



ЕРГОНОМИЯ НА ФИЗИЧЕСКАТА СРЕДА. ОЦЕНКА НА ТОПЛИНИЯ КОМФОРТ В СГРАДИ ЗА ОБРАЗОВАНИЕ ПО ТРАНСПОРТ

Валентина Зочинова

zochinova@abv.bg

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
ул. „Гео Милев“ 158, София 1574
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: Микроклимат, топлинен комфорт, нормативни документи, стандарт, класна стая, климатизация.

Резюме: Качеството на топлинната среда в класната стая има съществено значение за учениците, тъй като прекарват значително време от деня в нея, а също и влияе върху представянето им в учебния процес и благосъстоянието им. Микроклиматът е сложен за оценка фактор на средата за обитаване. Независимо от наличието на нормативни документи, задаващи гранични стойности стойности на компонентите на микролимата в детски и учебни заведения, предвид спецификата на дейностите в класните стаи за ученици от различни възрастови групи, в различни етапи на тяхното образование, често за характеризирание на топлинната среда се прибегва до съществуващи стандарти като ISO-7730, EN 16798-1 (отменен БДС EN 15251) и ANSI/ASHRAE 55 [1,2,3] като референтни документи. Прегледът на наличната научна литература в областта показва, че архитектите и инженерите третираат дизайна на образователните сгради като този на всички други обществени сгради. Известно е, че за изследване на топлинния комфорт, се използват основно данни събрани по време на проучвания, проведени върху здрави възрастни индивиди в обществени сгради по целия свят.

Резултатите от няколко проучвания, направени в климатизирани и неклиматизирани класни стаи, показват високи нива на неудовлетвореност, докладвани от учениците от топлинната среда на класните стаи.

Докладът има за цел да представи най-често използваните методи за оценка на топлинния комфорт в учебни сгради в световната практика като предложи подход и методология, които да бъдат използвани за оценка на топлинния комфорт в учебни сгради за различни степени на образование.

ВЪВЕДЕНИЕ

Сградите за образование са специфични видове сгради, в които трябва да се осигури благоприятна среда за учебния процес, концентрацията и насърчаване на преподавателската работа. По света образователните системи включват различни етапи, през които според възрастта си учениците преминават за определено време [9]. Поради големият обем от теми и дейности, в течение на учебния ден, концентрацията е от

съществено значение за капацитета на мислене [9]. Учебните зали, трябва да притежават характеристики, които да стимулират осъществяването и подобряването на учебния процес. Много изследвания и публикации, предполагат силна корелация между качеството на топлинната среда и качеството на учебния процес.

Развитието на интерактивно обучение, новите подходи и стратегии при осъществяване на учебния процес, са предпоставка за допълнително характеризирани и оценка на условията на топлинната среда. Нарастващата употреба на компютри води до революция в организацията на конвенционалните учебни пространства и допълнително генерирана топлина от използваните устройства [9].

Независимо от наличието на нормативни документи, задаващи гранични стойности стойности на компонентите на микролимата в детски и учебни заведения [Наредби 3, 26, РД-02-20-3], предвид спецификата на дейностите в класните стаи за ученици от различни възрастови групи, в различни етапи на тяхното образование, се търсят други подходи за характеризирани и оценяване на топлинната среда. За целта най-често се използват следните стандарти: ISO-7730, EN 16798-1 (отменен БДС EN 15251) и ANSI/ASHRAE 55 [1, 2, 3].

Резултатите от няколко проучвания, направени в климатизирани и неклиматизирани класни стаи, показват високи нива на неудовлетвореност от топлинната среда на класните стаи, докладвани от учениците [9]. Интересно е да се отбележи, че тази тенденция преобладава както в развиващите се, така и в развитите страни.

Причината за това е, че нормативните документи, спрямо които е оценяван топлинният комфорт на учениците исторически са разработени за стационарна работна среда, където топлинната изолация на облеклото и нивата на активност (метаболизма) се считат за фиксирани, както и броят на обитателите на единица площ в пространствата на изследваните сгради.

НОРМАТИВНИ ДОКУМЕНТИ ЗА ОЦЕНКА НА ТОПЛИННИЯ КОМФОРТ

Човек е в състояние на топлинен комфорт, когато има баланс между нивото на произведената от организма топлина (метаболитна топлопродукция) и топлината отделена в околното пространство. Съгласно EN ISO 7730 [1] «Топлинният комфорт е това състояние на ума, което изразява удовлетворение от топлинната околна среда».

Поради големите вариации физиологични и психологични между отделните индивиди, условията за топлинен комфорт не са еднакви за всички. Поради тази причина са направени голям брой изследвания за набиране на необходимите статистически данни за дефиниране условията, при които определен процент от обитателите на дадено пространство го считат за топлинно комфортно [ASHRAE].

Съществуват различни методи и подходи за определяне и оценка на топлинния комфорт. Част от тези методи са класически, които изискват нормиране и измерване и оценка на компонентите на микролимата в изследваните помещения (температура на въздуха, топлинен поток (инфрочервено лъчение), влажност и скорост на движение на въздуха). Този подход се използва в нашата страна при оценка на микролимата в работна среда [8]. Здравните изисквания към факторите на средата в детски градини, детски ясли и сгради за образование също се основават на класическия подход [наредби детски ясли, детски градини, училища [5].

В нашата страна е в сила и Наредба № 15 от 2005 г., но тя се отнася за техническите правила за проектиране, изграждане и експлоатация на обектите и съоръженията за производство, пренос и разпределение на топлинна енергия [6].

Класическите подходи, обаче, не отчитат някои от съществените параметри влияещи върху топлоусещането, респективно топлинния комфорт, на пребиваващите в изследваните помещения: изолация на носеното облекло, радиационна температура, течения, локален дискомфорт дължащ се на асиметрия на радиационната температура, разлики в температурата на въздуха във вертикала и др.

Други методи за оценка на топлинния комфорт се основават на топлоусещането на човека. Прегледът на научната литература и съществуващите нормативни документи показват, че за оценка на топлинния комфорт в умерени среди най-често се използват Стандартите EN ISO 7730, ASHRAE 55, EN 15251 [1,9,2]. Те се базират на резултати от проучване на топлинния комфорт, проведени при здрави възрастни в лабораторни условия и обществени сгради по целия свят [9]. В основата им е скалата на Fanger на топлоусещането, която се основава на уравнението на топлинния баланс на човешкото тяло. На Таблица 1 е представена седемстепенната скала на топлоусещането

Таблица 1. Седемстепенна скала на топлоусещането

+ 3	Горещо
+ 2	Топло
+ 1	Леко топло
0	Неутрално
- 1	Леко хладно
- 2	Хладно
- 3	Студено

Уравнението на топлинния баланс е получено от проучване на топлоусещането в контролирана лабораторна среда (климатична камера) върху възрастни индивиди. Повечето стандарти въвеждат две величини - прогнозиран среден вот (PMV) и прогнозиран процент на неудовлетворените от условията на средата (PPD), които са взаимно свързани и от PMV може да се получи PPD. За оценка на топлинния комфорт в учебни сгради се използва основно PMV индекс.

PMV може да се изчисли като се използват две групи данни: за физическите параметри на средата - температура на въздуха, средна радиационна температура, скорост на въздуха и влажност на въздуха и за индивида: ниво на метаболизма, изолация на облеклото.

Точността в оценката на облеклото и нивото на метаболизма (метаболитната топлопродукция) играят решаваща роля при прилагането на PMV/PPD индексите в училищни условия [9].

EN 15251 въвежда адаптивен модел за прогнозиране на топлинния комфорт. [9]

В края на 80-те години, при приложение на PMV/PPD индексите в динамична вътрешната среда, не успяват да обяснят регистрираните отклонения при изследвания на топлинния комфорт [9]. Това води до разработване на адаптивния подход [9], който отчита, че адаптивните дейности на човека са най-общо ефективни за осигуряване на топлинен комфорт при различна температура на външния въздух. При този подход като определящ фактор се разглежда външната температура. Гъвкавостта на приложение на подхода, както и степента на адаптация се управляват от три типа адаптация: физиологична, поведенческа и психологическа [9]. Голям брой изследвания представят доказателства за адаптация, протичаща в урбанизирана среда и естествено вентилирани сгради [9]. Трите типа адаптация протичат едновременно и трудно се разграничават и определят [9]. Сега най-новите версии на стандартите ASHRAE 55 и CEN 15251 са включили адаптивните модели на комфорта [9].

РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОУЧВАНИЯ НА ТОПЛИНИЯ КОМФОРТ

При проучванията на топлиния комфорт в учебни заведения в различни страни по света помещенията са класифицирани в три основни категории в зависимост от възрастовата група на обучаващите се:

- Класни стаи в детска градина и начално училище
- Класни стаи за средно и средно училище
- Университетска класна стая.

Характеристиките на помещенията за различните степени на обучение са обобщени в следващата таблица № 2 [9].

Таблица 2. Характеристики на класните стаи [M. Kumar Singh et al.]

Характеристики на класните стаи на различните степени на обучение.

Параметри	Класни стаи на различни степени на обучение			
	Детска градина	Елементарно/начално	Средно/Ср. Втори	университет
Обитатели	Деца 3-6г	Деца 7-11г	Деца 12-18г	Възрастни
Възрастова група (Приблизително)				19-26
Плътност	Високо	В зависимост от класа и понякога много високо	В зависимост от класа и понякога много високо	В зависимост от класа и понякога много високо
Мебели	Мебелите не винаги	Бюро и пейки. Всеки е заети от 1/2/3 ученици	Бюро и пейки. Всеки е заети от 1/2/3 ученици	Бюро и пейки. Всеки е заета от 1/2 ученици
Видове класни стаи	Учене + игра 3-8	Лекция	Лекция + лабораторни упражнения	Лекция + лабораторни упражнения
Поддължителност на		4-6	6-7	Студентите посещават стаи за лекции
Заетост (часа)				и заемат стаята на 1 или 2 часа, на лекция непрекъснато. Така че учениците преживяват преходно топлинна среда почти всички времето
Оформление на класа	Няма конкретно оформление	Лекционни зали/Лекционни зали. Учениците седят в редици	Лекционни зали/Лекционни зали. Учениците седят в редици	Лекционни зали/Лекционни зали. Учениците седят в редици
На закрито	Без контрол. Както преценяват възрастните	Без контрол. Както преценяват възрастните	Частичен контрол. Някои контроли в NV, но без контрол в (CS+ HS)	Някои контроли в NV и в (CS+ HS)
околната среда	както за NV, така и за (CS+ HS)	както за NV, така и за (CS+ HS)		
контрол				
Осветление	Дневно осветление + изкуствено осветление	Дневно осветление + изкуствено осветление	Дневно осветление + изкуствено осветление	Дневно осветление + изкуствено осветление
ДЕЙНОСТИ	Много активен, тъй като преподаването включва физическа дейност	Поощрение на лекции със светлина ДЕЙНОСТИ	Седене и присъствие лекции + Лабораторията се нуждае от светлина до средна активност	Седене и присъствие лекции + Лабораторията се нуждае от светлина до средна активност
Облекло	Облекло според преценката на родителите или преподавателите	Ограничено облекло и трябва да спазват дрес кода	Ограничено облекло и трябва да спазват дрес кода	Без специфичен дрескод, безплатно използване
Използване на ИКТ	Ползва почти никяка	По-малко (демонстрационна цел)	Висока (лекции)	Много висока (лекции, лабораторни упражнения)

Климатик: Климатик (HS + CS); NV: Естествена вентилация, ИКТ: Интернет и комуникационни технологии.

Според събраните данни от проучванията на топлиния комфорт на ученици и преподаватели през последните години, освен физическите параметри на средата и нейната хомогенност, основни фактори влияещи върху топлоусещането са топлоизолацията на носеното облекло, а също и активността (нивото на метаболизма) по време на престоя в помещението [9]. Допълнително работата с дигитални платформи и устройства увеличава генерирането на топлина в класните стаи, което допринася за несъответствие между предпочитаната и предвидената по проект топлинна среда и качеството на въздуха в помещенията [9].

Учениците във всички класни стаи на всички етапи от тяхното обучение, т.е. основно, средно и в университет съобщават, че се чувстват комфортно от по-хладната страна на скалата за термично усещане. Учениците в началното училище са най-малко чувствителни към външната температура. [9]

В изследваните училища често има въведени униформи, които са проектирани за възрастни на базата на нивата на метаболизма при работа [9]. Изглежда, че не се прилага научен подход при избора на униформи и ясно личи разминаване между опита, изискванията и характеристиките на учениците и възрастните [9]. Проблем на направените проучвания е, че не са обсъдени основни въпроси като разликите в нивата на метаболизма на различните възрастови групи, топлинен комфорт и представяне на научниците в климатизирана среда, среда с естествена вентилация или смесена среда;

методи и процедури за оценка на резултатите от представянето на учениците в различна топлинна среда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поради голямото значение на топлинния комфорт в сградите за образование с цел осигуряване на здраве, благоприятна среда за учебния процес, концентрация и насърчаване на преподавателската работа е необходимо да се въведе специфична методология за оценката му, която трябва да включва:

- Методи за измерване и оценка на компонентите на микроклимата по класически метод: измервания, изчисления на PMV индекса;
- Характеризиране на обитателите с оглед коректна оценка на метаболизма, топлоизолацията на носеното облекло и др.;
- Характеризиране на сградите и помещенията - размер, изложение, изолация, брой на обитателите, използване на климатизация, вентилация, и др.;
- Изготвяне и прилагане на анкети за оценка на топлоусещането.

На базата на разработената методология е необходимо да се проведе изследване на топлинния комфорт в помещения с различно предназначение за различни възрастови групи ученици и преподаватели.

Получените резултати може да се използват при разработване на ново законодателство, което да регламентира специфични изисквания за осигуряване на топлинен комфорт в класните стаи; при проектиране на нови класни стаи както и преоборудване на стари класни стаи.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] EN ISO-7730, Ергономия на топлинната среда – Аналитично определяне и интерпретация на топлинния комфорт чрез изчисляване на индексите PMV и PPD и прилагане на критериите за локален топлинен комфорт
- [2] EN 15251 (2007) Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. CEN, Brussels
- [3] БДС EN 16798-1:2019 Енергийни характеристики на сгради. Вентилация на сгради. Част 1: Входни параметри на вътрешната околна среда за проектиране и оценяване на енергийните характеристики на сгради, насочени към качеството на вътрешния въздух, топлинната среда, осветлението и акустиката. Модул M1-6
- [4] Наредба № 3 от 5 февруари 2007 г. за здравните изисквания към детските градини, Обн. ДВ. бр.15/2007 г.
- [5] Наредба № 26 от 18 ноември 2008 г. за устройството и дейността на детските ясли и детските кухни и здравните изисквания към тях, Обн. ДВ. бр.103/2008 г.
- [6] Наредба № 15 от 28 юли 2005 г. за технически правила и нормативи за проектиране, изграждане и експлоатация на обектите и съоръженията за производство, пренос и разпределение на топлинна енергия, ДВ. бр. 68/2005 г.
- [7] Наредба № РД-02-20-3 от 21 декември 2015 г. за проектиране, изпълнение и поддържане на сгради за обществено обслужване в областта на образованието и науката, здравеопазването, културата и изкуствата, Обн. ДВ. бр.5 от 19 Януари 2016 г.
- [8] Наредба № РД-07-3 от 18.07.2014 г. за минималните изисквания за микроклимата на работните места, обн. ДВ, бр. 63/2014 г.

- [9] M. Kumar Singh, R. Ooka, Hom B Rijal, S. Kumar, A.Kumar, S. Mahapatra, Progress in thermal comfort studies in classrooms over last 50 years and way forward, Energy & Buildings Elsevier 188–189 (2019) 149–174, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.01.051

ERGONOMICS OF THE PHYSICAL ENVIRONMENT. EVALUATION OF THERMAL COMFORT IN BUILDINGS FOR TRANSPORT EDUCATION.

Valentina Zochinova
zochinova@abv.bg

**Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA**

Key words: *Microclimate, thermal comfort, regulatory documents, standard, classroom, air conditioning.*

Abstract: *The quality of the thermal environment in the classroom is essential for students, as they spend a considerable time of the day in it, and also affects their performance in the learning process and their well-being. Microclimate is a difficult factor to assess in the living environment. Regardless of the existence of normative documents setting limit values of microclimate component values in children's and educational institutions, given the specifics of activities in classrooms for students of different age groups, at different stages of their education, it is often used to characterize the thermal environment to existing standards such as ISO-7730, EN 16798-1 (repealed BDS EN 15251) and ANSI/ASHRAE 55 [1,2,3] as reference documents. A review of the available scientific literature in the field shows that architects and engineers treat the design of educational buildings like that of all other public buildings. It is known that thermal comfort studies mainly use data collected during studies conducted on healthy adults in public buildings around the world.*

The results of several studies conducted in air-conditioned and non-air-conditioned classrooms show high levels of student-reported dissatisfaction with the thermal environment of the classrooms.

The report aims to present the most commonly used methods for assessing thermal comfort in educational buildings in world practice by proposing an approach and methodology to be used to assess thermal comfort in educational buildings for different levels of education.