

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВОТО НА ВЪЗДУХА В БЪЛГАРСКИТЕ ДОМОВЕ, ОСНОВАНА НА РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОЕКТА ALLHOME И СЪПОСТАВКА С БЪЛГАРСКИТЕ НОРМИ И ЧУЖДЕСТРАННИ СТАНДАРТИ

ANALYSES AND ASSESSMENT OF THE INDOOR AIR QUALITY IN RESIDENCE ROOMS IN BULGARIA AND COMPARISON WITH THE BULGARIAN NORMS AND FOREIGN STANDARDS, BASED ON THE ALLHOME PROJECT

Мартин Иванов

ТУ – София, кат. “ХАД и ХМ”

Детелин Марков

ТУ – София, кат. “ХАД и ХМ”

Abstract

This paper presents an analysis of the experimental data for the concentration of carbon dioxide (CO₂), which is treated as main indoor air quality indicator, in typical Bulgarian homes in two big industrialized towns – Sofia and Burgas, 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. The experimental data obtained for the indoor environment conditions in the investigated residence rooms show serious disagreement with the recommended Bulgarian and foreign norms, which will lead to low occupant satisfaction with the environment.

Keywords: Indoor Air Quality, Indoor Environment, Residence Rooms, Microclimate Conditions etc.

ВЪВЕДЕНИЕ

В зависимост от региона, степента на развитие, социалната среда и културата, както и от климатичните условия, съвременните хора прекарват в различна степен по-голямата част от времето си в затворени помещения, където, особено в техните домове, те са изложени на многобройните въздействия на вътрешната среда [1,2,7]. Доказано е, че всички физически параметри на въздуха в помещенията оказват значително влияние върху обитателите, върху техния комфорт, работоспособност и здраве [1,2]. Въздухът в помещенията, особено тези с неорганизирана вентилация, съдържа широк спектър от замърсители, органични и неорганични примеси от различни източници, като: строителни материали, мебелни повърхности, почистващи и хигиенизиращи продукти, телевизори и други домашни електроуреди, отопление с твърди горива, цветя, тютюнопушене, готвене и други

домашни дейности, както и самите обитатели и техните домашни любимци [1,5,6]. Към тези фактори трябва да бъде добавено и поведението на обитателите, с техните осъзнати и неосъзнати навици и модели на поведение, които въпреки сложността на тяхната оценка, имат значително влияние върху домашната среда като цяло [5].

В тази връзка, настоящия доклад има за цел да представи данни за някои от основните параметри свързани с качеството на въздуха в българските домове, получени в периода декември 2004 – март 2005 по време на проекта ALLHOME. В този период, домовете на 350 деца на възраст от 2 до 7 години от София и Бургас, разделени на две групи по техния здравен статус, бяха посетени от експерти по вътрешната среда и бяха организирани записи, с минимална продължителност 24 часа, на физическите параметри в спалните помещения на децата, температура, относителна влажност на въздуха

и обемна концентрация на въглероден диоксид, и бяха събирани и проби прах [7].

ВЪТРЕШНА КЛИМАТИЧНА СРЕДА

Множество научни изследвания сочат, че въздухообменът в домовете в северно европейските страни е намален драстично през изминалите години, поради предприетите мерки за намаляване разходите за енергия, вследствие повишаването на цените ѝ за крайните потребители, като най-често се прилага уплътняване на сградите (смяна на прозорците с дървени рамки с нови PVC, алуминиеви или дървени със стъклопакет) [3,7]. Това от своя страна заедно с използването на нови строителни материали и покрития, води до повишаване на концентрацията на замърсителите в помещенията, както и до проблеми с влагата и с развитието на мухъл в тях [3,7]. През последните десетилетия вътрешната среда в българските домове претърпява сериозни промени в същата посока. Най-често те са свързани с използването на нови строителни материали и подови покрития, неправилно поставена топлоизолация, въздухоплътна дограма. Ситуацията се влошава допълнително и поради факта, че в повечето жилищни сгради в България не е организирана механична или естествена вентилация.

Съществува общоприет консенсус за връзката между понижените нива на въздухообмена и респираторните проблеми на обитателите. Особено засегнати в това отношение и определени като рискова група са децата, които несъзнателно и в повечето случаи принудително прекарват по-голямата част от времето си в затворени помещения (в дома, детска градина, училище). Според IOM (Institute of Medicine, 2000) [4] децата са по-податливи на влиянието на факторите в заобикалящата ги среда, предизвикващи алергии и симптоми на астма, отколкото възрастните хора. Затова, с цел превенция на заболяванията, е от изключително значение изучаването, както на параметрите на микроклимата в помещенията обитавани от деца, така и неговото въздействие върху тяхното здраве, каквато е и целта на текущото изследване.

Както бе споменато, повечето от изследваните помещения са без организирана вен-

тиляция и вътрешният въздух се опреснява с външен само чрез инфилтрации или чрез отваряне на врати и прозорци, т.е. отсъства механична вентилация в помещението. Също така отсъстват и специално организирани мерки за естествена вентилация – специални отвори на вратите и прозорците, през които външният въздух може да навлиза в помещението и комин, през който вътрешният въздух може да напуска помещението. В този случай, единственият начин да се постигне добро качество на въздуха в помещенията е те да се проветриват адекватно от самите обитатели, което само по себе си е сложен и комплексен проблем.

НОРМИ И СТАНДАРТИ ЗА КАЧЕСТВО НА ВЪЗДУХА В ОБИТАЕМИ ПОМЕЩЕНИЯ

Тъй като все още не съществува общоприет стандартен индекс за качество на въздуха в затворените помещения (Indoor Air Quality, IAQ), то се изразява чрез необходимото ниво на проветриване (вентилиране) или чрез концентрацията на въглероден диоксид в помещението [1,2]. Общоприето е твърдението, че качеството на въздуха в помещенията е силно зависимо от замърсителите, емитирани от хората (обитателите) и техните дейности, от строителните материали и мебелните повърхности, както и от самите вентилационни системи (в случай, че са монтирани такива) [1,2]. Последните два компонента са често пъти наричани “сградни” компоненти на замърсителите на въздуха в затворените помещения, а първият – “човешки”.

Според стандарта БДС/EN15251, необходимите нива на проветриване (вентилация) се базират на критерии за здравето и комфорта на обитателите. В повечето случаи, критериите базирани на човешкото здраве се припокриват изцяло с тези за комфорт. Често пъти, ефектите върху здравето са свързани с емисии от специфични замърсители. За това, при редуциране на емисиите от даден източник, не рядко се редуцират и емисиите от други замърсители на вътрешната среда. Комфортът на обитателите от своя страна, се свързва с усещането за качество на вдишвания въздух (Perceived Air Quality, PAQ), по конкретно с усещането за

свежест, миризми и други респираторни дразнители. При този случай, различните замърсители могат да имат различно ниво на усещане за мирис и няма постигнат консенсус за общата оценка на всички замърсители заедно в този аспект.

При стандартът БДС/EN15251 процесът на проектиране и оценка на качеството на въздуха в затворените помещения се извършва по един от трите предложени подолу начина:

1. Изчислява се необходимия въздухообмен (ниво на вентилация) за човешкия компонент (обитателите на помещенията) и към него се прибавя необходимият въздухообмен за сградния компонент.

2. Изчислява се необходимия въздухообмен за човек или за квадратен метър обитаема площ от помещението, по норми и стандарти.

3. Изчислява се необходимия въздухообмен на база на масовия баланс на въздуха в помещението и препоръчителните нива на концентрацията на CO₂ в помещението.

Конкретно при жилищните помещения, според стандартът БДС/EN15251 постигането на високи нива на качеството на въздуха, зависи основно от:

1. Премахване на замърсителите от мокрите помещения (бани, тоалетни, кухни) чрез адекватно проветряване (вентилиране). По този начин се намаляват и предотвратяват проблемите свързани с влагата в помещенията и по-нататъшното развитие на мухъл, плесен и др.

2. Цялостно проветряване (вентилиране) на всички стаи в жилището. По този начин се контролира разпространението на замърсителите на въздуха от едни помещения в други.

3. Цялостно проветряване (вентилиране) на всички стаи в жилището с пресен, чист въздух, особено проветряване на главните помещения – всекидневна, спалня и др.

В стандарта БДС/EN15251, са представени 4 категории на вентилирани помещения според нивото на качество на въздуха в тях, както е показано на Таблица 1. За всяка категория е представен предвидения процент на неудовлетворени обитатели от качеството на въздуха при съответното ниво на

навлизащ външен (пресен) въздух в помещението.

Таблица 1

Категория	Предвиден % незадоволени обитатели	Навлизащ въздух (l/s/човек)	Концентрация на CO ₂ над външната (ppm)
I	15	10	350
II	20	7	500
III	30	4	800
IV	>30	<4	> 800

В таблицата са представени и препоръчителните нива на концентрация на въглероден диоксид в помещенията за всяка категория. В Таблица 2 са представени данни за препоръчителния въздухообмен за първите три категории при различни типове жилищни помещения при организирана механична вентилация, съгласно същия стандарт. Въздухообменът е изчислен при височина на тавана 2,5 метра. Също така, при кухните, баните и тоалетните се приема, че съществува смукателна вентилация. Това се препоръчва с цел ефективно отвеждане на замърсителите извън обитаемите помещения.

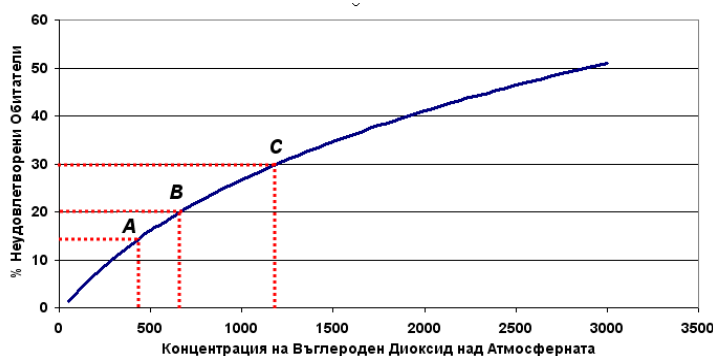
Таблица 2

Категория	Въздухообмен	Всеподнежна, спалня (основни помещения) – снабдяване с външен чист въздух	Отвеждане на въздух (l/s)			
			Кухня	Баня	Тоалетна	
I	l/s, m ²	l/s, човек	28	20	14	
	Ach (въздухообмен за час)	l/s, m ²	20	15	10	
	0,49	10	14	10	7	
II	0,42	7	10	7	5	
	0,35	4	7	5	3	
III	0,35	4	7	5	3	

Към днешна дата, в България освен горепосоченият стандарт БДС/EN15251, е приет и стандарта БДС/CR 1752 ('Вентилация на сгради. Критерии за проектиране на вентилация за помещения')[2]. Това са действащите стандарти в страната, които дават насоки за качеството на въздуха в затворената климатична среда.

ВЪГЛЕРОДЕН ДИОКСИД

В процеса на обмяна на веществата, обитателите на помещенията, консумират кислород и отделят въглероден диоксид, пропорционално на нивото на тяхната физическа активност. Количествено погледнато, това е най-големият замърсител на въздуха в помещенията генериран от хората. Въпреки, че въглеродния диоксид е газ който обикновено съществува в ниски концентрации в помещенията, а също така е безцветен, без мирис и почти безопасен за обитателите (в ниски концентрации), той успешно се използва от десетилетия като индикатор за качеството на въздуха в домовете. По-специално, концентрацията на въглероден диоксид се използва като индикатор на нивото на въздухообмен, тъй като концентрацията на CO_2 във външния въздух е сравнително постоянна. На Фигура 1 е показан процентът на неудовлетворени обитатели от качеството на въздуха спрямо концентрацията на въглероден диоксид в помещенията за трите категории според стандарта БДС/CR 1752 [2].



Фиг. 1. Процент неудовлетворени обитатели от качеството на въздуха при различни концентрации на CO_2

ПРОЕКТЪТ ALLHOME

Проектът "ALLHOME" започна през 2004 година с цел изследване на въздействието на домашната среда върху симптоми-

те на алергии и астма при децата на възраст между 2 и 7 години, живеещи в два големи индустриални града на България – София и Бургас. Партньори по проекта са Технически университет – София, Датски технически университет и Асоциация "Астма" – гр. София. Изследването е извършено по модел на проекта "Dampness in Buildings and Health" ('Влага в жилищата и здраве') [3], започнат в Швеция през 2000 година. Като основна задача на проекта ALLHOME се откроява събирането на информация относно характеристиките на типичните за България жилищни помещения, както и за параметрите на съществуващия вътрешен климат и различни рискови фактори (тютюнопушене, хранителни навици, домашни любимци и др.) за появата на алергии и астма при децата. Събраната информация е в процес на обработка и сравняване с друга информация, налична от подобни изследвания, проведени в редица европейски страни.

Проектът "ALLHOME" е разделен на две части. Първата част включва епидемиологично проучване чрез въпросници, съдържащи въпроси относно здравословното състояние на семейството и детето, жилището обитавано от детето, хранителните навици в семейството, наличието на домашни животни, тютюнопушенето в дома и др. Втората част представлява изследване включващо посещения от инспектори и физически измервания на параметрите на микроклимата в жилищните помещения, както и медицински изследвания на определена група деца, взели участие в първата част. За първата част са поканени да отговорят на въпросите родителите на 12982 деца, живеещи в гореспоменатите градове. Родителите на 4479 деца върнаха попълнен въпросник, което представлява 34,5% отзивчивост.

По време на втората част на изследването са посетени и инспектирани домовете на 350 деца. Във всеки дом инспекторите извършваха следните дейности:

1. Органолептична оценка на качеството на въздуха в дома, както и на състоянието на огражденията и тяхното покритие – целта на оценката е да се събере информация относно наличието на видими петна от

влага, мухъл или кондензация на водните пари върху огражденията.

2. Събиране на проби прах от леглото на детето, от пода в детската стая и в дневната, както и от повърхности разположени над зоната на дишане в детската стая – целта е да се оцени наличието на спори на мухъл и плесен, акари, полени и фталати в праха.

3. Организиране на мониторинг на параметрите на въздуха в детската стая – измерване на температурата и относителната влажност на въздуха, както и на обемната концентрация на въглеродния диоксид.

4. Охарактеризиране на жилищната среда – местоположение на жилището, строителни материали, покрития на огражденията, тип врати и прозорци, наличие на топлоизолация, мебелировка, наличие на черна техника.

5. Охарактеризиране на навиците на семейството – почистващи препарати и процедури, проветряване, спане.

Данни за климата в периода на изследването (1.12.2004 – 31.03.2005) за София и Бургас са получени от Националния институт по метеорология и хидрология към БАН.

По време на инспекциите са проведени измервания в 316 детски спални помещения, с обща продължителност от 13961.55 часа, на температурата и относителната влажност на въздуха, както и на обемната концентрация на въглероден диоксид.

РЕЗУЛТАТИ

Резултати от проведените изследвания относно температурата и относителната влажност на въздуха, както и концентрацията на CO_2 са публикувани в [6,7]. В настоящата работа е представена информация относно измерените стойности на концентрацията на CO_2 , като индикатор за качество на въздуха в изследваното помещение в съответствие с категориите в БДС/CR 1752.

В Таблица 3 е представена информация относно разпределението на кумулативната честотата на наблюдение с определена относителна продължителност (25%, 50%, 75% и 95% от периода на наблюдение) по нива на концентрация на CO_2 в изследваните помещения избрани съгласно БДС/CR

1752. Променливите X-25, X-50, X-75 и X-95 носят информация относно относителната дължината на интервала от време (25%, 50%, 75% и 95%) за който наблюдаваната концентрация на CO_2 в изследваното помещение е била под определен праг, в случая 840 ppm, 1040 ppm и 1570 ppm. Например, в 10 от изследваните помещения в Бургас, в продължение на 75% от цялото време на наблюдение концентрацията на CO_2 е била под 840 ppm, в 25 от помещенията в 75 % от времето на наблюдение концентрацията е била под 1040 ppm, т.е в 15 от помещения концентрацията на CO_2 е била в интервала от 840 до 1040 ppm.

Таблица 3

X ppm	X - min		X - 25 %		X - 50 %		X - 75 %		X - 95 %		X - max	
	Бургас	София	Бургас	София	Бургас	София	Бургас	София	Бургас	София	Бургас	София
≤ 840	149	152	149	95	31	37	10	12	3	5	0	1
≤ 1040	156	156	156	123	67	73	25	36	11	14	2	3
≤ 1570	160	156	160	153	135	124	86	81	57	51	30	34
> 1570	0	0	0	3	25	32	74	75	103	105	130	122

Таблица 4

Интервал в %	X ≤ 840		X ≤ 1040		X ≤ 1570		X > 1570	
	Бургас	София	Бургас	София	Бургас	София	Бургас	София
от	до	до	до	до	до	до	до	до
0	0	0	0	0	0	0	30	34
0	10	33	19	10	0	0	38	26
10	20	27	28	16	3	3	9	19
20	30	22	20	19	3	4	17	9
30	40	23	26	21	7	10	18	21
40	50	23	23	18	12	16	23	14
50	60	9	17	19	23	14	12	16
60	70	8	21	12	18	21	7	10
70	80	5	9	13	17	9	3	4
80	90	5	7	12	9	19	3	3
90	100	4	13	16	68	60	0	0

Променливите X-min и X-max носят информация съответно относно минималната и максималната наблюдавана стойност в изследваните помещения. Например, само в едно от изследваните помещения в София по време на цялото наблюдение максимал-

ната регистрирана концентрация на CO_2 (X_{max}) е била под 840 ppm, т.е. в това помещение качеството на въздуха съгласно БДС EN 1752 удовлетворява изискванията за най-високата възможна категория. В две от помещенията тя е била в интервала от 840 до 1040 ppm, в 30 от помещенията тя е била в интервала от 1040 до 1570 ppm, и в 122 от помещенията тя е била по-висока от 1570 ppm, т.е. извън възможните категории на стандарта.

В Таблица 4 е представена информация относно разпределението на честотата на наблюдение на концентрацията на CO_2 под или над определено ниво (съгласно категориите на БДС/CR 1752) по интервали с различна относителна продължителност. Например, променливата $X > 1570$ показва, че за 30 помещения в Бургас и 34 помещения в София концентрацията на CO_2 никога не е надхвърляла нивото от 1570 ppm, за 38 помещения в Бургас и 26 в София в период с относителна продължителност до 10% от времето на наблюдението в изследваното помещение концентрацията е надвишавала нивото от 1570 ppm, а така също, че в 3 помещения в Бургас и 3 в София, в продължение на от 80 до 90% от времето на измерване концентрацията на CO_2 е надвишавала нивото от 1570 ppm.

Променливата $X \leq 840$ показва, че за 1 помещение в Бургас и 4 в София концентрацията на CO_2 , никога не е била под 840 ppm, както и че за 4 помещения в Бургас и 7 помещения в София концентрацията на CO_2 в период от време с продължителност от 90 до 100 % от времето на наблюдение е била под 840 ppm.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съгласно променливата X_{95} от Таблица 3, в 95% от времето на наблюдение общо 2.5% от изследваните помещения (1.9% в Бургас и 3.2% в София) удовлетворяват изискването на БДС/CR 1752 за категория А (концентрацията на CO_2 в помещението да не надвишава с повече от 460 ppm концентрацията на CO_2 в атмосферния въздух). Изискването за категория В (до 660 ppm над външната) се удовлетворява общо от 5.4% от помещенията (5.0% в Бургас и 5.8%

в София), а за категория С (до 1190 ppm над външната) общо 23.7% от изследваните помещения (26.9% в Бургас и 20.5% в София). Съгласно тази променлива, общо 34.2% от изследваните помещения (35.6% в Бургас и 32.7% в София) покриват изискванията за някоя от категориите на стандарта.

При използването на по-мек критерий, а именно в до 90% от времето концентрацията на CO_2 в помещението да не надвишава определено ниво, променлива $X \leq 1570$ от Таблица 4, резултатът се подобрява незначително. Процентите за категория А са 3.48% общо (2.5% в Бургас и 4.5% в София), за категория В те са 9.2% общо (8.1% в Бургас и 10.3% в София), а за категория С са 40.5% общо (42.5% в Бургас и 38.5% в София). Като цяло, въздухообменът в изследваните помещения е занижен, което неминуемо води до продължително задържане на генерираните в жилището вредности във въздуха за дишане. По този начин децата са изложени на рискови фактори, които засягат в значителна степен тяхното здраве.

Изследванията по проекта ALLHOME показват необходимостта от отделяне на специално внимание на микроклимата в обитаемите помещения както цяло, както при саниране на сградите, така и при самото им обитаване, включващо адекватно и регулирано проветряване. По този начин би се постигнала значителна икономия на енергия, придружена с добър комфорт и здравословна среда на обитателите.

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] 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, 2010.
- [7] 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.

маг. инж. Мартин Иванов, ТУ-София, 029653305, martin_ronita@yahoo.com

Асист. маг. инж. Детелин Марков, ТУ-София, 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.