

Изследване и оценка на температурата на оросяване на въздуха в българските домове, основана на резултати от проекта ALLHOME

Мартин Иванов

Детелин Марков

Dew point temperature analyses in Bulgarian homes: This paper presents an analysis of the experimental data for the dew point temperature, which is treated as indoor air quality indicator (or indicator for moisture problems), in typical homes in two big industrialized towns of Bulgarian – Sofia and Burgas. The data is collected under the ALLHOME project. The international project ALLHOME is performed in Bulgaria during the winter period of 2004 – 2005 by the Center for Research and Design in Human Comfort, Energy and Environment (CERDECEN) in cooperation with the Technical University of Denmark and the Asthma association in Bulgaria. In 52 (32.5%) from the investigated rooms in Burgas and in 45 (28.8%) from Sofia, the average dew point temperature in the occupied area is above 10°C. The presented data suggests high risk of moisture related problems, which leads to low occupant satisfaction with the environment and prerequisites of health complications.

Key words: Indoor Air Quality, Indoor Environment, Dew Point Temperature, Moisture, Residence Rooms

ВЪВЕДЕНИЕ

Настоящата публикация има за цел да представи анализ и оценка на експериментални данни за температурата на оросяване на въздуха в помещения без организирана вентилация, каквито са типичните български домове. Температурата на оросяване на въздуха се разглежда като параметър свързан с качеството на въздуха в тези помещения и като индикатор за наличие на проблеми с влагата в тях. Представените данни са събрани по време на измерванията по проекта ALLHOME за зимния период 2004-2005а година в два големи града на България – София и Бургас. Международният проект ALLHOME е проведен в Центъра за изследване на микроклимат, енергия и околна среда (CERDECEN) в сътрудничество с Датския технически университет и Асоциация „Астма“ в България. Подробна информация за него е публикувана в [7], [8] и [9].

ВЛАГАТА В ЗАТВОРЕНИТЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Според различни международни изследвания, влагата в затворените помещения повишава рискът от развитие на широк кръг здравословни проблеми при обитателите [1,2,3,6]. Такива могат да бъдат: кашлица, затруднено дишане, астма, инфекции на дихателните пътища, а също така и умора, отпадналост и главоболие. Някои изследвания подсказват, също така, че продължителното обитаване на „влажна среда“ е рисков фактор за развитие на свръхчувствителност и поява на алергии (Commission on Environmental Health, 1996) [4,9]. Но, с изключение на акарите, все още не е доказано кои компоненти на въздуха в затворените помещения, свързани с влажността, са отговорни за съществуването на тези проблеми. През годините понятието „влажна среда“ придобива доста неясна концепция и в момента се прилагат множество различни определения. Съществува нужда от дефиниране на специфични химични и биологични фактори, които да дадат по-ясна характеристика на това понятие.

Влагата в помещенията може да съществува под формата на водни пари във въздуха или просто като вода, и има четири основни източника [3,5]:

- **Външни източници** – това са влага от земната повърхност, външния въздух и различни пропуски (течове), вследствие на дъждове или продължително натрупване на сняг.
- **Вътрешни източници** – най-често това са хората (обитателите), техните домашни любимци, както и техните дейности: готвене, чистене, пране, сушене на дрехи в дома и др.

- **Сградни източници** – това е влагата съдържаща се в строителните материали: бетонни стени и плочи, тухлени ограждения, различни видове мазилки, подови и стенни настилки и др.
- **Инцидентни източници** – могат да бъдат различни видове течове от водопроводни тръби, наводнения и др.

Трябва да бъде спомената разликата между влагата в сградната структура и влагата във въздуха в затворените помещения. Влагата в сградната структура може да повлияе на строителните материали, което води до микробиологични и химични процеси, причиняващи различни емисии от миризми, алергени и други респираторни дразнители. От своя страна, относителната влажност на въздуха в помещенията може да предизвика кондензация върху студени повърхности, както и кондензация в самата конструкция, което също подпомага химичните процеси при развитието на различни плесени.

В различните изследвания по света, са използвани многобройни органолептични индикатори за проблеми с влагата в затворените помещения, като „видим мухъл“, „мокри петна“, „кондензация по прозорци и стени“, „наводнения“, „водни щети“, „лоша миризма“ и др. Индикаторите са свързани с различните проблеми в помещенията [3,9]. „Видим мухъл“ и „кондензация по прозорци и стени“ в дадено помещение са индикатори за висока относителна влажност на въздуха в помещението и студени ограждения. „Мокри петна“, „водни щети“ и „лоша миризма“ са много често индикатори за влага в сградната конструкция.

В много изследвания, индексът за „влага в помещенията“ е използван като комбинация от няколко от изложените по горе индикатори. Съществува и широко разнообразие от преобладаващите индикатори за влага [3,4,9]. Например, в страните от тропическия климатичен пояс, като Тайван, „видим мухъл“ и „водни щети“ са открити в множество изследвани сгради – между 23 и 79%. В страните от студения климатични области, като скандинавските държави, тези индикатори са открити в значително по-малко сгради – между 4 и 25%. От друга страна, именно там са докладвани много по-често индикатори като „лоша миризма“ и др.

ТЕМПЕРАТУРА НА ОРОСЯВАНЕ НА ВЪЗДУХА

За охарактеризиране на количеството на водните пари във влажния въздух се използват различни параметри:

- **относителна влажност** (ϕ , RH в %) - отношение на парциалното налягане на водните пари разтворени във въздуха при дадени условия, към налягането на насищане на водните пари (максималното количество водни пари което може да бъде разтворено във въздуха) при тези условия (температура на влажния въздух);
- **абсолютна влажност** (d в kg/kg) - масата на водните пари във влажния въздух при дадени условия приведена към един килограм сух въздух;
- **обемна концентрация на водните пари** (X_v в m^3/m^3) - обема на водните пари в $1m^3$ влажен въздух при конкретните условия, който в приближение идеален газ съответства на броя на молекулите на водните пари в един мол влажен въздух или на отношението на парциалното налягане на водните пари към налягането на влажния въздух;
- **масова концентрация на водните пари** (Y_v в kg/kg) – масата на водните пари в 1 kg влажен въздух;
- **температура на оросяване** – температурата на насищане на водните пари, която съответства на парциалното налягане на водните пари във влажния въздух при конкретните условия.

От тези параметри относително най-лесно може да бъде измерена директно относителната влажност на въздуха, от която при наличие на данни за налягането и температурата на влажния въздух се изчисляват стойностите на другите параметри.

Съгласно ISO 7730-2005 [6], налягането на насищане на водните пари като функция на тяхната температура се пресмята от израза

$$p_s = 100 \exp \left(18.956 - \frac{4030.18}{t_r + 235} \right), \text{Pa} \quad (1)$$

където температурата на водните пари (и на влажния въздух) t_r е в $^{\circ}\text{C}$.

От този израз след преобразувания, при отчитане на определенията за относителна влажност и температура на оросяване, се получава изрза

$$t_{dp} = \frac{1}{\frac{1}{235 + t_r} - \frac{\ln \left(\frac{RH_r}{100} \right)}{4030.18}} - 235 \quad (2)$$

от който температурата на оросяване (t_{dp}) на въздуха в помещението се пресмята като функция на неговата температура (t_r) и относителната влажност (RH_r).

Температурата на оросяване на въздуха в дадено помещение е, в първо приближение, температурата на огражденията при която и под която върху тях ще се наблюдава кондензация на водните пари. Обикновено, най-студените елементи в жилищата са външните стени и стъклените повърхности на прозорците и външните врати и именно върху тях, най-често, се образува конденз. Задържането на влагата по тези повърхности, от своя страна, води до понижаване на топлоизолационната им способност и, при наличието на подходящи хранителна среда и температура, до развитие на различни по вид плесени. Мухълът в помещенията е признат за основен дразнител на дихателните пътища и причинител на редица респираторни проблеми, включително за развитието на алергии и астма.

Съществуват множество ситуации при които температурата на вътрешната повърхност на външните ограждения става по-ниска от температурата на оросяване на въздуха в помещението. Например, в домовете без, или с изключено, централно отопление, където отоплителните уреди се включват периодично, конструкцията на сградата остава по-студена и риска от кондензация по стените е много по-голям. Друг пример, в преходните месеци, когато през целия ден външната температура е малко по-висока от 12°C и сградите все още не се захранват централно с топлина, е много вероятно през нощта температурата на вътрешната повърхност на външните ограждения на помещенията да спадне до $[8, 10]^{\circ}\text{C}$, което при температура на въздуха в помещението 18°C и относителна влажност 50 – 60 % може да доведе до кондензация на водните пари върху тези повърхности.

РЕЗУЛТАТИ

Температурата на оросяване в наблюдаваните стаи на децата от Бургас е в интервала $[-9.2, 19.4]^{\circ}\text{C}$, а на децата от София в интервала $[-11.0, 17.5]^{\circ}\text{C}$. Средната стойност на минималната температура на оросяване в стаите на бургаските деца е 4.80°C , а на максималната температура на оросяване е 11.56°C . За София тези стойности са съответно 3.50°C и 11.39°C . Средната стойност на температурата на оросяване в стаите на бургаските деца е 8.60°C , а на софийските 8.14°C . В Таблица 1 е представена информацията относно разпределението по интервали на регистрираните минимални (t_{dp-n}) и максимални (t_{dp-x}) стойности на температурата на оросяване в наблюдаваните стаи в Бургас и в София, както и на изчислената средна (t_{dp-a}) стойност на температурата на оросяване за периода на наблюдение. Представена е също така и информацията относно разпределението по интервали на променливите t_{dp-25} , t_{dp-50} и t_{dp-75} , които охарактеризират

изменението във времето на температурата на оросяване във всяка от наблюдаваните стаи, а косвено носят информация и за навиците на обитателите. Индекса t_{dp-25} носи информация за стойността под която се е намирала температурата на оросяване в стаята в продължение на 25% от периода на наблюдение, аналогично t_{dp-50} и t_{dp-75} се отнасят за 50% и 75% от периода на наблюдение.

Таблица 1
Разпределение по интервали на характеристиките на записите на температурата на оросяване в наблюдаваните стаи

Интервал		Бургас						София						Общо					
мин	макс	t_{dp-n}	t_{dp-25}	t_{dp-50}	t_{dp-75}	t_{dp-x}	t_{dp-a}	t_{dp-n}	t_{dp-25}	t_{dp-50}	t_{dp-75}	t_{dp-x}	t_{dp-a}	t_{dp-n}	t_{dp-25}	t_{dp-50}	t_{dp-75}	t_{dp-x}	t_{dp-a}
-12	-10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
-10	-8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
-8	-6	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1
-6	-4	3	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	8	0	0	1	0	0
-4	-2	4	0	0	0	0	0	6	2	1	0	0	1	10	2	1	0	0	1
-2	0	6	3	1	1	0	1	14	5	2	1	1	2	20	8	3	2	1	3
0	2	16	4	2	2	0	2	14	5	5	4	0	4	30	9	7	6	0	6
2	4	29	14	6	2	3	8	40	18	9	7	1	8	69	32	15	9	4	16
4	6	41	23	20	12	4	16	31	21	22	10	6	22	72	44	42	22	10	38
6	8	34	37	29	23	13	32	28	37	27	25	11	31	62	74	56	48	24	63
8	10	20	44	43	38	20	48	11	40	39	37	22	43	31	84	82	75	42	91
10	12	6	28	39	48	42	37	4	18	30	43	47	29	10	46	69	91	89	66
12	14	0	6	16	23	51	12	0	10	17	18	38	14	0	16	33	41	89	26
14	16	0	0	3	9	19	3	0	0	4	11	24	2	0	0	7	20	43	5
16	18	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	12	0
18	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0

В сиво са повдигнати максималните стойности на представените характеристики на записите по отношение на температурата на оросяване в наблюдаваните стаи.

В 6 от наблюдаваните 160 стаи в Бургас и в 4 от 156 за София минималната стойност на температурата на оросяване е била по-висока от 10 °C. Това означава, че по време на целия период на наблюдение температурата на оросяване в тези стаи е била над 10 °C, а също така, че в тези стаи с много голяма вероятност съществуват проблеми с развитието на мухъл по външните ограждения. По-малък е рискът от образуване на мухъл за стаите в които в продължение на 75 % от времето на наблюдение температурата на оросяване е била над 10 °C - 34 в Бургас и 28 в София. Още по-малък е той за тези стаи в които в продължение на 50% (25%) от времето на наблюдение температурата на оросяване е била над 10 °C – 58 (81) стаи в Бургас и 51 (72) за София. В 40 от стаите в Бургас и 41 в София в продължение на на целия период на наблюдение температурата на оросяване е била под 10 °C, т.е за тези стаи рискът от образуване на мухъл по огражденията е незначителен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 52 (32.5 %) от наблюдаваните стаи в Бургас и в 45 (28.8 %) от наблюдаваните стаи в София средната температура на оросяване на въздуха в стаята е по-висока от 10 °C, което предполага висок риск от появата на мухъл по външните ограждения на стаите. Температурата на оросяване в наблюдаваните стаи в София като цяло е по-ниска от температурата на оросяване в наблюдаваните стаи в Бургас, обяснението на този факт може да се търси след анализ на данните за типа на жилищата, наличието на топлоизолация, броя на обитателите и др. Това предстои да бъде направено в друга публикация.

За да се предотврати кондензирането на водни пари и да се намалят значително проблемите свързани с влагата в помещенията, особено през зимния (отоплителния) период, трябва да се вземат мерки за понижаване на влажността на въздуха в помещението и за повишаване на температурата на вътрешната

повърхност на студените елементи до ниво по-високо от точката на оросяване за дадена относителна влажност. За постигане на посочените цели е необходимо помещенията да бъдат адекватно проветрявани и отоплявани постоянно, а това почти изцяло зависи от поведението на обитателите. Поведението на обитателите е един от най-важните фактори, оказващи влияние върху параметрите на вътрешната климатична среда и топлинния комфорт.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] БДС/EN 15251, „Входящи параметри за качеството на вътрешния въздух, заобикалящата топлинна среда, осветлението и акустиката при проектиране и оценка на енергийната характеристика на сгради“, 2007;
- [2] БДС/CR 1752, „Вентилация на сгради. Критерии за проектиране на вентилация за помещения“, 2002;
- [3] Bornehag CG., Sundell J., Hagerhed L., Jason S., and the DBH study group. „Dampness in buildings and health. Dampness at home as a risk factor for symptoms among 10 851 Swedish children (DBH-step I)“, Proceedings to Indoor Air conference 2002, 431-436. 2002;
- [4] Institute of Medicine, “Clearing the air. Asthma and Indoor Air Exposures”, The National Academy Press, Washington, 2000;
- [5] Ivanov M., “Indoor air quality improving potential of the human behaviour”, “Computational Engineering”, Sixth international course for young researchers, Pamporovo, Bulgaria, proceedings, 2010;
- [6] ISO 7730-2005: Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria;
- [7] Иванов М., Марков Д., Станков П., „Относно параметрите на микроклимата в българските домове въз основа на експерименталните данни от проекта ALLHOME“, конференция на Енергомашиностроителен към Технически университет – София, Созопол, 2010г.;
- [8] Иванов М., Марков Д., „Анализ и оценка на качеството на въздуха в българските домове, основана на резултати от проекта ALLHOME и съпоставка с българските норми и чуждестранни стандарти“, Международна конференция 'УНИТЕХ', Технически университет – Габрово, одобрена за печат на 05.10.2010г.;
- [9] Naydenov K., “PhD Thesis on the Association between Home Exposure and Asthma and Allergies among Children in Bulgaria with Special Reference to Dampness, Phthalates, Smoking and Pet Keeping”, Denmark Technical University, ICIEE, February 2007;

За контакти:

маг. инж. Мартин Иванов, докторант, ТУ-София, ЕМФ, катедра 'Хидроаеродинамика и хидравлични машини' 029653305, martin_ronita@yahoo.com
гл. ас. маг. инж. Детелин Марков, ТУ-София, ЕМФ, катедра "идроаеродинамика и хидравлични машини" 029653305, detmar@tu-sofia.bg

Обработката на данните и разработването на настоящия доклад е финансирано по Договор № 102ПД004 – 2/22.02.2010г. за научен проект в помощ на докторант. към НИС – Технически Университет – София.

Докладът е рецензиран.