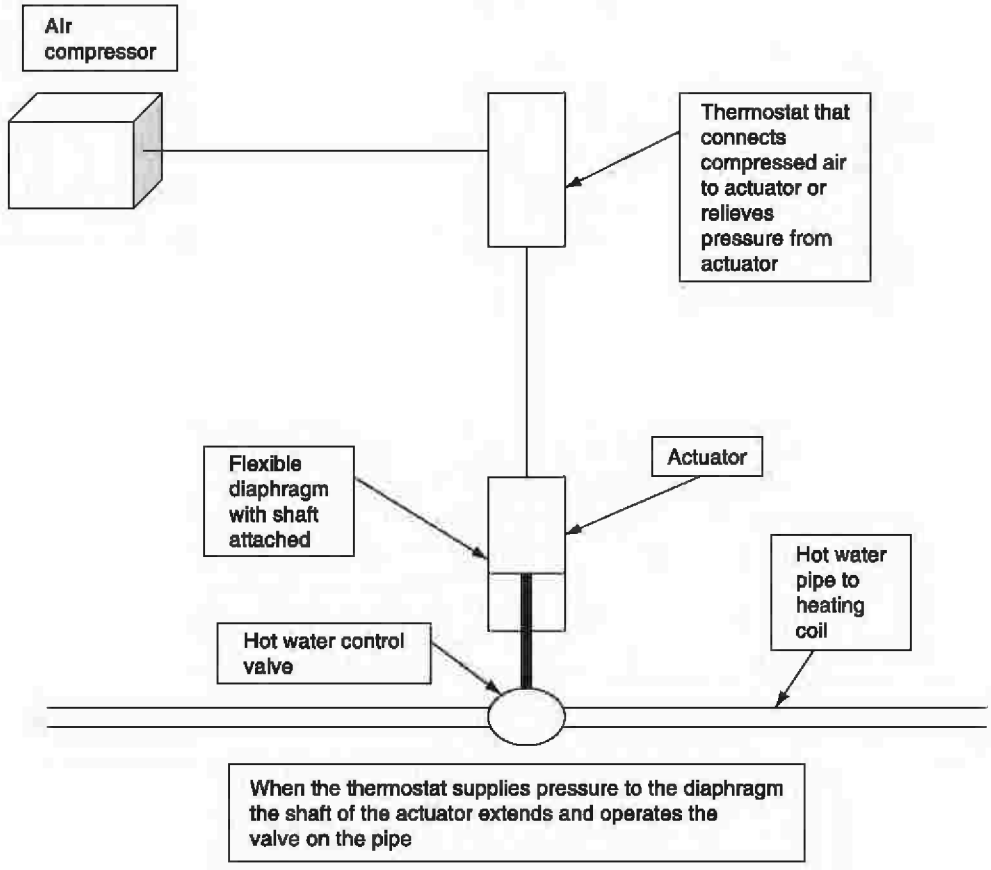
١٠٨

التدفئة والتهوية وتكييف الهواء
Heating, Ventilation, and Air Conditioning

Bruce Hyndman
Director of Engineering Services, Community Hospital of the Monterey Peninsula, Monterey, CA

يشمل مصطلح "التدفئة والتهوية وتكييف الهواء" (HVAC) على العديد من الأنواع العامة الفردية من التجهيزات والأنظمة والتي تأتي عادة مع منظومات ومكونات فرعية. تشمل مكونات أنظمة الـ HVAC بشكلٍ عام على المراوح والمخمدات والوشائع والمرشحات والمرطبات والتحكمات. تقع الدراسة الهندسية لتصميم وتشغيل مثل هذه الأنظمة إلى حدٍ كبير ضمن مجال الهندسة الميكانيكية. ليس القصد في هذا الفصل تقديم نظرية هندسة أو بارامترات التصميم أو مبادئ توجيهية محددة لتشغيل هذه الأنظمة. تتوفر هذه المعلومات في كتب مرجعية كبيرة حيث إنها واسعة جداً في نطاقها ولا يمكن معالجتها هنا. إن الغرض من هذا الفصل هو تقديم لمحة بسيطة عن هذه الأنظمة تسمح للمهندسين الإكلينيكيين بالتعرف على الأنظمة والتجهيزات ووظائفها.

تكون أنظمة الـ HVAC عموماً متكاملة على الرغم من أنها يمكن أن تكون منفصلة. على سبيل المثال، قد يتم استخدام نظام تدفئة إشعاعي الذي لا يوظف إمدادات الهواء الساخن باعتباره الوسيلة الرئيسية للتدفئة. يمكن للحد الأدنى من تسخين إمداد الهواء في هذا المثال أن يستخدم نفس مصدر الحرارة الذي يستخدمه نظام التدفئة الإشعاعي. تُشكل وحدة معالجة الهواء في النموذج البسيط النظام المركزي لعمليات الـ HVAC كما هو موضح في الشكل رقم (١٠٨,١) والذي يُبين العناصر المختلفة لهذه الوحدة. يتطلب البناء التهوية بالهواء النقي وسحب منتجات التهوية البشرية والعمليات. تأخذ الأنظمة البسيطة الهواء النقي من خارج المبنى باستخدام المروحة وتقوم بدفع الهواء النقي من خلال مجاري الهواء إلى كل غرفة في المبنى حيث يدخل الغرف من خلال الفتحات. وبالمثل، يتم سحب الهواء خارج الغرف من خلال فتحات تطرده خارج المبنى إلى الهواء الخارجي.



الشكل رقم (١٠٨,١). وحدة HVAC لمعالجة الهواء .

يترافق مع هذه المراوح والمجاري (التي تُحرك الهواء إلى داخل أو إلى خارج المبنى) أنظمة تقوم بترشيح الهواء وترطيبه أو تجفيفه أو تسخينه أو تبريده والتحكم في حجم الهواء الذي يتم تزويده إلى مجاري الهواء، أو تتحكم في بعض الحالات بحجم تزويد الهواء إلى كل غرفة. فيما يلي وصف للأنظمة والعناصر الفردية الإضافية للنظام الأساسي لإمداد الهواء.

تدفق وضغط هواء التغذية وهواء السحب

Supply and Exhaust Air Flow and Pressure

عادة ما تملي القواعد والمعايير الكمية المطلوبة من الهواء التي سيتم تزويدها وسحبها من أي غرفة أو منطقة في المستشفى. تختلف هذه الكميات وفقاً لاستخدام المكان. يُعبَّر على بارامتر التصميم بـ "تغيير هواء الغرفة في الساعة". تسمح معرفة حجم الغرفة للمصمم بتحديد حجم الهواء الذي يجب تزويده (قدم مكعب في الدقيقة الواحدة "CFM") إلى الغرفة حيث يمكن توزيع هذا الحجم على عدة منافذ أو فتحات لمجاري الهواء الموجودة في

الغرفة. وبالمثل، فعلى الأرجح أن تُملي القواعد والأنظمة علاقة الضغط في كل غرفة بالنسبة إلى المساحات المتاخمة لها. تتطلب بعض الظروف الطبية تهوية خاصة. قد يكون لغرف "العزل" مُتطلبات أو قواعد مُحددة. بعبارات عامة، هناك حاجة إلى منع الهواء من الدخول إلى غرفةٍ ما أو حتى الخروج من غرفةٍ ما في بعض الحالات.

تحتاج غرف المرضى التي تؤوي مرضى الزرع ذوي الجهاز المناعي الضعيف ضرورة التقليل من احتمال التلوث من العوامل الممرضة المحمولة بالهواء والتي قد تكون موجودة في المستشفى ولكن على مستويات غير ضارة للشخص السليم. عادة ما تتم المحافظة على هذه الغرف بضغط ايجابي بالنسبة إلى الرواق والمساحات المتاخمة لها وقد تشمل الغرفة على نظام عزل ثنائي الأبواب مع مساحة فاصلة بين الصالة والغرفة. تكون الغرفة في هذا الترتيب ذات ضغط إيجابي بالنسبة إلى المساحة الفاصلة والرواق بحيث إن الهواء يميل إلى التدفق إلى خارج الغرفة بدلاً من أن يتدفق إليها من خلال الباب المفتوح. تتحقق علاقة الضغوط هذه من خلال توريد كمية هواء إلى الغرفة أكبر من كمية الهواء التي يتم سحبها. يمكن تحقيق اختبار ومراقبة مثل هذه الظروف عن طريق استخدام أنظمة قياس الضغط التفاضلية مع أجهزة الإنذار أو يمكن التأكد من صحة علاقة الضغط باستخدام الدخان لرؤية التدفق الفعلي للهواء عند فتح الباب. يمكن إجراء اختبار أكثر تطوراً باستخدام كميات ضئيلة من العناصر الموسومة في هواء التهوية ومراقبتها باستخدام أجهزة كشف محددة.

أما الغرف التي تؤوي المرضى المصابين بالأمراض المعدية (مثل السل) فتكون مصممة لمنع العوامل الممرضة المحمولة جواً من مغادرة الغرفة ودخولها دورة الهواء العام في المستشفى. تتم المحافظة على مثل هذه الغرف بعلاقة ضغط سلبية بالنسبة إلى القاعة والمناطق المتاخمة لها. يتم تحقيق ذلك من خلال سحب كمية من الهواء أكبر من الكمية التي يتم تزويدها، كما يمكن أن تشمل الغرفة على ترشيح عالي الكفاءة للهواء المسحوب لتقليل احتمال تلوث الهواء الخارجي على مقربةٍ من مآخذ الهواء الأخرى.

تتطلب المساحة المكتبية حداً أدنى من تغيير الهواء في ساعة كما تتطلب أن يكون ضغطها متساوياً مع ضغط المساحات المتاخمة لها. تتطلب غرفة العمليات معدلات أكبر لتبادل الهواء كما يمكن أن تكون علاقة التزويد-السحب غير متوازنة. كما يمكن أن تتواجد في بعض الأحيان حالات خاصة لغرف العزل والغرف النظيفة وغيرها من التطبيقات. يمكن للأنظمة أن تكون بسيطة لدرجة أنها تحتوي على مروحة تعمل بسرعة ثابتة للتزويد والسحب مع مجاري هواء مجهزة بمخمدات داخلية يتم تعديلها من أجل "ضبط" كميات الهواء التي يجري تزويدها من كل فرع من فروع مجرى الهواء. قد تحتوي الأنظمة الأكثر تعقيداً على تصاميم لحجم الهواء المتغير (VAV) تستخدم المحركات متغيرة السرعة لقيادة المراوح أو الفتحات متغيرة الفتحة في نهاية مجاري الهواء التي تُزود كل منطقة. تشمل التحكمات الأخرى للتغيرات على فتحة ثابتة الحجم في نهاية مجرى الهواء للتعويض عن أي تغيرات يمكن أن تحدث

في الضغط في أي مكان آخر في نظام التهوية. يمكن للمرء أن يُماثل النظام المتطور لتزويد وسحب الهواء مع نظام القلب والأوعية الدموية عند الإنسان، حيث تتطلب تغيرات التدفقات والضغوط في فروع فردية في النظام تغييرات تعويضية في التدفق والضغط في مكانٍ آخر في النظام.

يتم في العديد من التصاميم إدراج أنظمة رجوع الهواء بدلاً من أنظمة السحب البسيطة. ربما يوجد في مُسخن الهواء القسري (forced air furnace) المنزلي مروحة واحدة تسحب الهواء من المنزل وتدفعه خلال حجرة التسخين ومن ثم تُعيده إلى المنزل. تعمل أنظمة رجوع الهواء للمستشفيات بطريقة مماثلة ولكنها تستخدم مراوح منفصلة لإزالة الهواء من المبنى وإعادته إلى مدخل مروحة التغذية حيث يتم طرد جزء من الهواء الراجع إلى الجو الخارجي بينما يتم تعويض الفرق بهواء خارجي نقي. تُحدد القواعد والمعايير هنا أيضاً أدنى نسبة مئوية من الهواء الخارجي التي يجب تزويدها إلى المبنى. تُستخدم أنظمة الهواء الراجع للحفاظ على الطاقة من أجل إما التبريد أو التدفئة. تصور مثلاً أن تكون درجة حرارة الهواء الخارجي ٣٠ درجة فهرنهايت. يتم تسخين هذا الهواء خلال انتقاله عبر وحدة معالجة الهواء ومن ثم يتم تزويده إلى الغرف في المبنى حيث يمكن تسخينه هناك لدرجة أعلى لتحقيق درجة حرارة المطلوبة في الغرفة. تكون تكاليف الطاقة لتسخين الهواء في النظام الذي يستخدم١٠٠٪ هواء خارجي للتغذية أعلى من تكاليف نظام الهواء الراجع الذي يستخدم ٢٠٪ هواء خارجي و ٨٠٪ هواء راجع باعتبار أن درجة حرارة الهواء الراجع ستكون قريبة من درجة الحرارة المطلوبة للغرفة وسوف لا يحتاج إلى تسخين. يُعرف استخدام نسبة مئوية متغيرة من الهواء الخارجي (مقابل الهواء الراجع) من خلال التحكم بالمخمدات باسم "دورة التوفير". قد تكون إجراءات التحكم بالتوفير بسيطة حيث يتم التحكم بها إما في وحدة معالجة الهواء أو قد تكون جزءاً من نظام كبير لأتمتة البناء وإدارة الطاقة.

لا يتم عادة ترشيح أنظمة الطرد في وحدات معالجة الهواء العادية، إلا أن أنظمة الطرد لغرف عزل مرضى السل أو لمداخن طرد المواد الكيميائية أو الدخان تتطلب ترشيح محدد وعزل خاص عن مآخذ الهواء أو ضمان عدم تعرض الكادر أو عامة الناس لها.

الترشيح
Filtration

تكون كامل عملية تغذية الهواء إلى المستشفيات مُرشحة. يخضع الترشيح كغيره من المواصفات الأخرى إلى الكودات والمعايير. إن لأماكن الاستخدام العام ما يكفي من الترشيح للقضاء على الجسيمات التي يمكن أن تسبب بمشاكل في صيانة عناصر نظام تغذية الهواء أو مشاكل النظافة العامة ومن أجل تفادي دخول الأحياء الحية.

يمكن ترشيح الهواء عند المدخل و/أو على طول طريق إمداد الهواء إلى غرف المبنى. يتم على الأرجح تزويد غرفة العمليات بالهواء الذي تم ترشيحه أولاً عند المدخل الخارجي للهواء ومن ثم يتم ترشيحه مرة أخرى عند

دخوله مجرى الهواء الرئيسي في وحدة معالجة الهواء. تكون كفاءة المرحلة الثانية من الترشيح أعلى من كفاءة المرحلة الأولى ومن ثم فإنها تُرشح الملوثات الأصغر. قد يكون مطلوباً بالنسبة لبعض الغرف وجود الترشيح النهائي عند دخول مجرى الهواء إلى الغرفة. إن هذه الغرف هي غرف ذات استخدام خاصة من أجل تطبيقات الغرف النظيفة إما من أجل بعض أنواع العمليات الجراحية أو لحماية بعض أنواع من المرضى الذين هم عرضة للإصابة بشكل غير عادي.

تعتمد عادة أعمال اختبار وصيانة المُرشحات على قياس الضغط التفاضلي عبر المُرشح. من معرفة معدل تدفق الهواء يمكن حساب مقاومة المُرشح بناءً على مساحة المُرشح والتدفق. يُحدد مصنعو المرشحات مجالاً للمقاومة أو للضغط التفاضلي يُشكل مجالاً طبيعياً للتشغيل. تُشير المقاومات العالية إلى انسداد المُرشح بينما يُشير انخفاض المقاومة إلى تمزق المُرشح أو تسرب في المرشح أو حوله. يمكن إجراء اختبار "هبوط الضغط عبر المرشح" باستخدام مقاييس الضغط التفاضلي اليدوية المحمولة أو مقاييس المراقبة الثابتة أو من خلال المراقبة عن بعد وأنظمة الإنذار. يتطلب التعامل مع بعض مرشحات الطرد احتياطات خاصة بما في ذلك مرشحات غرف العزل ومداخن طرد المواد الكيميائية والبيولوجية.

التدفئة والتبريد

Heating and Cooling

يمكن أن تكون تدفئة فراغات الغرف في المستشفى إما مباشرة بوجود تدفئة إشعاعية محلية أو أنها تتم على الأرجح عن طريق تسخين الهواء الذي يتم تزويده إلى الغرفة. من أحد أساليب تزويد الهواء الساخن إلى فراغات المستشفى طريقة أو تصميم "محطة إعادة التسخين" والتي يتم فيها تسخين الهواء الداخل إلى وحدة معالجة الهواء إلى درجة الحرارة المستهدفة حيث تتم عملية التسخين في مجرى الهواء الرئيسي لوحدة معالجة الهواء. يتحقق هذا التسخين بتمرير الهواء خلال وشيعة تبادل الحرارة (كما هو الحال في مُشع حرارة السيارة) تحتوي على الماء الساخن القادم من نظام المياه الساخنة. يتم التحكم بدرجة حرارة الماء في الوشيعة عن طريق صمامات وتعتمد على التوصل إلى درجة الحرارة المنشودة لتغذية الهواء. على سبيل المثال، إذا تم تصميم نظام تغذية الهواء لتغذية مستمرة للهواء بدرجة حرارة ٥٥ درجة فهرنهايت فإن صمام التحكم بإمداد الماء الساخن إلى ملف التسخين سوف يغلق مع اقتراب درجة حرارة هواء التغذية من ٥٥ درجة فهرنهايت، وسوف يفتح هذا الصمام بشكلٍ أوسع إذا بدأت درجة حرارة هواء التغذية بالانخفاض دون ٥٥ درجة فهرنهايت. يتم في نظام محطة إعادة التسخين دفع الهواء ذو درجة الحرارة ٥٥ درجة فهرنهايت (أو الهواء ذو درجة حرارة مستهدفة مختلفة) في مجاري الهواء حتى تقترب من الغرفة (أو مجموعة من الغرف) التي يتم التحكم بدرجة حرارتها من قبل ترموستات (أي منطقة إعادة تسخين). هناك، يمر

الهواء خلال مبادل حراري صغير ثاني يتم التحكم به من قبل ترموستات المنطقة. إذا تم تعيين الترموستات على ٧٢ درجة فهرنهايت وكانت درجة حرارة هواء الغرفة ٧٠ درجة فهرنهايت فإن الترموستات سوف يُشغل الصمام الموجود في وشيعة التدفئة المحلية للسماح بتدفق المياه الساخنة و "إعادة تسخين" الهواء لدرجات حرارة أعلى حتى ترتفع درجة حرارة هواء الغرفة (الممزوج) إلى ٧٢ درجة فهرنهايت وعند ذلك يضبط الترموستات صمام وشيعة التدفئة لإيقاف تدفق المياه الساخنة.

تتم عملية التبريد الأولي (precooling) في مثل هذا النظام في وحدة معالجة الهواء مع وشيعة تبريد منفصلة لهذا الغرض. باعتبار أن مساحات البناء عادة ما تُنتج بعض الحرارة من التجهيزات وشاغليها فليس من المطلوب وجود أي تبريد ثانوي. في المثال المذكور تم دفع الهواء بدرجة حرارة ٥٥ درجة فهرنهايت في الغرف التي تقع في نهاية مجاري الهواء. يتعين على المُصمم أن يحسب أسوأ حالات الهواء الخارجي وخصائص توليد الحرارة في الغرفة كما يتعين عليه توفير عدد كاف من تبادلات الهواء بحيث إن تغذية هواء بدرجة حرارة ٥٥ درجة فهرنهايت سوف تُبقي درجة حرارة الغرفة على القيمة المرجوة في أسوأ الحالات. إذا لم تكن الغرفة دافئة بشكلٍ كاف في أحد الأيام الحارة، فإنه سوف تتم "إعادة تسخين" الهواء من قِبَل مجموعة الترموستات والملف المحلية (ومن هنا جاء اسم هذا النوع من تصميم الأنظمة). يمكن لأساليب التحكم بدرجة حرارة الغرفة الأكثر تطوراً أن تتحكم بدرجة حرارة إجمالي هواء التغذية اعتماداً على درجة حرارة الغرفة أو يمكن لأساليب التحكم هذه أن تُغير تدفق الهواء إلى الغرفة لضبط تبادل الحرارة من الخارج إلى الداخل.

يتحقق تسخين المياه التي تتدفق عبر وشائع المياه الساخنة في وحدة معالجة الهواء وفي مناطق التسخين الفردية باستخدام مراجل الماء الساخن أو المبادلات الحرارية بالبخار أو وسائل أخرى. كما يمكن تحقيق تبريد الهواء بالمياه المبردة أو بالتبادل الحراري المباشر مع وشائع المبردات. تمت مناقشة المنشأة المادية للمستشفى في الفصل ١٠٧.

أنظمة التحكم
Control Systems

إن أبسط فكرة للتحكم بنظام الـ HVAC هي التحكم بدرجة حرارة الغرفة عن طريق التحكم في درجات حرارة الهواء كما في حالة ضبط ترموستات الغرفة لـ "زيادة الحرارة" أو لـ "تشغيل تكييف الهواء". في نظام سخانات الهواء القسرية البسيطة والمستخدمة في المنازل فقد يكون الترموستات مجهزاً بمقياس للحرارة أو أي طريقة أخرى داخلية لقياس درجة الحرارة. يؤدي الترموستات وظيفته من خلال استكمال دائرة كهربائية لتشغيل مُسخن الهواء عندما يُحرك القاطنون مؤشر الحرارة المستهدفة فوق درجة الحرارة الحالية. إن تسلسل التشغيل لمثل هذه العملية في سخان الهواء القسري الذي يعمل على الغاز هو كما يلي:

١- فتح صمام إمداد الغاز إلى حراق السخان.

٢- بدء المؤقت.

٣- بدء نظام الإشعال (إلا أذا كان هناك ضوء التجريب، وفي هذه الحالة فإن الخطوة ١ سوف تشمل التحقق من لهب التجريب).

٤- التحقق من الاشتعال من خلال درجة الحرارة (أو الوصول إلى حد معين للمؤقت وإغلاق صمام الغاز).

٥- تزويد الطاقة إلى محرك المروحة لإمداد الهواء الساخن عبر مجاري الهواء.

يُمثل هذا مثالاً بسيطاً لأبسط أنظمة التحكم من أجل وظيفة واحدة في عملية تهوية البناء وتوفير ضوابط الراحة. وبالطبع فإن المستشفى التي تضم المئات أو الآلاف من المناطق أو الغرف والتي يجب ضبطها بالتدفئة والتبريد والترطيب وغير ذلك من السمات تتطلب نظام تحكم أكثر تعقيداً.

الأجزاء الفعلية المتحركة في نظام الـ HVAC للمستشفى هي عادة ميكانيكية والكتروميكانيكية. إن الأساليب الأكثر شيوعاً للتحكم بالأجهزة الفردية والعملية برمتها هي التحكمات الهوائية التي تعمل بالهواء المضغوط أو بالإشارات الكهربائية أو الإلكترونية التي تقود أجهزة أو محركات تعمل على مبدأ الملف اللولبي.

يستخدم التحكم الهوائي الضغوط التفاضلية والتدفقات لدفع أغشية مرنة متصلة إلى صمامات ميكانيكية وأجهزة مماثلة لتشغيل المفاتيح الكهربائية وفتح أو إغلاق الصمامات أو تحريك المخمدات. يُبين الشكل رقم (١٠٨.١) مثالاً تخطيطياً على عنصر واحد من هذا النظام. يتم في هذا المثال التحكم بجهاز تسخين الهواء (وشيعة إعادة التسخين) في المجرى الذي يُغذي الهواء إلى الغرفة عن طريق ترموستات هوائي وصمام ماء ذو تفعيل هوائي.

إن التحكم الرقمي المباشر (DDC) هو نظام تحكمات يستخدم البرامج والبرمجيات الثابتة للتحكم بتسلسل العملية. تُقاس حالات النظام في نظام الـ DDC كمدخلات تماثلية أو رقمية كما يتم إنشاء تعليمات التشغيل إلى الأجهزة كإشارات خرج رقمية. في حال التحكم في نفس جهاز إعادة التسخين المذكور، فإن ترموستات الغرفة يُعطي تمثيلاً رقمياً لدرجة حرارة الهواء الموجودة في الغرفة، أما خرج جهاز اختيار درجة الحرارة الذي يُشغله القاطن للغرفة فيكون عبارة عن إشارة تماثلية يتم تحويلها إلى قيمة رقمية من أجل مقارنتها مع القيمة الرقمية لدرجة الحرارة الحالية للغرفة. يختار برنامج النظام ما قد ينتج عن الاختلاف بين القيمتين، ولكن تكون النتيجة في الحالة العادية إشارة خرج رقمية تُفعل فاصمة الالكترونية تُغذي الطاقة إلى صمام ماء ساخن يُشغَّل عن طريق ملف لولبي. ومن الخيارات الأكثر تطوراً أن يكون الناتج عبارة عن سلسلة نبضات إلى محرك خطوي يتحكم بصمام الماء الساخن، مع تحكم طردي للصمام يتناسب مع الفرق بين تغيرات الحرارة الفعلية والمطلوبة.

إذا اعتبرنا أن هناك مئات من مناطق ضبط الراحة التي تتم تغذيتها بالعديد من المراوح مع مراجل الماء الساخن ومبردات المياه الكهربائية ومرطبات البخار أو المرطبات الكهربائية مع كل اعتبارات السلامة المحتملة (مثل

التحقق من ضوء التجريب في سخان الهواء المنزلي)، عندئذ يمكن للمرء أن يرى أن تحكمات الأنظمة في البناء هي معقدة وديناميكية مع التغير المستمر لظروف التشغيل في جميع أنحاء المبنى. لقد أصبحت عملية إدارة أنظمة التحكم في البيئة الحالية لتكاليف الطاقة وظيفة هامة. غالباً ما تسمى أنظمة الـ DDC بـ "أنظمة إدارة الطاقة"، على الرغم من أن التحكم بتسلسل التشغيل هو ضرورة سواء كانت الأنظمة تُشغَّل اقتصادياً أم لا.

الترطيب

Humidification

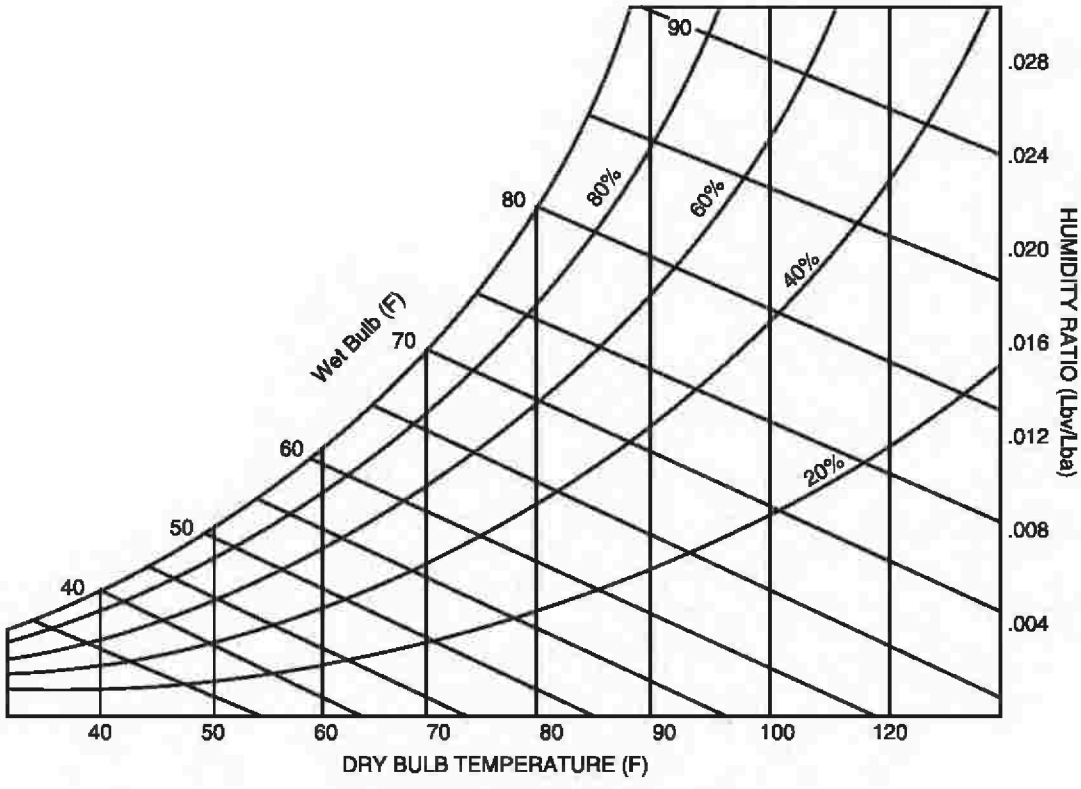
يُمثل المخطط السيكومتري المُبين في الشكل رقم (١٠٨,٢) أداةً لفهم العلاقات بين البارامترات المختلفة لهواء التغذية والرطوبة النسبية. يسمح هذا النموذج للمصمم أو المشغل بالـ "العمل إلى الوراء" من الرطوبة النسبية المرجوة للغرفة إلى حالة الهواء المطلوبة عند دخوله في مجرى تغذية الهواء. لا تتطلب معظم الكودات ضرورة التحكم في الرطوبة في جميع المناطق، ولكن التحكم بالرطوبة مطلوباً في معظم المناطق الجغرافية. يدعو الكود الميكانيكي الموحد (Uniformed Mechanical Code، ٢٠٠٣) لأن تكون نسبة الرطوبة في غرف العمليات من ٥٠٪ إلى ٦٠٪. يُسحب هواء التغذية في المناخ الحار والرطب إلى داخل النظام ومن ثم يتعرض لوشائع التبريد التي تُخفض درجة حرارة الهواء إلى ٥٥ درجة فهرنهايت. وفقاً للمخطط السيكومتري إذا كانت الرطوبة النسبية للهواء الخارجي ٨٠٪ وكانت درجة حرارة الهواء الخارجي ٨٥ درجة فهرنهايت، وعند تبريد هذا الهواء إلى ٥٥ درجة فهرنهايت فإن البخار سوف يتكاثف وتصبح الرطوبة النسبية ١٠٠٪. عندئذ إذا تم تسخين الهواء إلى ٧٠ درجة فهرنهايت دون إضافة الماء فإن الرطوبة سوف تتغير إلى حوالي ٦٠٪ (وفقاً للمخطط). أما في المناخ ذو الرطوبة المنخفضة، فمن الضروري حقن بخار الماء في هواء التغذية لزيادة درجة الرطوبة إلى المستوى المستهدف. ويمكن القيام بذلك إما بالبخار أو بأساليب أخرى. يمكن تأمين البخار إما من المراجل البخارية أو من مولدات البخار الكهربائية التي تقوم بغلي الماء مباشرة.

الكودات والمعايير

Codes and Standards

يمكن للكودات أن تُملي بارامترات تشغيل وصيانة أنظمة الـ HVAC أو يمكن تصميم هذه البارامترات وفقاً لمعايير غير مُلزمة. ربما تكون الولايات القضائية المحلية قد اعتمدت بعض المعايير الوطنية في قوانينها مثل كود الميكانيكي الموحد وكود سلامة الحياة (NFPA، ٢٠٠٣). ترجع JCAHO إلى بعض الكودات في الأقسام المتعلقة بإدارة بيئة الرعاية (JCAHO، ٢٠٠٠). على سبيل المثال، يرجع اختبار التحكم بمراوح هواء التغذية عند تفعيل بعض أجهزة الإنذار بالحريق إلى المعايير ذات الصلة (NFPA 90A) الذي نشرته اللجنة الوطنية للوقاية من الحريق

(انظر الفصل ١١٨). تتعلق بعض كودات البناء في المقام الأول بتصميم الأنظمة بدلاً من صيانتها أو تشغيلها. قد تعتمد وتُطبق قوانين ترخيص المستشفيات بعض الكودات والمعايير أو يمكنها ببساطة أن تتضمن بعض المُتطلبات من وثائق أخرى. باعتبار أن القوانين المطبقة تختلف باختلاف المكان، فلم تُبذَل أي محاولة هنا لتقديم قائمة مرجعية لهذه الوثائق. إن البدء بتلك الكودات المشار إليها من قِبَل JCAHO تُعتبر بداية جيدة. يمكن لمهندسي التصميم بشكلٍ مُحدد أن يوجهوا الشخص إلى كودات البناء المعمول بها محلياً من أجل أنظمة الـ HVAC. يتناول الفصل ١٢٠ معايير السلامة لمنشأة المستشفى.



الشكل رقم (١٠٨,٢). المخطط السيكومتري .

نوعية الهواء الداخلي
Indoor Air Quality

أبدت الصحف ووسائل الإعلام لسنوات عديدة اهتماماً كبيراً بأعراض "مرض الأبنية". ناقشت القصص تعرض القاطنين إلى المواد السامة من السجاد الجديد وتلوث هواء التغذية بالملوثات البيولوجية مثل البكتيريا والفطريات. إن مصطلح "نوعية الهواء الداخلي" هو المصطلح العام لفحص وضبط الأمور التي قد تكون موجودة

في الهواء داخل المبنى. يتعرَّض أي مُشغل لمنشأة المستشفى إلى ضرورة الرد على الشكاوى أو التساؤلات حول نوعية الهواء الداخلي من قِبَل الموظفين والمرضى والزوار والأطباء.

تتمثل الأولوية الأولى في النظر في نوعية الهواء الداخلي في ضمان عدم إضافة الملوثات داخل المبنى من الخارج أو عدم إنشاء هذه الملوثات داخل المبنى والأنظمة ومن ثم نقلها عن طريق أنظمة الـ HVAC. إن نوعية الهواء الخارجي هي بشكل عام معروفة، وإذا ما تم تزويد كمية كافية من الهواء الخارجي إلى البناء فسوف تكون نوعية الهواء داخل المباني مثل نوعية الهواء الخارجي إلا أن الترشيح سوف يقلل من بعض التلوث (الجسيمات في المقام الأول). تشمل المصادر الداخلية لتلوث الهواء على المواد الكيميائية السامة والغبار من أعمال البناء والملوثات المُعدية المحمولة بالهواء من المرضى وفرص النمو البيولوجي ضمن أنظمة التهوية. تُستخدم غرف العزل لمنع انتشار الكائنات التي تُسبب الأمراض خلال نظام تدوير الهواء.

هناك مُتطلبات إجرائية مُحدَّدة للمواد الكيميائية السامة اللازمة في تقديم الرعاية الصحية مثل تهيئة واستخدام مداخن العادم لمنع هذه المواد من الاختلاط مع التغذية الداخلية للهواء. يمكن أن يتسبب الاستخدام أو التخزين غير السليم للمواد الكيميائية إلى الارتفاع غير المسموح به للتعرض لهذه المواد. تُستخدم أنظمة خاصة لتفريغ الدخان في بعض التجهيزات الجراحية لإزالة الجسيمات المحمولة بالهواء والبهاء من هواء غرفة العمليات.

قد يكون لوحدات معالجة الهواء وأبراج التبريد بالتبخر المتاخمة لها القدرة على أن تكون بمثابة حاضنات لبعض الملوثات البيولوجية. تحدث هذه الحضانة عادة عند ركود المياه غير المُستخدمة وتحلل الكلور وغيره من المواد. كما يجب صيانة ومراقبة مناطق تجميع التكاثف في وحدات معالجة الهواء وأجهزة التبريد على نحو ملائم ويجب في بعض الحالات معالجتها لتجنب النمو البيولوجي غير مرغوب فيه.

يمكن لبعض الفطريات التي تنتشر في كل مكان في التربة والغبار والتي عادة ما تكون غير ضارة للأفراد السليمين أن تُسبب مشاكل صحية للمرضى العليلين. تطلب الممارسة الحالية أن يبقي ضغط الهواء في مناطق تنفيذ أعمال البناء داخل المستشفيات سلبي بالنسبة إلى المناطق المحيطة بها لتجنب تلوث مناطق المرضى.

المراجع

References

JCAHO. Comprehensive Accreditation Manual for Hospitals. Chicago, JCAHO, 2000.
NFPA. Life Safety Code 2003 Edition. Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2003.
International Conference of Building Officials, International Association of Plumbing and Mechanical Officials. Uniform Mechanical Code, 2003. Whittier, CA, and Walnut, CA, ICBO and IAPMO, 2003.