

Технология на влажочувствителните вентилационни системи за осигуряване на вътрешния климат и енергийна ефективност на сградите

Михаел Делийски, Петър Динев, Илия Илиев, Константин Велев

Technology of airflow-controlled humidity sensitive ventilation for indoor climate and energy efficiency of buildings: *The airflow-controlled humidity sensitive ventilation is an efficient technological solution to the sick building syndrome problems. This innovation serves in the best way the indoor air quality and energy saving. The air quality is recognised as a determining component of wellness in dwellings and offices, because the limitation of energy consumption has become today a major concern in the building sector.*

Key words: *airflow and demand controlled humidity sensitive ventilation, energy building efficiency, humidity-controlled air terminal, humidity sensor temperature coefficient, indoor air quality, sick building syndrome.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Добрата вентилация се явява ключов фактор за *топлинния комфорт* и *енергийната ефективност* на сградите. Съвременна тенденция за осигуряване на високо равнище на енергийна ефективност е да са уплътняват все повече и повече, както новостроящите се, така и подлежащите на обновяване (саниране) сгради.

Известно е, че използваните до неотдавна дървени и метални дограми се характеризират с ниска *степен на уплътняване* (висока *степен на инфилтрация*) и успяват, но с цената на по-висок енергиен разход за отопление и охлаждане, да доставят необходимия пресен въздух. За съжаление, през последните години, се пристъпи към все по-масово "механично" подменяне на старите дограми със съвременни, но с високо уплътняване, ниска инфилтрация и непроницаемост за външния (пресния) въздух.

Това обстоятелство поставя все по-сериозно проблема за *качеството на въздуха в затворени помещения* (англ.: *indoor air quality, IAQ*), тъй като по-голямата част от човешкия живот минава в офиси и домове. Много от здравословните проблеми на съвременния човек се предизвикват от въздуха в собствения му дом или на работното място, като при това се появяват главоболие, сънливост, раздразнителност, понижена работоспособност. Няма как да не се признае, че обитателите на нови и ефективни в съхранението на енергия домове и офиси са по-предразположени към здравни проблеми, защото в добре херметизираните им жилища влагата и замърсяването на въздуха са много по-големи. Те предизвикват алергични и респираторни заболявания, от които се оплакват цели семейства, а периодът на лекуването им се удължава съществено. Замърсяването на въздуха в затворените помещения вече се възприема като един от петте най-големи екологични рискове за обществено здраве, който води до т. нар. "*синдром на болната сграда*" (англ.: *sick building syndrome*), [1, 3].

Правилно съчетаните *показатели* на качеството на въздуха - температура, влажност и скорост на движение, карат всеки човек да се чувства добре. За доброто *качество на живот* важно значение придобива самият състав на въздуха. Пребиваването на хора в уплътнени и затворени помещения намалява съдържанието на кислород във въздуха, увеличава концентрацията на въглероден диоксид и други замърсители на въздуха, като прах, дим и летливи органични съединения. Поради отсъствието на обмен на въздуха, влагата достига стойности, вредни за човешкото здраве, но подходящи за бързото размножаване на акари, за разпространението на микроорганизми, плесени и гъбички. Качеството на въздуха в добре уплътнените и отлично термоизолирани жилища отдавна не е здравословно.

Основните критерии при проектиране на детски градини, учебни заведения, болници, жилищни и офисни сгради се отнасят до *задоволяване на потребността* на децата, учениците, студентите, болните, живущите и персонала от *комфортна среда на обитаване*. Добрата вентилация означава *правилен избор на вентилационна система*, така че да бъдат осигурени едновременно топлинният комфорт и доброто качество на въздуха в затворените помещения. Отдавна вентилацията не се свързва само с подобряването на качеството на въздуха в затворени помещения, защото добрата вентилация осигурява топлинния комфорт и снижава енергийните разходи за отопление. Ефективността им се определя от няколко основни фактора: лесен монтаж, проста експлоатация и минимална поддръжка, и най-вече способността да съхраняват топлината и да регулират разхода на въздух в съответствие с реалните потребности. Дефинирани са ясни изисквания, които определят вътрешната температура и обмена на пресен въздух в обитаемите помещения.

В този случай, влажността се явява важен индикатор не само за присъствието на хора, но преди всичко за степента на замърсяване на въздуха в помещенията. Готвенето, къпането, прането, гладенето, чистенето, дори спането и престояването на едно място - всяка от тези дейности се съпровожда задължително с отделянето на водни пари. В процеса на ползване на *помощните помещения* (кухни, тоалетни, бани) и на *основните помещения* (спални, дневни, холове) въздухът не само се овлажнява, но и се замърсява в голяма степен. Доказано е, че колкото по-висока е влажността в едно затворено помещение, толкова по-голямо е замърсяването на въздуха. Неоспорим факт е, че дишайки въздух с висока относителна влажност, човек поема в дробовете си силно замърсен и нездравословен въздух, [3].

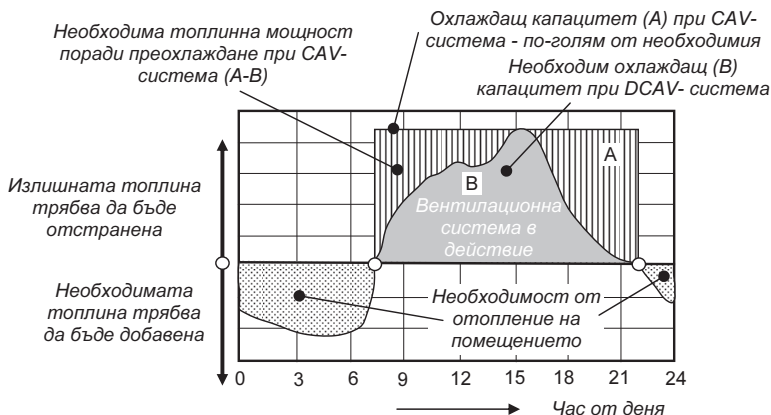
Цел на настоящата работа е да представи технологични решения, които съчетават равнища на топлинен комфорт с ниски енергийни разходи и висока степен на енергийна ефективност на естествената вентилация.

ВЛАГОЧУВСТВИТЕЛНИ ВЕНТИЛАЦИОННИ СИСТЕМИ

Съществуващата практика в областта на вентилационните технологии и системи илюстрира приложението на две съществуващи енергоспестяващи технологични решения: *вентилацията с оползотворяване на топлина* (англ.: *heat recovery ventilation, HRV*) и *вентилацията с автоматично управление на въздушния поток* (англ.: *variable demand-controlled air ventilation, DCAV*). Вентилационната технология с оползотворяване на топлината предлага устойчив, често неизменен, въздушен поток с възможности за внезапно увеличаване на скоростта при нарастване на замърсяването. Тази технология работи с два въздушни потока - един изходящ и един входящ, така че топлината от изходящия въздушен поток се предава на входящия поток чрез подходящ *топлообменник*. Вентилационната технология с автоматично управление на въздушния поток (англ.: *demand-controlled air flow ventilation, DCAV*), която се прилага при смукателни системи, осигурява много ниски скорости на въздушния поток, но може да увеличи тези скорости значително, при необходимост. Това намалява средната скорост на въздушния поток и топлинните загуби, но осигурява за късо време потенциалната възможност за много високи скорости на вентилация. Времето на работа с висока скорост е достатъчно кратко, за да не оказва съществено влияние върху средната скорост на въздушния обмен, Фиг. 2, [2, 3].

Тези вентилационни системи осигуряват явни предимства пред конвенционалните вентилационни системи с *постоянен въздушен поток* (англ.: *constant air volume ventilation, CAV*). Намалената средна скорост на въздушния поток определя по-ниска консумация на енергия за вентилация, за загряване и охлаждане на подавания въздух, Освен това, автоматизираната вентилационна система с

управление на стайната температура позволява да се пренебрегне необходимостта от допълнително отопление на помещението, когато в него няма никой или топлинният поток от слънчевото греене остава пренебрежимо малък. Това може да заеме повече от 50 % от експлоатационното време на инсталацията. Прекомерната вентилация води до разхищение и до изразен топлинен дискомфорт, Фиг. 1.



Фиг. 1. Сравнение между вентилационни системи за управление на топлинния комфорт с постоянен (CAV) и променлив въздушен поток (DCAV).

Направено е сравнение предвид необходимостта от отопление и охлаждане на едно помещение при осигуряване на топлинен комфорт (фиг. 1). При конвенционалната вентилационната система е необходима допълнителна енергия за отопление на помещението, поради необходимостта от компенсирани на преохлаждането, предизвикано от постоянно действащия въздушен поток.

Съчетаването на автоматично управление на въздушния поток с естествена вентилация (англ.: *natural or passive ventilation*, NAV) позволява да се проявят ясно ползите от преминаването към нова автоматизирана вентилационна технология (много често с дистанционно управление): *i* - подобряването на качеството на въздуха (англ.: *indoor air quality*, IAQ); *ii* - намалените експлоатационни разходи или икономията на енергия за вентилация, отопление и охлаждане и на разходи за поддръжка; *iii* - намаленото въздействие върху околната среда, на разходите за контрол на замърсяването и косвено на емисиите на парникови газове; *iv* - контрола на обитателите или на присъствието на хора в помещението; *v* - намаляването на заболяванията, присъщи за синдрома на "болната" сграда; *vi* - повишаването на работоспособността на персонала и на производителността на труда поради възможността сами да управляват вентилацията; *vii* - намалените капитални разходи; *viii* - по-голямата адаптивност и гъвкавост на вентилационната система.

Вентилацията с управление на въздушния поток се извършва или по големината на относителната влага или по концентрацията на въглеродния диоксид (CO₂) в помещението, т.е. косвено по пребиваването на хора (брой, време и активност) във вентилираните помещения. Параметрите на управление зависят предимно от функциите на помещенията и от профила на обитателите, или общо от степента на замърсяване на въздуха в помещението. Източниците на замърсяване са три: *i* - от сградата и мебелите; *ii* - от човешката активност и дейности; *iii* - от човешкия метаболизъм, [3].

Самото управление на въздушния поток се извършва чрез клапи, които заслоняват в различна степен входните и изходните отвори на вентилационната

система. Степента на заслоняване може да се променя ръчно, механично или от налягането на преминаващия въздушен поток. Управляваното механично заслоняване на клапите отговаря на концепцията за автоматизиране на вентилацията чрез управление на преминаващия въздушен поток. За съжаление класическото изпълнение с електронни сензори за влага или въглероден диоксид, система за сравнение и електрическо задвижване на клапата усложнява твърде много техническото изпълнение и задържа реализацията на тези системи, [2, 3].



Фиг. 2. Място на чувствителната към влага вентилация с автоматично управление на въздушния поток (HCAV) в общата класификация на вентилационните системи

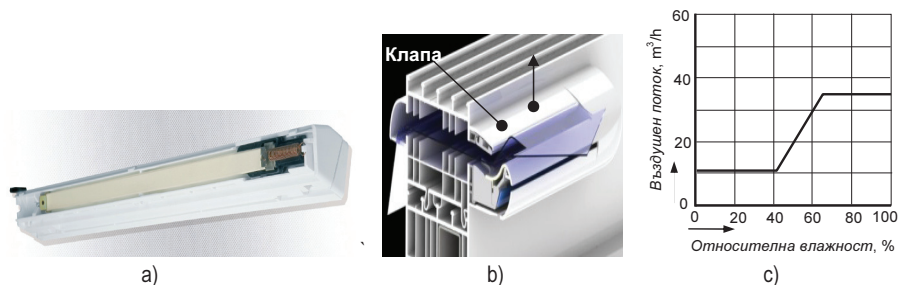
Внедряването на *влажгочувствителни* (или влагоуправляеми) *въздушни клапи* (англ.: *humidity sensitive or controlled air terminal*) във входни прозоречни и стенини устройства придава простота на техническите решения. Тези влагочувствителни компоненти съдържат *изпълнителен елемент-сензор*, съставен от 8 (или 16) броя текстилни ленти от *полиамид*, които променят дължината си в зависимост от относителната влажност на въздуха и създават сила, която променя положението на входната клапа. По този начин, сензор, управление и изпълнителен механизъм са обединени в едно влагочувствително входно устройство. Така се постига управление на въздушния поток, в зависимост от равнището на относителната влажност. Влагочувствителният изпълнителен елемент е изолиран от прякото действие на входящия въздушен поток и се влияе единствено от *относителната влага* в мястото на монтажа в помещението. Колкото е по-голямо равнището на относителната влажност в помещението, толкова по-голям е пропусканият отвън въздушен поток, [1, 2, 3].

Известно е, че *максималната влажност* на въздуха се изменя пропорционално на температурата, което означава, че при увеличаване на температурата влажността на въздуха нараства. *Относителната влажност* се изразява чрез отношението на количеството водна пара, находяща се във въздуха и максималното количество водна пара, което този въздух може да приеме при една и съща температура на въздуха. При това положение, съществуват три характерни температури, които определят т.нар. *температурен коефициент CT* на влагочувствителния компонент на вентилационната система, [3]:

$$CT = (T_{in} - T_{sens}) / (T_{in} - T_{out}) = (T_{in} - T_{sens}) / \Delta T \quad (1)$$

където T_{in} е температурата в помещението; T_{out} - температурата извън помещението; T_{sens} - температурата на сензора/изпълнителния механизъм.

Температурният коефициент поставя температурата на сензора в пряка зависимост от температурната разлика ΔT . И още нещо много важно, съществува разлика между температурата в помещението T_{in} и температурата в мястото на сензора T_{sens} . Така става ясно, че "измерената" относителна влажност ще зависи само от температурата на сензора. На основата на дългогодишни изследвания, [3], емпирично са установени границите на изменение на температурния коефициент: $CT = 0,25 \div 0,32$. При тези стойности, влагоуправляваните входни компоненти имат достатъчно широк диапазон за управление на въздушния поток по-всяко време на годината и са способни да реагират даже на незначително увлажняване на въздуха в помещението, [3].



Фиг. 3. Прозоречна влагочувствителна клапа: а - поглед откъм сензора-изпълнителен механизъм; б - движение на въздушния поток през отворената клапа; с - външна (изпълнителна) характеристика "въздушен поток - относителна влажност", [3].

Описаната технология на вентилация с влагочувствителни въздушни клапи е много адаптивна и гъвкава. Тя е съвместима, както с йонизирането на въздуха, така и с неговата климатизация. Тя може да бъде използвана и се използва с успех не само при системите с естествена вентилация, но и при останалите вентилационни системи - механични с принудителна вентилация и хибридни вентилационни системи. Естествената вентилация обаче остава икономически най-изгодното технологично решение, особено когато постъпващият въздух не се филтрира или не се търси изборително различно локално решение (например, при мокрите помещения).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управлението на разхода на пресен въздух в зависимост от локалното равнище на относителната влажност се явява ефективно технологично решение на проблемите, които поставя синдрома на "болната" сграда. Управляваната по относителна влажност вентилационна система с влагочувствителни въздушни клапи на входа (сухи помещения - спални, холове) и на изхода (влажни помещения - бани, умивални, WC) остава най-ефективното и икономически изгодно технологично решение, което осигурява необходимата енергийна ефективност и качеството на въздуха в затворените помещения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Maripuu, Mari-Liis. Demand controlled ventilation (DCV) for better IAQ and Energy Efficiency. Rehva Journal, March 2011, pp. 26÷30.
- [2] Krus, M., D. Rösler. Calculation of the energy demand of a supply and exhaust system

with heat recovery compared to a demand controlled (humidity controlled) exhaust system in a single-family house. IBP Summary Report RK 032/2010/292 K. Fraunhofer Institute for Building Physics, Germany, May 2011, pp. 1÷8.

- [3] Savin, Jean-Luc, M. Jardinier. Humidity Controlled Exhaust Ventilation in Moderate Climate. Ventilation Information Centre, 31, June 2009, pp .

За контакти:

Михаел Делийски, катедра “Електрически апарати”, Технически университет-София, тел.: 0888 729 663, електронна поща: deliyski@EEfect.com;

Петър Динев, катедра “Електрически апарати”, Технически университет-София, тел.: 0889 414 733, електронна поща: dineff_pd@abv.bg;

Илия Илиев, катедра “Топлотехника, хидро и пневмотехника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 02 988 00 52, електронна поща: iiliev@enconservices.com;

Константин Велев, катедра “Селскостопанска техника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 0889 262 005; електронна поща: velev.k@gmail.com.

Докладът е рецензиран.