اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
ایران، تهران، خرداد ۱۳۸۸

صرفه جوئی انرژی در تولید آب گرم بهداشتی با استفاده از مبدلهای حرارتی صفحه ای

اردشیر فرشیدیان فر [۱]، انوشیروان فرشیدیان فر [۲]

[۱] عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
[۲] عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد farshid@um.ac.ir

چکیده

تبادل حرارت میان دو یا چند سیال با دماهای مختلف در اغلب فرایند های صنعتی، تجاری و خانگی اتفاق می افتد و معمولا بدین منظور از مبدل های حرارتی استفاده می شود. تولید آب گرم بهداشتی در زندگی روز مره از اهمیت قابل ملاحظه ای برخوردار است؛ همچنین با توجه به نیاز روز افزون به صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی فرایندها، چگونگی گرم کردن آب و وسیله مورد استفاده جهت انجام این کار نیز بسیار مهم میباشد. در این مقاله مبدل های حرارتی صفحه ای را که سبب کاهش مصرف سوخت و هزینه می شوند، معرفی خواهیم کرد.

کلمات کلیدی: آب گرم بهداشتی، آبگرمکن مستقیم، آبگرمکن غیر مستقیم، مبدلهای حرارتی صفحه ای

مقدمه

آب گرم بهداشتی یکی از نیازهای اساسی انسان می باشد بطور کلی گرم کردن آب بهداشتی در ساختمانها توسط آبگرمکن صورت می گیرد، آبگرمکن ها به دو نوع مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می شوند. دراین نوشتار سعی بر این است که انواع آبگرمکن ها بررسی شود و معایب سیستم های سنتی گرمایش آب مصرفی مطرح گردد و نهایتا مزایای استفاده از مبدلهای حرارتی صفحه ای جهت گرمایش آب مصرفی بیان شود و از لحاظ مصرف انرژی سیستم های مختلف با یکدیگر مقایسه شوند.

آبگرمکن مستقیم

در آبگرمکن مستقیم، گرم کردن آب مصرفی بطور مستقیم[۱] انجام می شود و عامل گرم کننده آب مستقیما در مجاورت آن وجود دارد و آب را گرم می کند، آبگرمکن با سوخت گاز طبیعی، آبگرمکن برقی، آبگرمکن های نفتی و.... نمونه هائی از آبگرمکن های مستقیم هستند، در این آبگرمکن ها معمولا دمای آب شهر را به حدود $140^{\circ}F$ ($60^{\circ}C$) می رسانیم و سپس برای مصرف با آب سرد مخلوط می کنیم. این آبگرمکن ها دارای مخزن ذخیره می باشند که به تدریج آب ذخیره شده مصرف می شود، برای گرم کردن آب در این آبگرمکن نیاز به زمان میباشد، به عبارت دیگر آب سرد در این آبگرمکن ها فورا گرم نمی شود.

آبگرمکن غیر مستقیم

در آبگرمکن غیرمستقیم، گرم کردن آب مصرفی به طور غیر مستقیم[۲] انجام می شود، گرمایش آب گرم مصرفی به طور غیرمستقیم خود به دو نوع تقسیم می شود.

الف - از طریق گرم کردن و ذخیره نمودن آب گرم و سپس مصرف کردن[۳]

ب - از طریق گرم کردن و استفاده فوری بدون ذخیره[۴]

از سیستم ذخیره نمودن آب گرم در مواقعی استفاده می شود که تقاضای آب گرم ثابت و یکنواخت و پیوسته نباشد، در نتیجه حجم زیادی آب گرم باید برای یک زمان خاصی که مصرف حداکثر است در منبع ذخیره گردد مکانیزم گرم شدن آب منبع بدین قرار است که آب سرد به داخل منبع آمده و با کویل گرم تماس حاصل می کند، آب سرد از طریق جابجائی طبیعی گرما را از کویل می گیرد و با گرم شدن به قسمت بالای منبع می رود. سیال گرم کننده در داخل کویل سیرکوله می شود تا گرما را به آب مصرفی منتقل کند. در این سیستم نیز دمای آب شهر را به $140^{\circ}F$ ($60^{\circ}C$) می رسانیم و برای مصرف با آب سرد مخلوط می کنیم. برای گرم کردن آب این منابع به زمان نیاز داریم.

سیستم غیر مستقیم تولید آب گرم به صورت فوری در مواقعی استفاده می شود که تقاضای آب گرم ثابت و یکنواخت و پیوسته است، در این سیستم آب به محض عبور از یک مبدل حرارتی گرم می شود و آماده مصرف می گردد.

مشکلات سیستم های رایج تولید آب گرم مصرفی

در کشور ما سیستم های رایج تولید آب گرم مصرفی که به صورت سنتی از سالیان قدیم مورد استفاده قرار گرفته است عبارتند از آبگرمکن های مخزن دار استوانه ای شکل (نوع مستقیم) و منابع دو جداره و کویلی (نوع غیر مستقیم) که دارای اشکالاتی به شرح زیر می باشند :

۱- در هر سه سیستم حجم آب زیادی بایستی دائما گرم نگه داشته شود که مستلزم صرف انرژی زیادی است، حتی در ساعتهائی از شب که مصرف آب گرم به حداقل خود می رسد سیستم بایستی کل حجم آب ذخیره را در دمای ثابت حفظ کند.

---

[۱] Direct

[۲] Indirect
[۳] Storage Type
[۴] Instantaneous Type

۲- حجم زیادی از فضا در موتورخانه ها توسط این منابع اشغال می گردد.
۳- هزینه زیادی صرف عایقکاری سطح خارجی این منابع می شود، با وجود سطح خارجی زیاد اتلاف انرژی باز هم وجود خواهد داشت.
۴- بدلیل ساکن شدن آب در این منابع و گرم شدن آن زمان کافی برای تشکیل رسوب در جداره های فلزی و در مجاورت کویل وجود دارد. به عبارت دیگر در این منابع در مدت زمان کوتاهی رسوب زیادی تشکیل می شود.
۵- دمای آب گرم تولیدی در این منابع حداقل ($60^{\circ}C$) می باشد، این آب در محل مصرف بایستی با آب سرد مخلوط شده و در دمای حدود ($40^{\circ}C$) مصرف شود، اولا انرژی حرارتی زیادی بایستی مصرف شود تا آب ($60^{\circ}C$) تولید کنیم و مجددا این آب را سرد کنیم، ثانیا رسوب کربنات کلسیم رابطه مستقیم با دما دارد و هر چه دما بالاتر رود رسوب بیشتری در سیستم تولید می شود، ثالثا بدلیل اختلاط آب گرم و سرد مصرف آب زیادتر می شود.
هزینه تعمیر و نگهداری سیستم های سنتی تولید آب گرم مصرفی زیاد است چون با تشکیل کوچکترین سوراخ در کویل مسی یا بدنه فلزی سیستم، بایستی نسبت به تعویض آن اقدام نمود.

مزایای استفاده از مبدلهای حرارتی صفحه ای جهت تامین آب گرم مصرفی

مبدلهای حرارتی صفحه ای از نوع آبگرمکن غیرمستقیم و فوری هستند که می توانند نیازهای آب گرم بهداشتی را تامین کنند. مبدلهای صفحه ای عمدتا در دو نوع لحیم کاری شده[۱] و واشردار[۲] تولید می شوند، نوع واشر دار بدلیل امکان بازشدن صفحات دارای مزیت بیشتری هستند [۱].
یک مبدل صفحه ای تشکیل شده از صفحات زیادی که در مجاورت یکدیگر قرار گرفته اند و فاصله بین این صفحات بین ۳ تا ۵ میلیمتر میباشد، جریان سیال گرم کننده و گرم شونده به صورت یک لایه نازک بین صفحات یک در میان حرکت می کنند و آب دیگ فورا آب مصرفی را گرم می کند [۲].
مبدل های حرارتی صفحه ای دارای مزایائی به شرح زیر می باشند [۳]:
۱- این مبدل ها در مقایسه با سیستم های گرمایش سنتی فضای بسیار کمی را اشغال می کنند.
۲- این مبدل ها در مقایسه با سیستم های گرمایش سنتی وزن بسیار کمتری دارند.
۳- بدلیل فاصله کم بین صفحات حجم سیال فرآیندی در این مبدلها بسیار کم است.
۴- صفحات این مبدلها از نوع فولاد ضد زنگ[۳] می باشند.
۵- بر روی صفحات موج ها یا شیارهائی وجود دارد (شورون) که سبب ایجاد و تسریع جریان های گردابی یا تلاطمی می شود که با قطر هیدرولیکی کوچک سبب افزایش سطح موثر برای انتقال حرارت می گردد. از طرفی این موج ها سبب افزایش تکیه گاه مکانیکی شده و صلبیت صفحه را افزایش می دهند.
۶- به خاطر ضریب انتقال حرارت بالا و امکان ایجاد جریان معکوس در این مبدل ها دمای نزدیکی[۴] بین سیالات گرم کننده و گرم شونده می تواند به حدود یک درجه سانتیگراد برسد که درصد بازیافت حرارت را بالا می برد این خصوصیات سبب می شود که از این مبدل ها بطور وسیعی برای بازیافت حرارت از منابع حرارتی درجه پایین چیلرها و برج خنک کن استفاده کرد.
۷- ارتعاشات ناشی از جریان، سروصدا و خوردگی در این مبدلها وجود ندارد.
۸- در این مبدل ها تنها لبه صفحات در معرض هوای آزاد هستند بنابراین نیازی به عایقکاری ندارند.
۹- در این مبدل ها بدلیل درهم بودن جریان و عدم وجود نقاط راکد و مرده رسوب کمتری تشکیل می شود.
۱۰- تعمیر و نگهداری این مبدلها بسیار راحت است، با باز کردن پیچ ها و جدا کردن صفحات امکان تمیز کاری صفحات وجود دارد.
۱۱- در این مبدل ها به دلیل سیستم واشربندی احتمال مخلوط شدن دو سیال گرم کننده و گرم شونده وجود ندارد.
۱۲- در این مبدل ها امکان افزایش و یا کاهش سطح انتقال حرارت با افزایش و کاهش تعداد صفحات وجود دارد.
۱۳- ضریب کلی انتقال حرارت در این مبدل ها نسبت به مبدلهای پوسته و لوله لااقل سه برابر بیشتر است.
۱۴- در این سیستم آب گرم دائمی و بدون توقف با هر دمائی که مورد نیاز باشد تولید می شود و می توان به جای تولید آب ($60^{\circ}C$)، آب ($40^{\circ}C$) تولید کرد که سبب صرفه جوئی انرژی، تولید رسوب کمتر و صرفه جوئی مصرف آب خواهد شد.
۱۵- قیمت این مبدل ها نسبت به منابع سنتی بسیار پایین تر می باشد.

محاسبه میزان آب گرم مصرفی در سیستم های غیر مستقیم

برای محاسبه میزان آب گرم مصرفی در سیستم ذخیره از جدول ۱ استفاده می کنیم، در این جدول میزان حداکثر مصرف آب گرم هر وسیله بهداشتی برای فضاهای مختلف بر حسب GPH داده شده است.
مقدار واقعی مصرف آب گرم که بر اساس آن ظرفیت کویل آبگرمکن بدست می آید عبارتست از حاصلضرب حداکثر مصرف در ضریب تقاضا و حجم منبع ذخیره از حاصلضرب مقدار واقعی مصرف در ضریب ذخیره منبع بدست می آید.

---
[۱] Brazed
[۲] Gasket
[۳] Stainless Steel
[۴] Approach Temperature

رای محاسبه میـزان آب گـرم مصـرفی در سیِسـتم فـوری از جـدول شماره ۲ و ۳ استفاده می کنیم.

در جدول شماره ۲ میزان مصرف آب گرم وسائل بهداشتی بر حسب Fixture Unit - F.u. مشخص شده است مقدار آب گـرم بهداشـتی بر حسب لیتـر بـر ثانیـه از جـدول شـماره ۳ بدسـت مـی آیـد. اگـر تجهیزات یک پـروژه مشـخص نباشـد یـا بخـواهیم میـزان آب گـرم مصرفی را در حالت فوری بر حسب نفرات بدست آوریـم میـزان F.u. در جدول شماره ۴ قید شده است.

بررسی چند مثال برای تعیین آب گرم مصرفی در سیستم های غیر مستقیم

همانطور که در قسمت های قبل بیان شد دو روش عمده گرمایش آب مصرفی در سیستمهای غیر مستقیم ، سیستم ذخیره و سیستم فوری است دراین بخش طی مثالهای متعددی این دو سیستم از لحاظ میزان آب گرم مصرفی و انرژی مورد نیاز جهت تامین آب گرم مقایسه می گردد.

مثال اول:

در این مثال میزان آب گرم مصرفی و انرژی مورد نیاز یک هتل در سه حالت برای سیستم ذخیره و سیستم فوری محاسبه می گردد.

۱- هتلی دارای ۱۵۰ اتاق است، این هتل ۱۵۰ دوش،۱۵۰ دستشوئی خصوصی، ۱۰ دستشوئی عمومی و ۱۲ سینک آشپزخانه دارد.

۱-۱ محاسبات برای سیستم فوری

$$(150\times1.5)+(150\times0.75)+(10\times1)+(12\times1.5)=365.5$$

$$\sum \text{F.u.}=365.5 \quad \Rightarrow \quad ۳.۷۵\ Lit/_{s}$$

میزان آب گرم مصرفی مورد نیاز $Lit/_{s}$ ۳.۷۵ می باشد معادل ۵۹.۶ GPM است.

ظرفیت کویل یا هیتر = $59.6\times60=3576$ GPH

اگر دمای آب گرم مصرفی را به ($140^{\circ}F$) معادل ($60^{\circ}C$) برسانیم میزان انرژی گرمائی مورد نیاز عبارتست از:

بار حرارتی آب گرم مصرفی:

$$Q=GPH\times8.33\times\Delta T=$$

$$3576\times8.33\times(140-40)=2978808\ Btu/_{hr}=866kW$$

اگر دمای آب گرم مصرفی را به ($104^{\circ}F$) معادل ($40^{\circ}C$) برسانیم میزان انرژی گرمائی مورد نیاز عبارتست از:

بار حرارتی آب گرم مصرفی:

$$Q=GPH\times8.33\times\Delta T=$$

$$3576\times8.33\times(104-40)=1906437\ Btu/_{hr}=554_{KW}$$

۱-۲ محاسبات برای سیستم ذخیره

$$(150\times75)+(150\times2)+(10\times8)+(12\times30)=11990$$

حداکثر مصرف آب گرم = ۱۱۹۹۰ GPH

مقدار واقعی مصرف آب گرم = $11990\times0.25=2997.5$ GPH

حجم منبع ذخیره =

۲۹۹۷.۵ × ۰.۸۹۰۷۶ = ۲۳۹۸ lit= ۹۰۷۶ gallon

ظرفیت کویل هیتر = ۲۹۹۷.۵ GPH

در این سیستم دمای آب گرم مصرفی را بایستی به ($140^{\circ}F$) معادل ($60^{\circ}C$) برسانیم.

بار حرارتی آب گرم مصرفی :

$$Q=GPH\times8.33\times\Delta T=$$

$$2997.5\times8.33\times(140-40)=2496918\ Btu/_{hr}=726_{KW}$$

۲- هتلی دارای۳۰۰ اتاق است. این هتل دارای ۳۰۰ دوش و ۳۰۰ دستشوئی خصوصی می باشد و ۲۰ دستشوئی عمومی و ۲۰ سینک آشپزخانه دارد.

۲-۱ محاسبه برای سیستم فوری

$$\sum \text{F.u.}=731 \quad \Rightarrow \quad ۵.۸\ Lit/_{s}$$

میزان آب گرم مصرفی مورد نیاز $Lit/_{s}$ ۵.۸ می باشد معادل ۹۱.۹ GPM است.

ظرفیت کویل یا هیتر = $91.9\times60=5514$ GPH

اگر دمای آب گرم مصرفی را به ($140^{\circ}F$) معادل ($60^{\circ}C$) برسانیم میزان انرژی گرمائی مورد نیاز عبارتست از :

بار حرارتی آب گرم مصرفی:

$$Q=GPH\times8.33\times\Delta T=$$

$$5514\times8.33\times(140-40)=4593162\ Btu/_{hr}=1335_{KW}$$

اگر دمای آب گرم مصرفی را به ($104^{\circ}F$) معادل ($40^{\circ}C$) برسانیم میزان انرژی گرمائی مورد نیاز عبارتست از :

بار حرارتی آب گرم مصرفی:

$$Q=GPH\times8.33\times\Delta T=$$

$$5514\times8.33\times(104-40)=2939624\ Btu/_{hr}=855_{KW}$$

۲-۲ محاسبات برای سیستم ذخیره

حداکثر مصرف آب گرم = ۲۳۹۸۰ GPH

مقدار واقعی مصرف آب گرم = $23980\times0.25=5995$ GPH

حجم منبع ذخیره =

۵۹۹۵ × ۰.۸ = ۴۷۹۶ lit = ۱۸۱۵۲ gallon

ظرفیت کویل هیتر = ۵۹۹۵ GPH

در این سیستم دمای آب گرم مصرفی را بایستی به ($140^{\circ}F$) معادل ($60^{\circ}C$) برسانیم:

بار حرارتی آب گرم مصرفی:

$$Q=GPH\times8.33\times\Delta T=$$

$$5995\times8.33\times(140-40)=4993835\ Btu/_{hr}=1452_{KW}$$

۳- هتلی دارای ۴۵۰ اتاق است. این هتل ۴۵۰ دوش و۴۵۰ دستشوئی خصوصی می باشد و ۳۰ دستشوئی عمومی و ۳۶ سینک آشپزخانه دارد.

۳-۱ محاسبات برای سیستم فوری

$\sum$ F.u. $= 1096.5 \quad \Rightarrow \quad ۷ \ Lit/s$

میزان آب گرم مصرفی موردنیاز $۷ \ Lit/s$ می باشد معادل۱۱۱ GPM است.

ظرفیت کویل یا هیتر = $111 \times 60 = 6660$ GPH

اگر دمای آب گرم مصرفی را به ($140^\circ F$) معادل ($60^\circ C$) برسانیم میزان انرژی گرمائی مورد نیاز عبارتست از :

بار حرارتی آب گرم مصرفی:

$$Q = GPH \times 8.33 \times \Delta T =$$

$$6660 \times 8.33 \times (140 - 40) = 5547780 \, Btu/hr = 1613_{KW}$$

اگر دمای آب گرم مصرفی را به ($104^\circ F$) معادل ($40^\circ C$) برسانیم میزان انرژی گرمائی مورد نیاز عبارتست از :

بار حرارتی آب گرم مصرفی

$$Q = GPH \times 8.33 \times \Delta T =$$

$$6660 \times 8.33 \times (104 - 40) = 3550579 \, Btu/hr = 1032_{KW}$$

۳-۲ محاسبات برای سیستم ذخیره

حداکثر مصرف آب گرم = ۳۵۹۷۰ GPH

مقدار واقعی مصرف آب گرم = $35970 \times 0.25 = 8993$ GPH

حجم منبع ذخیره:

۸۹۹۳ × ۰.۸ = ۷۱۹۴ lit= ۲۷۲۲۹ gallon

ظرفیت کویل هیتر = ۸۹۹۳ GPH

در این سیستم دمای آب گرم مصرفی را بایستی به ($140^\circ F$) معادل ($60^\circ C$) برسانیم:

بار حرارتی آب گرم مصرفی:

$$Q = GPH \times 8.33 \times \Delta T =$$

$$8993 \times 8.33 \times (140 - 40) = 7491169 \, Btu/hr = 2178_{KW}$$

نتایج

نتیجه محاسبات هتل در سه حالت مطرح شده در جدول ۵ آمده است.

۱- اگر دمای آب خروجی در سیستم فوری $40^\circ C$ باشد صرفه جوئی انرژی در هر سه حالت وجود خواهد داشت و به ترتیب با توجه به اعداد ستون آخر جدول از ۲۳.۷ درصد تا ۵۲.۶ درصد خواهد بود و با بزرگ شدن پروژه و افزایش مصرف کنندگان صرفه جوئی بیشتر می شود.

۲- اگر دمای آب خروجی در سیستم فوری $60^\circ C$ باشد در حالت اول که هتل دارای ۱۵۰ اتاق است ، ۱۶.۲ درصد انرژی در حالت فوری بیشتر از حالت ذخیره است ولی در دو حالت دیگر در سیستم فوری انرژی کاهش یافته است در حالتی که هتل دارای ۳۰۰ اتاق است سیستم فوری ۸ درصد کاهش انرژی نسبت به سیستم ذخیره دارد و در حالتی که هتل دارای ۴۵۰ اتاق است سیستم فوری ۲۶ درصد کاهش انرژی به همراه دارد ، نتیجه آن می شود که در سیستم فوری بدون کاهش دمای آب گرم مصرفی با بزرگ شدن پروژه و افزایش مصرف کنندگان صرفه جوئی انرژی حاصل می گردد.

۳- علت اصلی کاهش انرژی در ستون آخر برای حالت فوری کاهش دمای آب گرم خروجی از $60^\circ C$ به $40^\circ C$ می باشد و علت کاهش انرژی در سیستم فوری با دمای $60^\circ C$ از این قرار است که در حالت ذخیره رابطه بین مصرف انرژی و ظرفیت کویل با تعداد وسائل بهداشتی یک رابطه خطی است ولی در سیستم فوری این رابطه خطی نیست و ارتباط بصورت منحنی سهمی شکل است و با افزایش مصرف کنندگان دبی خطی زیاد نمی شود.

۴- با بزرگ شدن پروژه استفاده از سیستم فوری توجیه اقتصادی بیشتری دارد چون اولا فضای کمتری در موتورخانه نیاز می باشد و ثانیا مصرف انرژی کاهش خواهد یافت و با کاهش دمای آب گرم مصرفی در مصرف آب صرفه جوئی بعمل خواهد آمد و رسوب کمتری در سیستم تشکیل می شود.

مراجع

[۱]- Clark, D.F., "Plate Heat Exchangers", The chemical engineering, No. ۲۸۵, pp. ۲۷۵-۲۸۵, May ۱۹۷۴.

[۲]- Magnusson, B., "The Origins and Evolution of the Alpha Laval Plate Heat Exchanger", Norstedts Tryckeri, Stockholm, ۱۹۸۵.

[۳]- L. Wang, B. Sunden, and R.M. Manglik, “Plate Heat Exchanger, Design, Applications and Performance”, ۲۰۰۷.

جدول ۱: میزان حداکثر مصرف آب گرم هر وسیله بهداشتی برای فضاهای مختلف بر حسب GPH، محاسبه شده در دمای نهایی $140^{\circ}F$ ($60^{\circ}C$)

	APARTMENT HOUSE	CLUB	GYMNASIUM	HOSPITAL	HOTEL	INDUSTRIAL PLANT	OFFICE BUILDING	SCHOOL
Basins , private lavatory	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
Basins , public lavatory	٤	٦	۸	٦	۸	۱۲	٦	۱۵
Bath tubs	۲۰	۲۰	۳۰	۲۰	۲۰	-	-	-
Dish washers	۱۵	۵۰-۱۵۰	-	۵۰-۱۵۰	۵۰-۲۰۰	۲۰-۱۰۰	-	۲۰-۱۰۰
Kitchen Sink	۱۰	۲۰	-	۲۰	۳۰	۲۰	۲۰	۲۰
Pantry Sink	۵	۱۰	-	۱۰	۱۰	-	۱۰	۱۰
Showers	۳۰	۱۵۰	۲۲۵	۷۵	۷۵	۲۲۵	۳۰	۲۲۵
Laundry ,stationary Tubs	۲۰	۲۸	-	۲۸	۲۸	-	-	-
Demand Factor	۰.۳	۰.۳	۰.٤	۰.۲۵	۰.۲۵	۰.٤	۰.۳	۰.٤
Storage Capacity Factor	۱.۲۵	۰.۹	۱	۰.٦	۰.۸	۱	۲	۱

جدول ۲: میزان مصرف آب گرم وسائل بهداشتی بر حسب (Fixture Unit) F.u.

	BATH	HAND BASIN PUBLIC	HAND BASIN PRIVATE	SHOWER	SINK CLEANER	SINK KITCHEN
Fitness Centre*	۱.۵	۱	۰.۷۵	۱.۵	۲.۵	۱.۵
Flats	۱.۵	-	۰.۷۵	۱.۵	۱.۵	۰.۷۵
Industrial/Factory*	-	۱	۰.۷۵	۳.۵	۲.۵	۳
Hospital	۱.۵	۱	۰.۷۵	۱.۵	۲.۵	۳
Hotel	۱.۵	۱	۰.۷۵	۱.۵	۲.۵	۱.۵
Office	۱.۵	۱	۰.۷۵	-	۲.۵	۱.۵
School	-	۱	۰.۷۵	۱.۵	۲.۵	۰.۷۵
University	-	۱	۰.۷۵	۱.۵	۲.۵	۱

* در کاربردهایی که استفاده اصلی دوش ها می باشند، فاکتور تبدیل ۰.۱ Lit/s را جهت بدست آوردن سرعت جریان آب در طراحی بکار برید.

جدول ۳: میزان مصرف آب گرم وسائل بهداشتی بر حسب لیتر بر ثانیه

TOTAL DEMAND UNIT	FITNESS CENTRE	FLATS	INDUSTRIAL/ FACTORY	HOSPITAL/ HOTEL	OFFICE / SCHOOL/ UNIVERSITY
۲۵	۱.۳	۰.۸۰	۱.٤۰	۱.۱۰	۰.۵۰
۵۰	۱.۷	۱.۱۰	۱.۸۰	۱.۵۰	۰.۷۵
۷۵	۲.۱	۱.٤۵	۲.۱۰	۱.۸۰	۰.۸۰
۱۰۰	۲.۵	۱.٦۰	۲.۵۰	۲.۲۰	۱.۰۵
۱۲۵	۲.۸	۱.۸۰	۲.۷۰	۲.٤۰	۱.۲۰
۱۵۰	۳.۰	۲.۰۰	۲.۹۰	۲.٦۰	۱.۳۰
۱۷۵	۳.۲	۲.۱۰	۳.۰۵	۲.۷۵	۱.٤۰
۲۰۰	۳.۳	۲.۲۰	۳.۱۰	۲.۸۰	۱.۵۰
۲۲۵	۳.۵	۲.۳۰	۳.۳۰	۳.۰۰	۱.٦۰
۲۵۰	۳.۷	۲.٤۵	۳.۵۰	۳.۲۰	۱.٦۵
۲۷۵	۳.۸	۲.۵۰	۳.٦۰	۳.۳۰	۱.۷۰
۳۰۰	۳.۹	۲.٦۰	۳.۷۰	۳.٤۰	۱.۷۵
۳۲۵	٤.۱	۲.۷۵	۳.۹۰	۳.٦۰	۱.۸۰

جدول ۴: میزان آب گرم مصرفی را در حالت فوری بر حسب نفرات

TYPE OF BUILDING	UNIT	FIXTURE UNIT PER UNIT
Hospital	Bed	۲.۵
Hotel or motel	Room	۲.۵
Office building	Person	۰.۱۵
Apartment house	Apartment	۳

جدول ۵: نتیجه محاسبات هتل در سه حالت

	فوري			ذخیره			درصد تغییرات انرژي با دمای $60^{\circ}C$	درصد کاهش انرژي در دماي $40^{\circ}C$ خروجی برای سیستم فوری
	ظرفیت کویل یا هیتر GPH	بار حرارتی آب گرم (KW) در دمای نهائی $60^{\circ}C$	بار حرارتی آب گرم (KW) در دمای نهائی $40^{\circ}C$	ظرفیت کویل یا هیتر GPH	حجم منبع ذخیره (لیتر)	بار حرارتي آب گرم (KW)		
هتل با ۱۵۰ اتاق	۳۵۷٦	۸٦٦	۵۵٤	۲۹۹۷.۵	۹۰۷٦	۷۲٦	۱٦.۲ افزایش یافته	۲۳.۷ کاهش یافته
هتل با ۳۰۰ اتاق	۵۵۱٤	۱۳۳۵	۸۵۵	۵۹۹۵	۱۸۱۵۲	۱٤۵۲	۸ کاهش یافته	٤۱ کاهش یافته
هتل با ٤۵۰ اتاق	٦٦٦۰	۱٦۱۳	۱۰۳۲	۸۹۹۳	۲۷۲۲۹	۲۱۷۸	۲٦ کاهش یافته	۵۲.٦ کاهش یافته