲-۳-۱ برای برج‌های خنک کن جریان متقاطع، مقدار $\frac{U}{N}$ با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\left(\frac{U}{N}\right)_{cross} = \left(\frac{U}{N}\right)_{counter} \div F \qquad (۶)$$

ضریب تصحیح F با استفاده از رابطه زیر یا شکل ۸ پیوست الف بدست می‌آید:

$$F = 1 - 0.106(1-s)^{0.25} \qquad (۷)$$

$$s = \frac{h_{l2} - h_2}{h_{l1} - h_1} \qquad (۸)$$

۶-۲-۴ روش محاسبه ظرفیت برودتی استاندارد

میانگین عددی مقادیر اندازه‌گیری شده محاسبه شده و سپس سرعت جرمی آب در دمای استاندارد طراحی با استفاده از روش نشان داده شده در شکل ۱۰ پیوست الف و به کمک شکل ۹ پیوست الف تعیین می‌گردد. ظرفیت برودتی استاندارد را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$Q = \frac{1}{3600} C_l \left(\frac{L}{A}\right)_c A \Delta t_{la} \qquad (۹)$$

در شکل ۱۰ پیوست الف:

a نقطه تقاطع I و II (نقطه طراحی)

b نقطه اندازه گیری

@ نقطه اندازه گیری (هنگامی که نمودار عملکرد نداریم)

c نقطه تقاطع ´I و ´II (نقطه دستیابی)

I نمودار عملکرد دستگاه نمونه

´I خط مستقیم موازی I و گذرنده از b، یا خط مستقیمی که b و @ را به هم وصل می کند

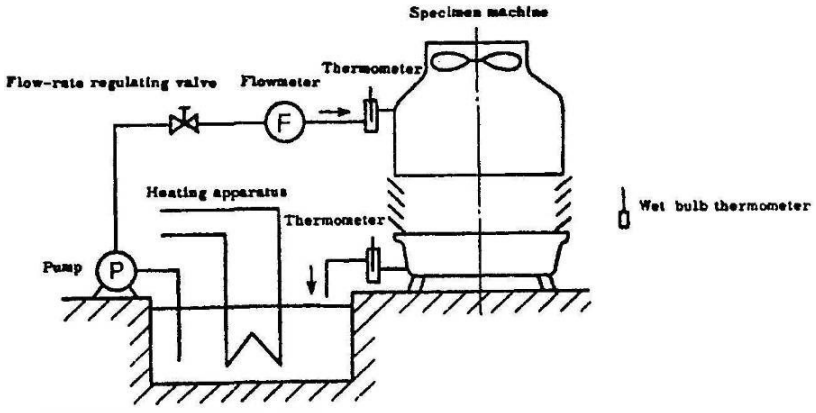
II نمودار $\frac{L}{A} - \frac{U}{N}\frac{L}{A}$ در سرعت جرمی طراحی هوا نشان داده شده در شکل ۹ پیوست الف

´II نمودار $\frac{L}{A} - \frac{U}{N}\frac{L}{A}$ در سرعت جرمی اندازه گیری شده هوا نشان داده شده در شکل ۹ پیوست الف

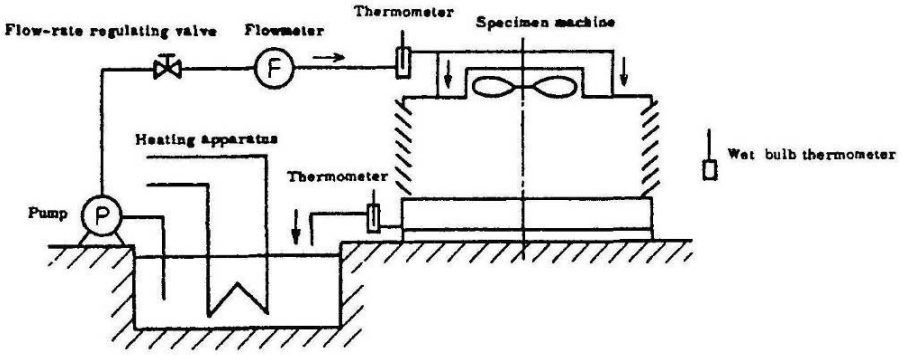
۶-۲-۵ ارزیابی

مقدار $\left(\frac{L}{A}\right)_c$ در شکل ۱۰ پیوست الف مستقیماً خوانده شده و با استفاده از آن و سرعت جرمی طراحی آب، $\left(\frac{L}{A}\right)_a$، ظرفیت برودتی دستگاه نمونه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{ظرفیت برودتی استاندارد طراحی / ظرفیت برودتی استاندارد} = \frac{\left(\frac{L}{A}\right)_c}{\left(\frac{L}{A}\right)_a} \times 100 \qquad (۱۰)$$

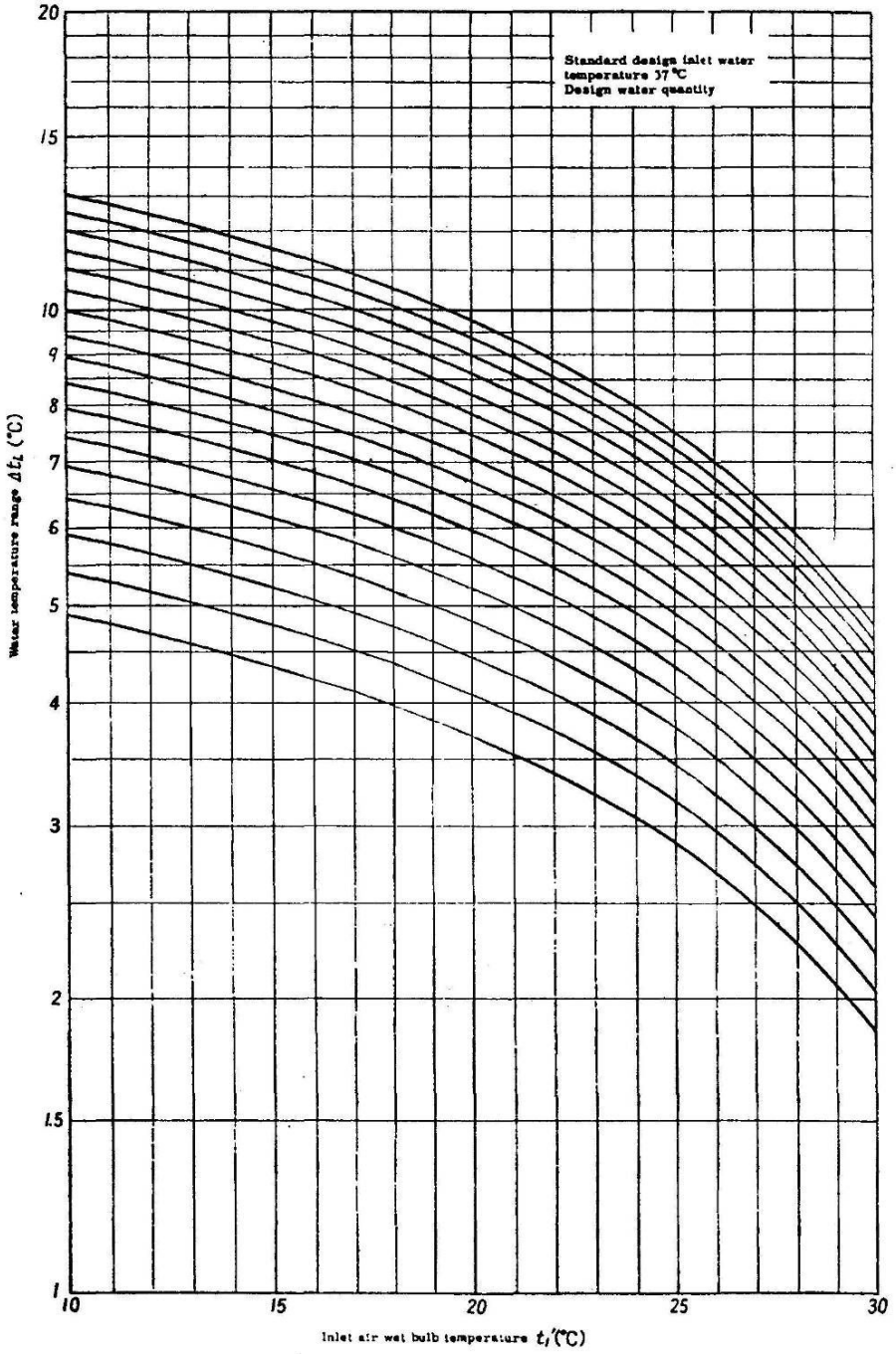


(الف) برج خنک کن تر جریان متقابل

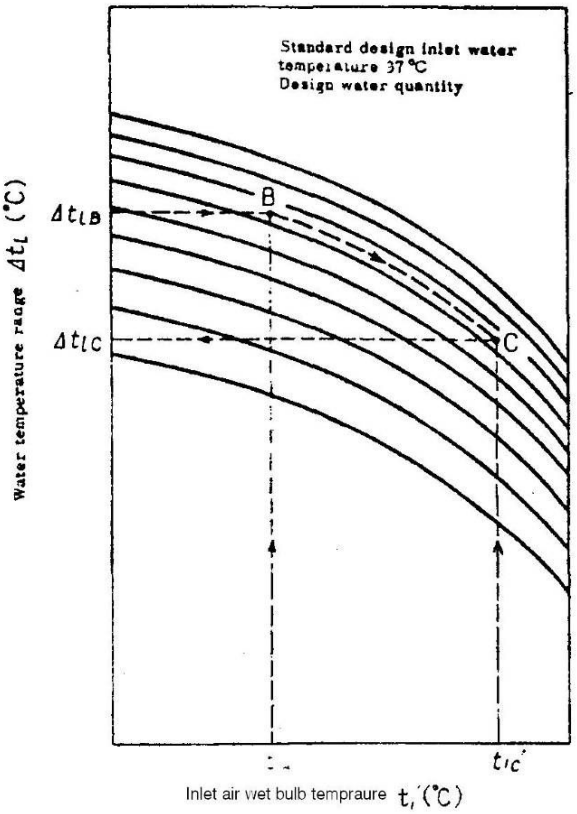


(ب) برج خنک کن ترجریان متقاطع

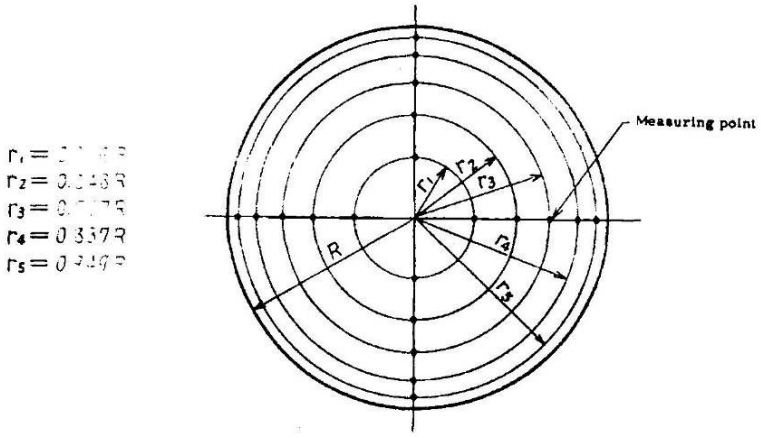
شکل۱ تجهیزات آزمون ظرفیت برودتی



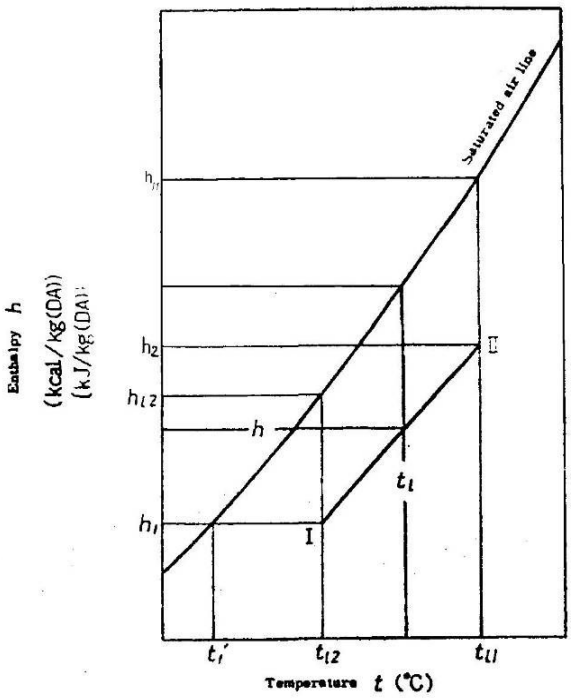
شکل۲ نمودار $t' - \Delta t_1$ برج خنک کن تر



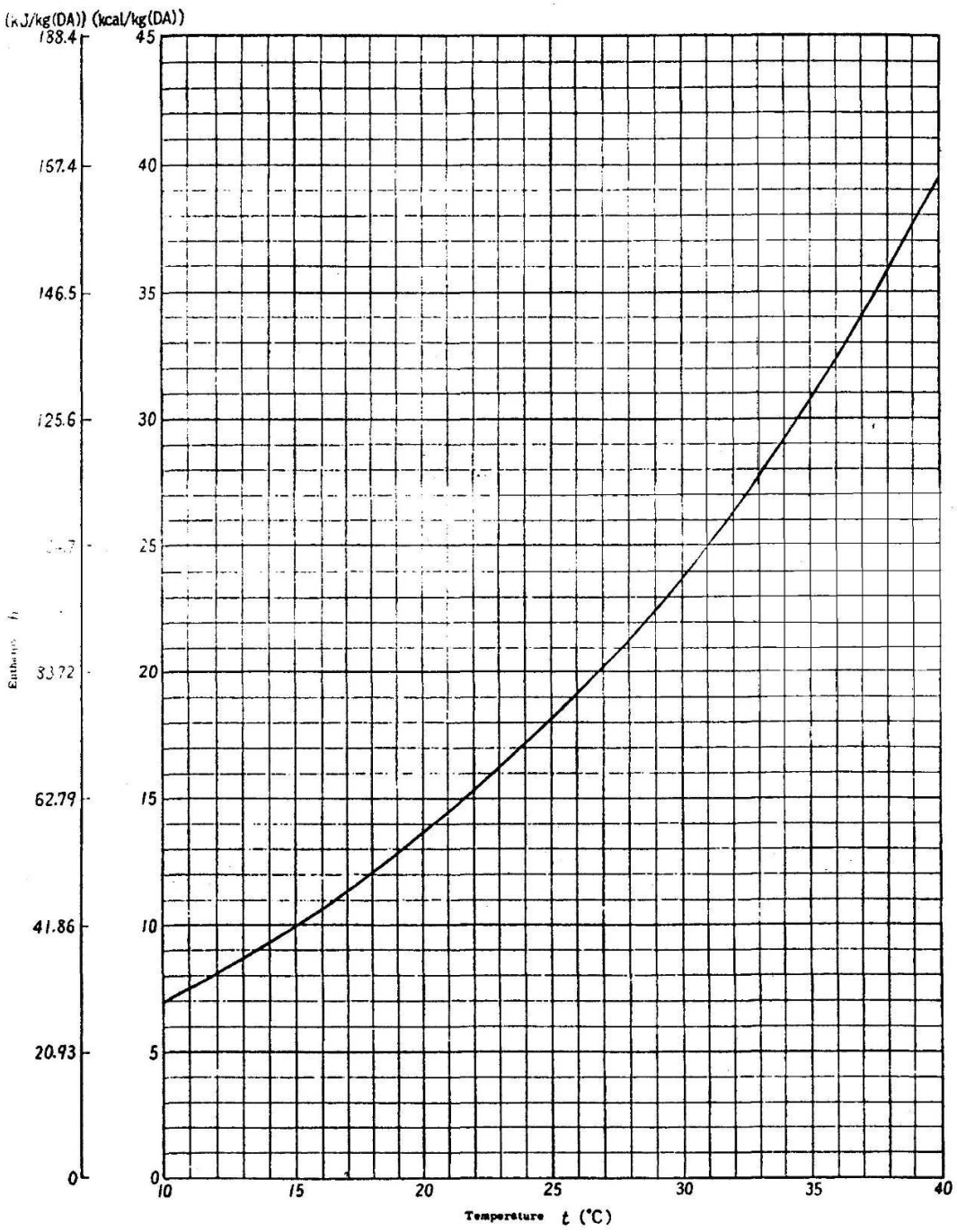
شکل۳ روش بدست آوردن دامنه دمای آب



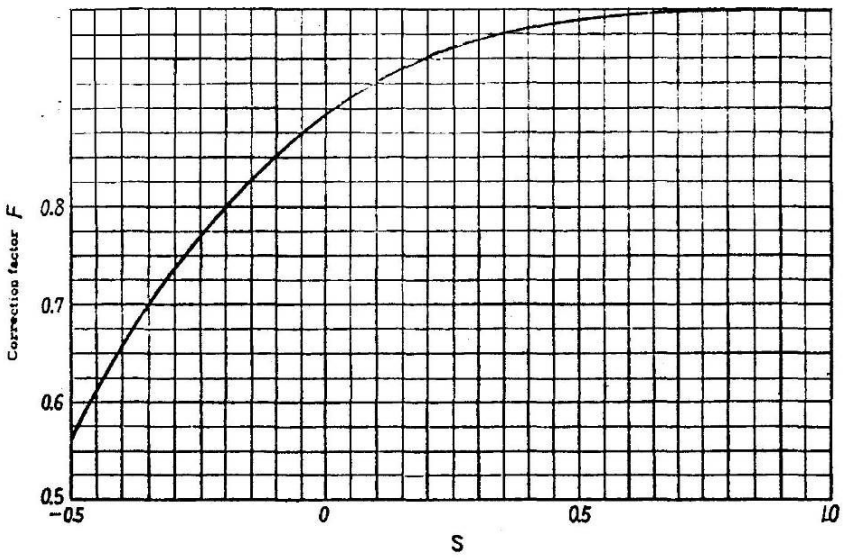
شکل۴ نقاط اندازه‌گیری مقدار هوا



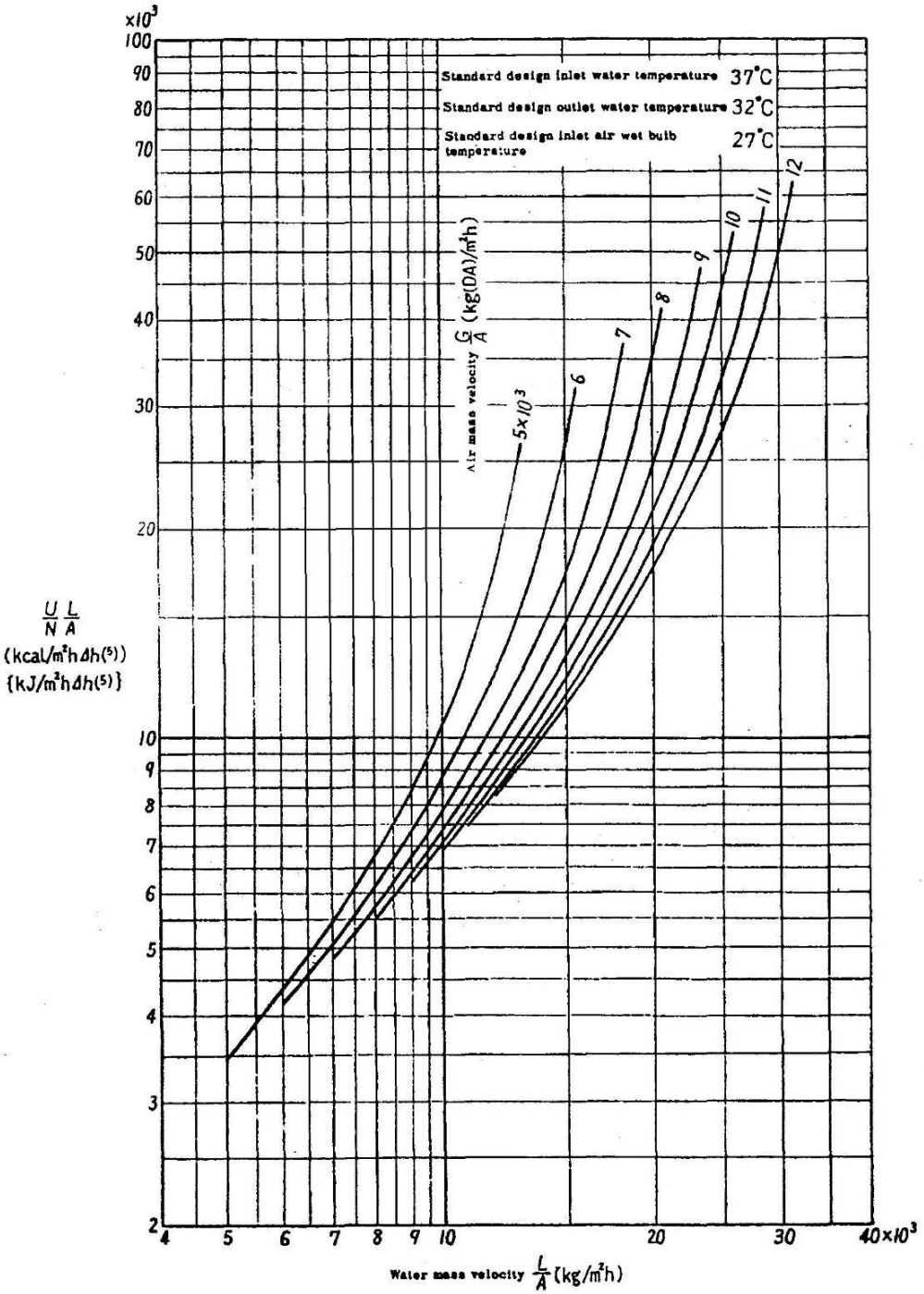
شکل ۵ تغییرات روی نمودار t-h



شکل۶ نمودار **t-h** هوای مرطوب

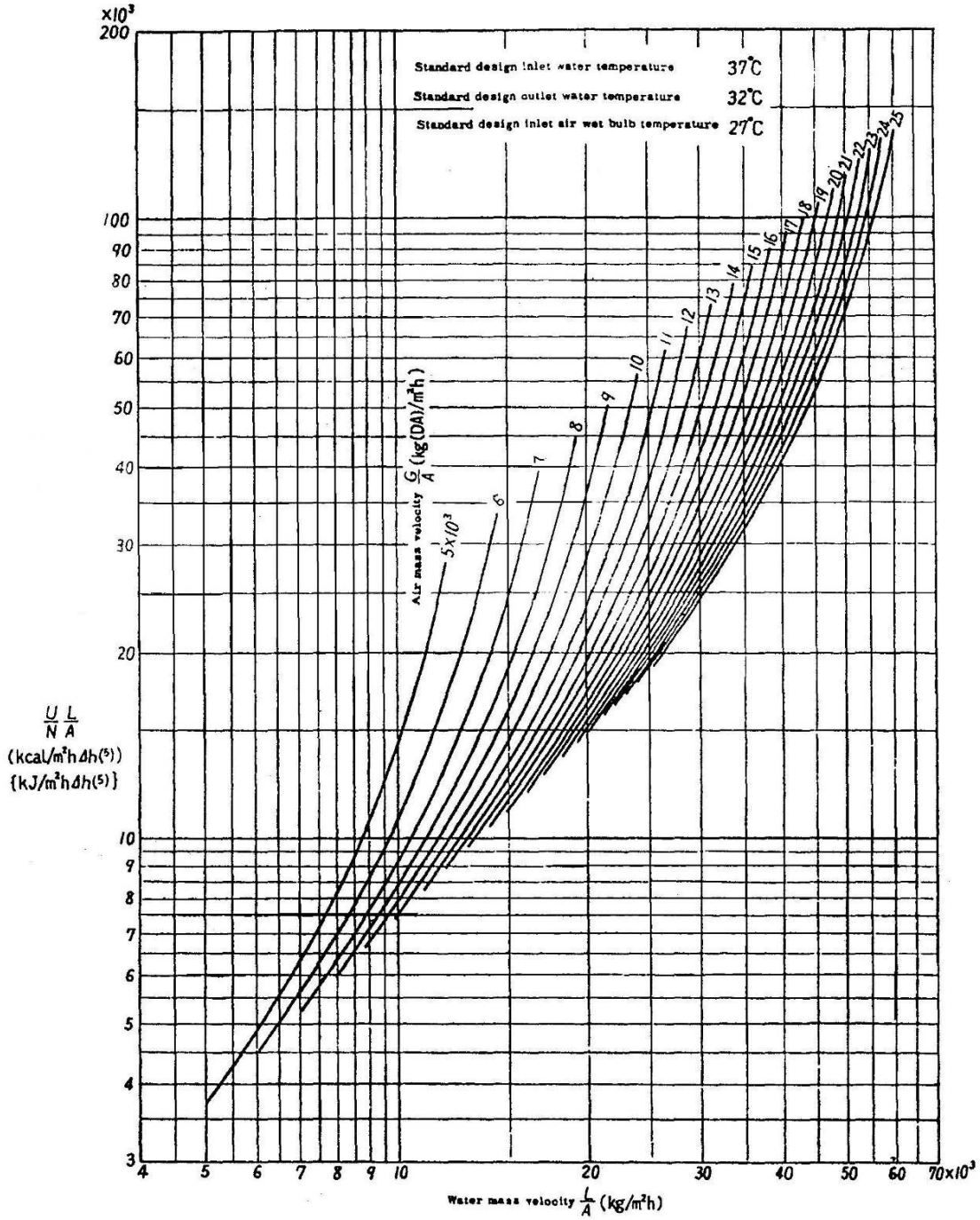


شکل۸ ضریب تصحیح



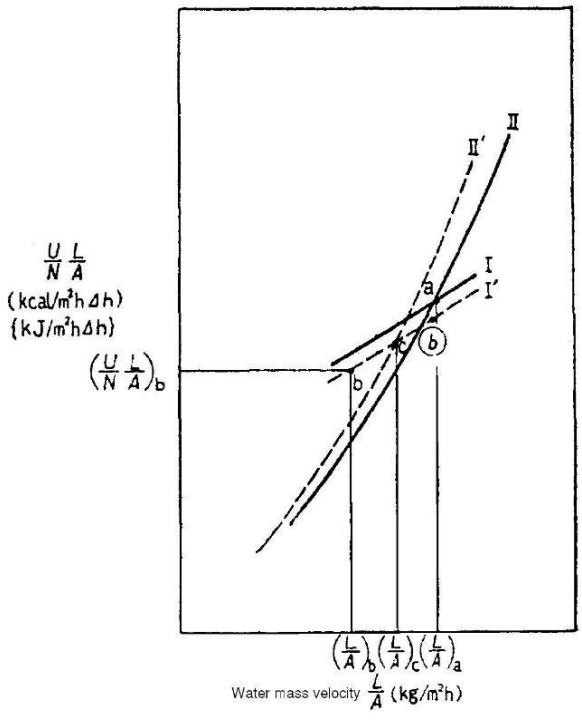
(الف) برج خنک کن تر جریان متقابل

شکل۹ نمودار $\frac{L}{A}-\frac{U}{N}\frac{L}{A}$ برای برج خنک کن تر



(ب) برج خنک کن تر جریان متقاطع

شکل۹ نمودار $\frac{L}{A}-\frac{U}{N}\frac{L}{A}$ برای برج خنک کن (ادامه)



شکل۱۰ روش بدست آوردن سرعت جرمی آب

پیوست ب
روش آزمون فرار قطرات
(الزامی)

۱ دامنه

در این پیوست روش آزمون فرار قطرات برای برج‌های خنک کن تر جریان متقابل و جریان متقاطع مکانیکی آمده است.

۲ نمادها و یکاها

فاکتور فرار قطرات (٪)	r
گذر کاهش آب (kg/hr)	W
گذر نشت آب از پمپ (kg/hr)	P_o
گذر آب در گردش (kg/hr)	L

۳ شرایط عمومی آزمون

محل آزمون باید تا حد امکان مسطح و اثرات باد روی آن کم بوده و به صورتی باشد که هوای خروجی از دستگاه نمونه به ورودی های هوا بازگشت نداشته باشد.

یادآوری - سرعت باد نباید از ۵ متر بر ثانیه بیشتر باشد.

۴ شرایط عملکرد

دستگاه نمونه باید تحت شرایط آزمون فرار قطرات، مشخص شده در جدول ۳ استاندارد، در ولتاژ و فرکانس کاری و بدون آب جبران و تخلیه کار کند.

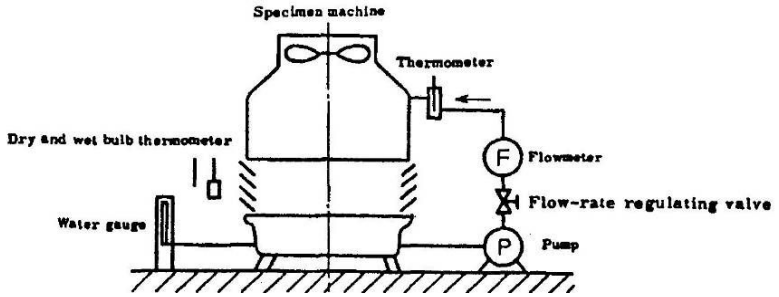
۵ تجهیزات آزمون

یک مثال از تجهیزات آزمون در شکل ۱ پیوست ب نشان داده شده است.

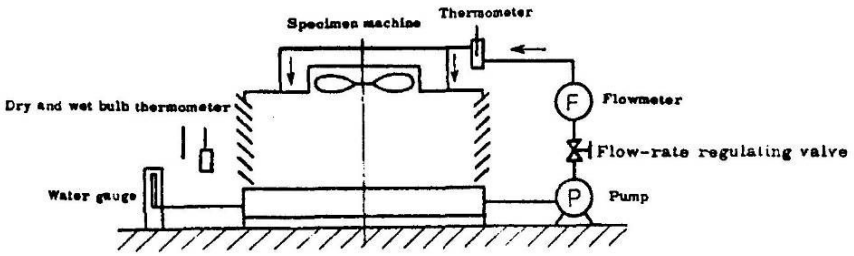
۶ روش آزمون

هنگامی که اختلاف بین دمای آب ورودی و دمای حباب مرطوب هوای ورودی دستگاه نمونه به کمتر از ۱ درجه سلسیوس رسید، لازم است گذر آب در گردش، آب کم شده، نشت آب از پمپ، دمای آب ورودی، دمای خشک هوای ورودی و دمای حباب مرطوب هوای ورودی هر ۳۰ دقیقه چهار بار اندازه‌گیری شود. فاکتور فرار قطرات از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$r = \frac{W - P_o}{L} \times 100 \qquad (۱)$$



(**الف**) برج خنک کن تر جریان متقابل



(**ب**) برج خنک کن تر جریان متقاطع

شکل۱ نمونه‌ای از تجهیزات آزمون فرار قطرات