



УЧЕТ ЭРГОНОМИКИ ТЕПЛОВОЙ СРЕДЫ ПРИ ВЫБОРЕ ШКОЛЬНОЙ ФОРМЫ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: школьная форма, эргономика, тепловая среда, теплообмен, тепловой комфорт

С. В. Корниенко, доктор техн. наук, советник РААСН, ведущий научный сотрудник НИЦ ГП ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», заведующий кафедрой «Архитектура зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

С 1 июля 2025 года введен в действие ГОСТ Р 71582–2024 «Национальный стандарт Российской Федерации. Одежда обучающихся (школьная форма). Общие технические требования»¹. На первый взгляд данный документ не имеет ничего общего с вопросами энергосбережения в строительстве. Однако при более внимательном рассмотрении ГОСТ Р 71582–2024 становится очевидным, что в нем отсутствует один из ключевых моментов, затрудняющих выбор школьной формы, – учет эргономики тепловой среды. Покажем, что этот показатель является определяющим с точки зрения теплового комфорта обучающихся и должен быть принят во внимание при актуализации ГОСТ Р 71582–2024.

ГОСТ Р 71582–2024 с требованиями к школьной форме введен впервые и устанавливает единые нормы на одежду учеников с 1-го по 11-й классы. Новый ГОСТ распространяется на школьную форму, но не касается спортивной одежды и обуви. Документ разработан Роскачеством и Инновационным центром текстильной и легкой промышленности при Минпромторге РФ. До этого требования к школьной форме устанавливали школы.

ГОСТ Р 71582–2024 наряду с основными характеристиками, такими как эстетичность, удобство в статике и динамике, стиль, содержит требования к готовым изделиям и материалам одежды обучающихся: по гигроскопичности, воздухопроницаемости и содержанию свободного формальдегида, а также по физико-механическим показателям. Однако требования к теплофизическим свойствам материалов одежды обучающихся – теплопроводности, паро-

¹ Утвержден приказом Росстандарта от 31 августа 2024 года № 1155-ст.

проницаемости, водопоглощению — в ГОСТ Р 71582–2024 отсутствуют, что затрудняет оценку влияния теплоизоляции одежды на тепловой комфорт человека.

Известно, что ребенок в школе проводит около 6 часов в день, поэтому важно обеспечить для него максимально комфортные условия. Недостаточность нормативных требований сдерживает развитие устойчивой, экологически ответственной и социально ориентированной среды обитания [1–3]. Покажем, что выбор школьной формы по требованию эргономики тепловой среды является определяющим с точки зрения теплового комфорта обучающихся.

Эргономика тепловой среды

В основу концепции эргономики тепловой среды положен системный междисциплинарный подход [4], изучающий реакцию человека на тепловые воздействия с целью установления наилучших условий для его жизнедеятельности. Выделим три компонента эргономики тепловой среды (рис. 1):

- **тепловую среду**, которая характеризуется набором параметров микроклимата, воздействующих на человека: температурой воздуха, средней радиационной температурой поверхностей, относительной влажностью, скоростью движения воздуха. Как правило, эти параметры заданы и устанавливают совокупное тепловое воздействие на человека;
- **терморегуляцию организма человека**, поддерживающую постоянную температуру тела независимо от температуры окружающей среды. Температура тела человека около 36,7 °С, она незначительно изменяется и мало зависит от температуры среды. Терморегуляция человека обеспечивается скоростью метаболизма, мышечной работой, кровообращением, интенсивностью потоотделения и др.;
- **теплофизические свойства материалов одежды**. Они важны с точки зрения регулирования тепломассообменных процессов, протекающих в тканях одежды.

Выделенные компоненты эргономики тепловой среды активно взаимодействуют между собой, определяя межкомпонентные связи (рис. 1). Так, на стыке тепловой среды и терморегуляции человека находится область теплового комфорта, описываемая комплексными характеристиками среды — тепловыми индикаторами [6–8]. Межкомпонентная связь «тепловая среда — теплофизические свойства материалов» устанавливает требования к теплотехническому проектированию одежды. Совместное изучение вопросов терморегуляции человека и теплофизических свойств материалов позволяет создать эргономичную одежду.

В целом эргономика тепловой среды позволяет создать оптимальные тепловые режимы для человека.

Показатели теплового комфорта

Аналитические методы оценки воздействия тепловых сред на людей детально разработаны профессором О. Фангером и включены в ГОСТ Р ИСО 7730–2009².

² ГОСТ Р ИСО 7730–2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта.

³ ГОСТ 30494–2011. Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (введен в действие Приказом Росстандарта от 12 июля 2012 года № 191-ст).



Рис. 1. Диаграмма Венна, раскрывающая концепцию эргономики тепловой окружающей среды (адаптировано по [5])

Чувствительность человека к тепловым воздействиям напрямую связана с тепловым балансом его тела. На тепловой баланс влияют различные факторы: физическая активность человека, вид одежды, а также параметры среды. Если указанные параметры известны, то можно определить чувствительность тела по отношению к температуре окружающей среды путем расчета прогнозируемой средней оценки.

Прогнозируемая средняя оценка (PMV) — показатель, с помощью которого определяют среднее значение чувствительности к температуре большой группы людей на основе теплового баланса тела человека по семибальной шкале: +3 — жарко; +2 — тепло; +1 — немного тепло; 0 — нейтрально; –1 — немного прохладно; –2 — прохладно; –3 — холодно.

Тепловой баланс достигается в том случае, когда вырабатываемое телом человека количество теплоты равно потерям теплоты в окружающую среду. В умеренной среде система терморегуляции человека способна поддерживать температуру кожи на заданном уровне.

Показатель PPD устанавливает прогнозируемый процент недовольных температурой среды людей, которым слишком тепло или холодно. Значение PPD можно вычислить по известному PMV, используя следующую формулу: $PPD = 100 - 95 \exp(-0,03353 PMV^4 - 0,2179 PMV^2)$.

Показатели PMV и PPD позволяют установить границы комфортной обстановки в помещении. Используя эти показатели, выясним, как влияет тепловое сопротивление школьной формы на комфортность обучающихся.

Эргономичная школьная форма

ГОСТ 30494–2011³ устанавливает оптимальные и допустимые параметры микроклимата обслуживаемой зоны помещений жилых и общественных зданий, а также требования к

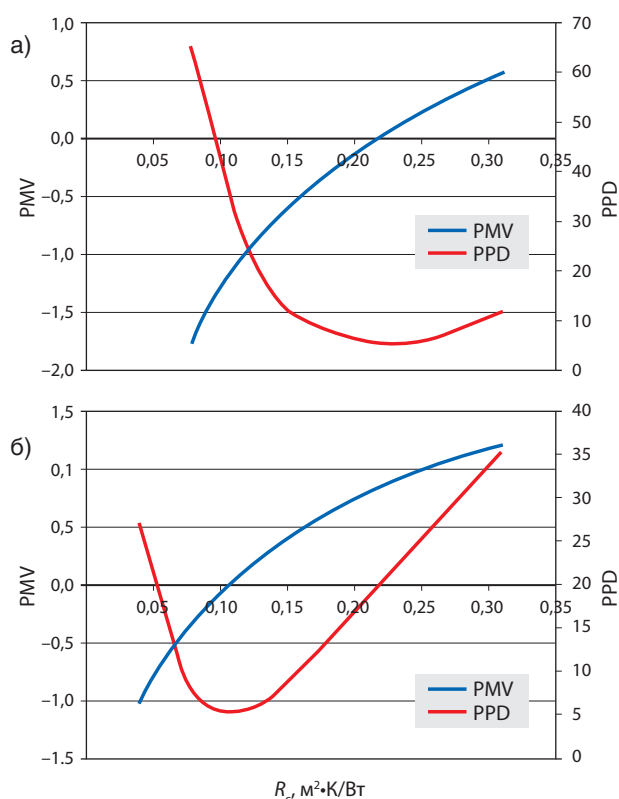


Рис. 2. Графики зависимости PMV и PPD от теплового сопротивления одежды: а) холодный период, б) теплый период

качеству воздуха. Используем оптимальные параметры микроклимата школьных классов для оценки эргономики тепловой среды при различном уровне теплоизоляции одежды.

Расчет выполнен при следующих исходных данных:

- уровень двигательной активности – 70 Вт/м²;
- относительная влажность воздуха – 50 %;
- результирующая температура – 20 °С (холодный период) и 24 °С (теплый период);
- скорость движения воздуха – 0,20 м/с (холодный период) и 0,15 м/с (теплый период).



Результаты расчета показателей PMV и PPD для холодного и теплого периодов года приведены на рис. 2. Видно, что в холодный период (рис. 2а) при тепловом сопротивлении одежды $R_c = 0,078 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ (на левой границе рассматриваемого диапазона) $\text{PMV} = -1,76$. Это по шкале Фангера соответствует условиям «прохладно». Этими условиями недовольны 64,9 % школьников, находящихся в классе ($\text{PPD} = 64,9$).

Повышение теплового сопротивления одежды приводит к увеличению PMV, а следовательно, к выравниванию теплового баланса обучающегося в помещении. При $R_c \approx 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ тепловая среда воспринимается нейтрально (PMV близко к нулю), а число недовольных школьников минимально ($\text{PPD} = 5,4$). Дальнейший рост теплоизоляции одежды приводит к некоторому тепловому дискомфорту (рис. 2а).

В теплый период (рис. 2б) можно отметить смещение кривых PMV и PPD влево. Это объясняется тем, что уже при небольших значениях теплового сопротивления одежды достигается тепловой баланс человека в помещении. Так, при $R_c \approx 0,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ значения $\text{PMV} = 0$, $\text{PPD} = 5,3$, а при дальнейшем повышении R_c отмечается легкий перегрев.

Используя полученные результаты и справочные данные ГОСТ Р ИСО 7730–2009, можно подобрать школьную форму по требованиям эргономики тепловой среды в помещении, включая изделия второго и третьего слоя.

Для холодного периода года в помещении рекомендуется следующий комплект: нижняя одежда с длинными рукавами и штанинами, рубашка, брюки, свитер, пиджак, носки, обувь. Для теплого периода: нижняя одежда, рубашка, брюки, носки, обувь.

Таким образом, учет эргономики тепловой среды при выборе школьной формы является определяющим с точки зрения теплового комфорта обучающихся и должен быть принят во внимание при актуализации ГОСТ Р 71582–2024.

Литература

1. Табунчиков Ю. А. Экология среды обитания человека: реальность, которую игнорировать бесконечно опасно // АВОК. 2023. № 3. С. 4–15.
2. Бродач М. М., Шилкин Н. В. Принципы ESG в строительстве: Создание устойчивой, экологически ответственной и социально ориентированной среды обитания // Энергосбережение. 2025. № 2. С. 4–6.
3. Корниенко С. В. Повышение устойчивости городов на основе ESG-принципов // Энергосбережение. 2025. № 4. С. 18–21.
4. Фангер П. О. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей // АВОК. 2003. № 4.
5. Chen Y.-C., Chen W.-N., Chou C., Matzarakis A. Concepts and New Implements for Modified Physiologically Equivalent Temperature // Atmosphere. 2020. Vol. 11 (694). Pp. 1–17.
6. Heracleous C., Michael A. Thermal comfort models and perception of users in free-running school buildings of East-Mediterranean region // Energy and Buildings. 2020. Vol. 215. Pp. 109912.
7. Korniyenko S., Dubov I., Nazarov K. Field study of thermal comfort in dwelling during the winter, mid-season and summer // Magazine of Civil Engineering. 2023. No. 5 (121).
8. Корниенко С. В. Биоклиматический анализ помещений в годовом цикле их эксплуатации // Энергосбережение. 2025. № 3. С. 28–30. ■