

УДК 694.6

Анализ польских норм по сопротивлению теплопередачи и тепловому комфорту при использовании подпольного отопления

А. Уйма¹

¹ к.т.н., Ченстоховский политехнический университет, г. Ченстохова, Польша, adam.ujma@pcz.pl,
ORCID: 0000-0001-5331-6808

***Аннотация.** В работе проанализированы требования к сопротивлению теплопередачи полов с подпольным отоплением. Оно максимально соответствует физиологии человека, создаёт комфортные условия при меньшей температуре внутреннего воздуха, уменьшает поднятия пыли за счёт уменьшения конвективных потоков, позволяет использовать низкопотенциальные теплоносители, особенно от вторичных и возобновляемых энергоресурсов, не занимает места в помещении, минимально влияет на интерьер. Однако, температура нагревательных элементов значительно превышает температуру воздуха в помещении. При этом требования к теплоизоляции под нагревательными элементами должны быть выше, чем к конструкциям без подогрева. Как показал анализ нормативных документов, действующих в Польше, это не всегда соблюдено. Во многих случаях сопротивление теплопередачи оказывается меньше на 42...181 %. При вступлении в силу новых норм в 2021 году эта разница достигнет 215 %. Также нормативные ограничения по температуре поверхности пола не всегда позволяют обеспечить нормативный уровень комфорта. Таким образом, для обеспечения энергоэффективности и комфорта необходимо привести нормативные документы в соответствие друг другу.*

Ключевые слова: теплообмен, тёплый пол, подпольное отопление, тепловой комфорт

Введение. С точки зрения эффективного энергопотребления и создания комфортных условий одним из наиболее рациональных решений является использование системы радиационного отопления, встроенного в конструкцию здания, в частности, напольного отопления. Снижение уровня потребления теплоты для эксплуатационных нужд уменьшает выбросы в окружающую среду продуктов сгорания топлива, включая CO₂ и другие вредные вещества. Это имеет особое значение в случае использования для выработки теплоты угля. Последний обладает очень высокими показателями выбросов вредных веществ при сгорании.

Система радиационного отопления достигает высокой эффективности в результате отдачи теплоты с большой площади, а не точечно на отдельные нагреватели в случае применения традиционных радиаторов и конвекторов. Это позволяет снизить температуру теплоносителя, используя низкотемпературные системы с возобновляемыми источниками энергии из земли, солнечной радиации и пр.

Система радиационного отопления по сравнению с традиционным радиатором даёт более равномерным распределением температуры в отапливаемом пространстве. Повышение температуры излучающей поверхности в помещении позволяет сохранить комфортное тепловое ощущение при понижении температуры внутреннего воздуха. Благодаря этому возможно снижение температуры воздуха в помещении даже на 2...3 К по сравнению с традиционной системой отопления.

Использование напольного отопления уста-

навливает температуру на уровне ног человека выше, чем на уровне головы, что является предпочтительным из соображений физиологии.

В отличие от воздушного отопления напольное позволяет избежать эффекта сквозняка, из-за того, что теплота передаётся в окружающую среду, прежде всего, благодаря явлению теплового излучения. Ослабление конвективного воздушного потока над поверхностью пола снижает эффект подъёма пыли с этой поверхности. Это благоприятно сказывается на самочувствии людей с аллергическими проблемами, а также заболеваниями дыхательных путей.

К преимуществам данной системы относится, в частности, его встраивание в конструкцию пола. Это исключает необходимость выделения места в помещении на дополнительное оборудование, а также минимизирует влияние на интерьер.

Встраивание в пол иногда указывается как недостаток. Оно создаёт ограничения в области решения функционирования помещений. В частности, уже перед проектированием системы отопления необходимо расставить мебель и другое оборудование в помещениях так, чтобы они не закрывали поверхность нагрева. Рекомендуются также использовать мебель на ножках для обеспечения циркуляции воздуха над поверхностью тёплого пола.

Полы с подогревом могут быть изготовлены по мокрой, сухой или смешанной технологии. Это относится к выполнению как конструктивных слоёв, так и выравнивающих. В выравнивающем слое обогреваемых полов, выполнен-

ных по мокрой технологии, затапливаются нагревательные провода. Благодаря этому отопительный элемент становится плоским. В сухой технологии нагревательные провода помещаются непосредственно под пол. Они соединены с пластинчатыми элементами, выполненными из алюминиевого листа, которые создают рёбра нагревательных элементов. Провода могут быть размещены в также в пространстве под полом.

Актуальность исследований. Проектирование отопления выполняется согласно действующим нормам. Совершенство нормативной базы является одним из определяющих факторов энергопотребления страны. Поэтому анализ действующих нормативных документов является актуальной задачей.

Анализ теоретических и экспериментальных исследований.

Требования к теплоизоляции полов без нагревательных элементов. Некоторые параметры, связанные с тепловыми ощущениями и теплообменом в полах без отопительных элементов и тёплых полах были представлены в статье [1].

Основным параметром, характеризующим теплоизоляцию пола, является коэффициент теплопередачи U_c , Вт/(м² К). Требования к этому параметру, приведённые в технических строительных требованиях, сформулированы для конструкций с обычными полами. Однако, поскольку тёплые полы могут выполнять роль наружных ограждающих конструкций, необходимо обеспечивать требуемую теплоизоляцию между нагревательным элементом и

- внешним пространством
- неотапливаемым помещением
- отапливаемым помещением с более низкой температурой.

В соответствии с действующими строительными нормами [2] независимо от типа здания, требуемый уровень теплоизоляции конструкций с полами, приведён в табл. 1.

В случае складских, сельскохозяйственных и других производственных зданий могут быть приняты более высокие значения U_c , Вт/(м² К), если это оправдано экономической эффективностью инвестиционного проекта, охватывающего строительные и эксплуатационные расходы. Для этого необходимо провести анализ затрат в течение определённого, технического жизненного цикла инвестиций. Это своего рода энергоаудит здания и его наружных ограждений. Однако в нормативных актах не указывается форма и методика проведения указанного анализа.

Направление развития стандартов теплоизоляции наружных ограждений зданий в Польше определяется указаниями, разработанными для пассивных и энергосберегающих зданий. В Польше действуют требования (табл. 2) к программе финансовой реализации пассивных и энергоэффективных зданий типа NF 15 и NF 40. Числа 15 и 40 – это значения удельного энергопотребления на отопление помещений проектируемого здания, кВт·ч/(м² год). К сожалению, эта программа была закрыта, но все разработанные для неё указания могут быть использованы в проектной деятельности.

Таблица 1.

Максимальное значение коэффициента теплопередачи для ограждений с полом, Вт/(м² К), согласно [2]

Температура в помещении t_i или разница температуры воздуха между помещениями Δt_i , °С	Максимальный коэффициент теплопередачи $U_{C(max)}$, Вт/(м ² К) / минимальное сопротивление теплопередачи $R_{q min}$, м ² К/Вт	
	с 01.01.2017 г.	с 01.01.2021г.
Пол на грунте:		
$t_i \geq 16$	0,30 / 3,33	0,30 / 3,33
$8 \leq t_i < 16$	1,20 / 0,83	1,20 / 0,83
$t_i \leq 8$	1,50 / 0,67	1,50 / 0,67
Перекрытие над проездами в зданиях, при температуре в помещении:		
$t_i \geq 16$	0,18 / 5,56	0,15 / 6,67
$8 \leq t_i < 16$	0,30 / 3,33	0,30 / 3,33
$t_i \leq 8$	0,70 / 1,43	0,70 / 1,43
Перекрытие над неотапливаемым помещением или закрытым пространством под полом:		
$t_i \geq 16$	0,25 / 4,00	0,25 / 4,00
$8 \leq t_i < 16$	0,30 / 3,33	0,30 / 3,33
$t_i \leq 8$	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
Перекрытие над отапливаемым помещением или междуэтажное перекрытие:		
$\Delta t_i \geq 8$	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
$\Delta t_i < 8$	без требований	без требований

Допустимые значения коэффициента теплопередачи $U_{c(oon)}$, Вт/(м² К) для полов в пассивных зданиях типа NF 15 и энергосберегающих зданиях типа NF 40

Тип внешней ограждающей конструкции	Пассивные здания	Односемейные здания		Многоквартирные здания	
		NF15	NF40	NF15	NF40
	Допустимый коэффициент теплопередачи $U_{c(oon)}$, Вт/(м ² К)				
Пол на грунте, перекрытие над неотапливаемым помещением и закрытым пространством под полом	0,10... ...0,15	0,12	0,25	0,15	0,25
Перекрытие над проездом			0,15		0,18

В соответствии с Правилами [2] при проектировании ограждающих конструкций на грунте следует учитывать и другое требование, касающееся теплоизоляционных свойств. В жилых и общественных зданиях, а также в производственных, складских и хозяйственных по периметру пола на грунте в отапливаемом помещении следует применить слой теплоизоляции с сопротивлением теплопередачи не менее 2,0 м²К/Вт.

Проблемой является отсутствие требований к ширине теплоизоляционной полосы. Принимая во внимание требования предыдущей нормы по теплоизоляции зданий, можно предположить, что ширина изоляционной полосы, размещённой горизонтально в полу или вертикально на фундаменте или стене фундамента, должна быть не менее 1 м.

Теплоизоляция в тёплых полах. Требования к теплоизоляции слоя под нагревательными элементами в тёплых полах (табл. 3) приведены в

- N-EN 1264-4:2009 [3];
- PN-EN ISO 11855-5:2015-10 [4].

В ограждающих конструкциях со слоем теплоизоляции под нагревательными элементами в полу должны обеспечиваться минимальные теплотери от нагревательных элементов. В этом типе конструкций тёплых полов следует особым способом подходить к обеспечению теплоизоляции под нагревательным слоем.

В этих конструкциях требования к сопротивлению теплопередачи [2] относятся к этому слою, а не ко всей конструкции. Такой подход целесообразен, поскольку нагревательный элемент может иметь температуру 35...55 °С. Это значительно выше, чем температура воздуха в обогреваемом помещении (обычно 16-24 °С).

Оценка комфортности микроклимата в помещениях с тёплым полом. Норматив [3] определяет основные параметры температуры и плотности теплового потока для тёплых полов (табл. 4). Тепловые свойства полов также влияют на ощущения теплового комфорта людей, находящихся в помещении. Оценивает их можно на основе показателей, включённых

в норматив PN-EN ISO 7730:2006 [5].

В ней приводится классификация помещений по категориям *A*, *B* и *C*, определяющим помещения с точки зрения тепловых ощущений.

- категория *A* – самые высокие требования к тепловому комфорту из-за присутствия в помещениях особенно чувствительных людей, в т. ч. детей, инвалидов, больных или пожилых людей: помещения в яслях, детских садах, больницах, домах для пожилых людей и социальной помощи, а также ван-ные комнаты, бассейны и т. д.;
- категория *B* – средние требования в области ощущений теплового комфорта, которым должны удовлетворять помещения в строящихся зданиях, с другими функциями, кроме перечисленных в категории *A*, в т. ч. жилые помещения, школьные, офисные и т. д.;
- категория *C* – наихудшие приемлемые условия, как правило, в существующих зданиях, например, в офисных помещениях со пониженным стандартом, промышленные здания.

Категории помещений по комфортности описываются рядом показателей, таких как:

- *PMV* (*Predicted Mean Vote*) – показатель прогнозируемого среднего ощущения комфорта;
- *PPD* (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) – процент людей, недовольных тепловыми условиями, ощущаемыми организмом; процентные показатели числа людей, испытывающих дискомфорт, вызванный различными факторами;
- *DR* (*Draught Rating*) – ощущение сквозняка;
- *PD_V* (*Percentage of Dissatisfied from Vertical air temperature difference between head and feet*) – процент неудовлетворённых вертикальной разницей температуры между головой и ступнями;
- *PD_F* (*Percentage of Dissatisfied caused by warm or cold Floor*) – процент неудовлетворённых теплым или холодным полом,
- *PD_Δ* (*Percentage of Dissatisfied from radiant asymmetry*) – асимметрия радиационной температуры.

Таблиця 3.

Минимальное значение сопротивления изоляции ниже труб в поверхностных системах отопления в соответствии со стандартами [3, 4]

Вид среды на противоположной стороне помещения с тёплым полом	Минимально допустимое сопротивление теплоизоляции, м ² К/Вт	
Отапливаемое помещение	0,75	
Постоянно или временно неотапливаемое помещение	1,25	
Грунт под полом или за наружной стеной	1,25	
Наружное пространство с расчётной температурой воздуха t_e , °C	$t_e \geq 0^\circ\text{C}$	1,25
	$0^\circ\text{C} > t_e \geq -5^\circ\text{C}$	1,50
	$-5^\circ\text{C} > t_e \geq -15^\circ\text{C}$	2,00

Таблиця 4.

Максимальные значения температуры поверхности и плотности теплового потока для тёплых полов согласно PN EN 1216-4

Место применения тёплого пола	Расчётная температура воздуха в помещении	Максимальная температура поверхности пола	Допустимая плотность теплового потока
	°C	°C	Вт/м ²
Зона пола, удаленная от внешних стен	20	29	100
Береговая зона, вдоль наружных стен	20	35	175
Пол в ванной комнате	24	33	100

В табл. 5 обобщены требуемые значения показателей, выражающих приемлемый уровень чувств пользователей помещения, в зависимости от категории теплового комфорта. Как видно находятся там также параметры, связанные со свойствами тёплого пола.

Местный дискомфорт, выраженный индексом PD_F , вызванный ощущениями, связанными с температурой холодного или тёплого пола, определяется по формуле:

$$PD_F = 100 - 94 e^{-1,387 + 0,118 \theta_{F,m} - 0,0025 \theta}, \quad \% \quad (1)$$

где $\theta_{F,m}$ – средняя температура поверхности пола, °C; θ – температура воздуха в помещении, °C; 0,118 и 0,0025 – размерные коэффициенты, °C⁻¹.

Местный дискомфорт выраженный показателем PD_V определяется по формуле:

$$PD_V = \frac{100}{1 + e^{5,76 - 0,856 \Delta t_V}}, \quad \% \quad (2)$$

где Δt_V – вертикальная разница температуры

воздуха между головой и стопой человека, К, 0,856 – размерный коэффициент, К⁻¹.

Формулировка целей статьи. Целью данной работы является сравнительный анализ различных требований польских норм теплоизоляции полов с нагревательными элементами и без них.

Основная часть.

1. Анализ норм теплоизоляции в тёплых полах.

В нормативах [3, 4] требования к теплоизоляционным слоям оказываются очень мягкими, далёкими от общих технических строительных требований. Простое сравнение вышеуказанных требований с требованиями, касающимися теплоизоляции ограждений в отапливаемых зданиях, показывает, что первые недостаточны (табл. 6).

Расчётные минимальные значения сопротивления теплопередачи слоя теплоизоляции по [2] рассчитаны по формуле

$$R_q = \frac{1}{U_{C(max)}} - R_{si} - R_{se}, \quad \text{м}^2 \text{К/Вт}, \quad (3)$$

Таблиця 5.

Перечень требуемых значений показателей, используемых для оценки соответствующего класса помещений в зависимости от параметров, определяющих условия теплового комфорта, на основе стандарта PN-EN ISO 7730: 2006 [5]

Категория помещения	Термическое состояние организма в целом, выраженное показателями		Ощущение комфорта, выраженное показателями, %			
	PPD , %	PMV	DR	PD_V	PD_F	PD_Δ
A	< 6	-0,2 < PMV < 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Таблиця 6

Расчётное значение минимального сопротивления теплопередачи теплоизоляционных слоёв под нагревательными элементами, рассчитанное в соответствии с требованиями стандартов [3, 4] и в соответствии со строительными требованиями [2], а также процентная разница между этими значениями для различных типов ограждений

Температура в помещении t_i , °C, или разность температуры воздуха между помещениями Δt_i , °C	Допустимое минимальное значение сопротивления теплопередачи слоя теплоизоляции согласно нормативам [3, 4] $R_{q,34}$, м ² К/Вт	Минимальное сопротивление теплопередачи $R_{q,2}$, м ² К/Вт, слоя теплоизоляции исходя из строительных требований [2] по формуле (1) / относительная недостача сопротивления [2] при выполнении норм [3,4], %	
		с 01.01.2017	с 01.01.2021
Пол на грунте – ПнГ:			
$t_i \geq 16$	1,25	3,00 / 141	3,00 / 141
$8 \leq t_i < 16$		0,50 / —	0,50 / —
$t_i \leq 8$		0,35 / —	0,35 / —
Перекрытие над проездами в зданиях - ПнП:			
$t_i \geq 16$	2,00	5,20 / 160	6,30 / 215
$8 \leq t_i < 16$		3,00 / 42	3,00 / 42
$t_i \leq 8$		1,10 / —	1,10 / —
Перекрытие над неотапливаемым помещением или закрытым пространством под полом - ПнПП:			
$t_i \geq 16$	1,25	3,50 / 181	3,50 / 181
$8 \leq t_i < 16$		2,80 / 127	2,80 / 127
$t_i \leq 8$		0,50 / —	0,50 / —
Перекрытие над отапливаемым помещением или междуэтажное перекрытие:			
$\Delta t_i \geq 8$	0,75	0,50 / —	0,50 / —
$\Delta t_i < 8$		без требований	без требований

* с 01.01.2019 г. для зданий местных и государственных органов или являющихся их собственностью

где R_{si} и R_{se} – сопротивление теплопередачи внутренних и наружных слоёв кроме теплоизоляционного на уровне 0,15 м² К/Вт.

Особенно большие диспропорции между общими строительными требованиями и требованиями из нормативов [3, 4] выявлены для перекрытия над:

- проездом или проходом в помещениях с температурой $t_i \geq 8$ °C;
- неотапливаемым помещением в помещениях с температурой $t_i \geq 8$ °C;
- замкнутым пространством под полом в помещениях с температурой $t_i \geq 8$ °C;
- полом на грунте, в помещениях с температурой $t_i \geq 16$ °C.

Процентная разница требований к перекрытию над проходами в помещениях с температурой воздуха 16 °C и выше составляет 160 %.

Она достигнет 215 %, по требованиям, которые будут применяться с 2021 г.

В случае перекрытий над неотапливаемыми помещениями процентная разница между требованиями достигает 181 % по сравнению с требованиями нормативов [3, 4].

На основании значений минимального сопротивления теплопередачи в табл. 6 определена минимальная толщина слоя теплоизоляции по указаниям нормы [3, 4] и строительным требованиям [2], для трёх вариантов (табл. 7) коэффициента теплопроводности теплоизоляции 0,035; 0,030; 0,025 Вт/(м К).

Из сравнения полученных результатов следует, что по указаниям норм [3, 4] толщина теплоизоляции, в частности, для перекрытий над проездами и неотапливаемыми помещениями с внутренней температурой выше 8 °C, суще-

ственно занижена по сравнению с рассчитанной на основании [2]. Это обстоятельство имеет особое значение в настоящее время, когда ужесточаются требования к наружным ограждающим конструкциям с точки зрения энергоэффективности зданий.

Использование только указанных норм [3, 4], в области тепловой изоляции конструкции с тёплым полом будет приводить к дополнительным потерям теплоты.

Особенно велики будут теплопотери в случае теплоизоляции тёплого пола в перекрытиях над проездами, аркадами и т. д. и над неотапливаемыми помещениями.

Из расчётов следует, что для этого типа конструкции необходимо принимать толщину теплоизоляции не менее 190 и 130 мм при использовании теплоизоляционного материала с теплопроводностью 0,035 Вт/(м К).

С 2021 года это значение возрастёт до 230 мм (перекрытие над проездом). Из нормативных требований достаточно было бы использовать изоляционные слои толщиной 50...70 мм.

Только в случае теплоизоляционного материала с коэффициентом теплопроводности равным 0,025 Вт/(м К) минимальная толщина слоя тепловой изоляции в перекрытиях над проездами, аркадами и т. д. и над неотапливаемыми помещениями составляет 130 и 90 мм. С 2021 года толщина возрастёт до 160 мм (перекрытие над проездом).

Отдельные требования в области термических свойств формулируются для слоёв, находящихся над нагревательными элементами. Сопротивление слоев грунта и пола не должно превышать 0,15 м²К/Вт, для пола, только с функцией отопления и 0,10 м²К/Вт, для пола с функцией обогрева зимой и охлаждения летом.

2. Обеспечение комфортных тепловых ощущений с помощью тёплого пола. Результаты расчёта показателя PD_F в зависимости от температуры поверхности пола, характеризующие тёплый пол, указаны на рис. 1.

Минимальные значения принимает показатель дискомфорта при температуре поверхности пола, близкой к 23,5 °С. Этому значению соответствует максимальный комфорт.

Благоприятные температурные условия, связанные с этими ощущениями, могут быть обеспечены тёплым полом с температурой поверхности:

- до 28 °С для помещений категорий А и В
- немного выше 30 °С в случае помещения категории С.

Это не вполне соответствует указаниям норматива PN-EN 1264-4, в котором допускает-

ся температура поверхности пола, в некоторых помещениях до 33...35 °С. Такие параметры пол обеспечит только когда система отопления работает.

В период охлаждения, когда система отопления не работает, показатель дискомфорта может принимать другие, менее благоприятные значения.

Выполнено сравнение результатов расчёта показателя PD_V с допустимыми уровнями для различных категорий тепловых ощущений (рис. 2). Для соответствия критерию PD_V для разница по вертикали температуры воздуха на уровне головы и голеностопных суставов человеческой ноги не должна превышать:

- 2,7 К для помещений категории А;
- 3,3 К для категории В;
- 4,2 К для категории С.

Из характеристики линии показателя дискомфорта PD_V следует, что с увеличением разницы температуры между уровнем головы и ногами человека тепловые ощущения ухудшаются. При разнице в 5...6 К значение показателя увеличивается до 20...35 %.

В этом случае заметна определённая аналогия с ранее представленной характеристикой. Она свидетельствует о том, что нельзя превышать температуру поверхности пола выше определённой величины.

Если температура в помещении составляет 25 °С на уровне головы, то на уровне голеностопных суставов на ногах человека она не должна быть выше чем 28 °С.

Выводы. При анализе нормативных документов по подпольному отоплению выявлена очень большая разница в требованиях различных норм по теплоизоляции слоёв под нагревательными элементами. Эта разница достигает 181 %. Она возрастёт до 215 % при вступлении в силу новых положений в 2021 году. В помещениях категорий А и В температура поверхности пола должна находиться в диапазоне от 20 до 28 °С, а в случае категории С не превышать 30 °С. Наиболее благоприятные условия достигаются при температуре поверхности пола, близкой к 23,5 °С. Это не вполне соответствует указаниям норматива PN-EN 1264-4, в котором допускается температура поверхности пола в некоторых помещениях до 33...35 °С. В случае критерия PD_V для помещений категории А, вертикальная разница температуры воздуха между головой и голеностопными суставами человека не должна превышать 2,7 К, для категории В – 3,3 К и для категории С – 4,2 К. Таким образом, для обеспечения энергоэффективности и комфорта необходимо привести нормативные документы в соответствие друг другу.

Таблиця 7.

Предполагаемая толщины слоя теплоизоляции, которая должна быть принята в соответствии с указаниями норм [3, 4] и строительными требованиями [1] для разных типов ограждений

Вид документа с требованиями, касающимися теплоизоляции	Дата действия документа	Вид ограждения	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м К)	Минимальная толщина теплоизоляции, мм, (округлённая до 10 мм) при температуре воздуха в помещении, °С		
				$t_i \geq 16$	$8 \leq t_i < 16$	$t_i \leq 8$
Нормативы: PN-EN 1264-4:2009, PN-EN ISO 11855:2015 [3, 4]		ПнГ	0,035	50		
			0,030	40		
			0,025	40		
		ПнП	0,035	70		
			0,030	60		
			0,025	50		
		ПнПП	0,035	50		
			0,030	40		
			0,025	40		
Строительные требования [2]	с 01.01.2017	ПнГ	0,035	110	20	20
			0,030	90	20	10
			0,025	80	20	10
		ПнП	0,035	190	110	40
			0,030	160	90	40
			0,025	130	80	30
		ПнПП	0,035	130	100	20
			0,030	110	90	20
			0,025	90	80	20
	с 01.01.2021	ПнГ	0,035	110	20	20
			0,030	90	20	10
			0,025	80	20	10
		ПнП	0,035	230	110	40
			0,030	190	90	40
			0,025	160	90	30
		ПнПП	0,035	130	100	20
			0,030	110	90	20
			0,025	90	80	20

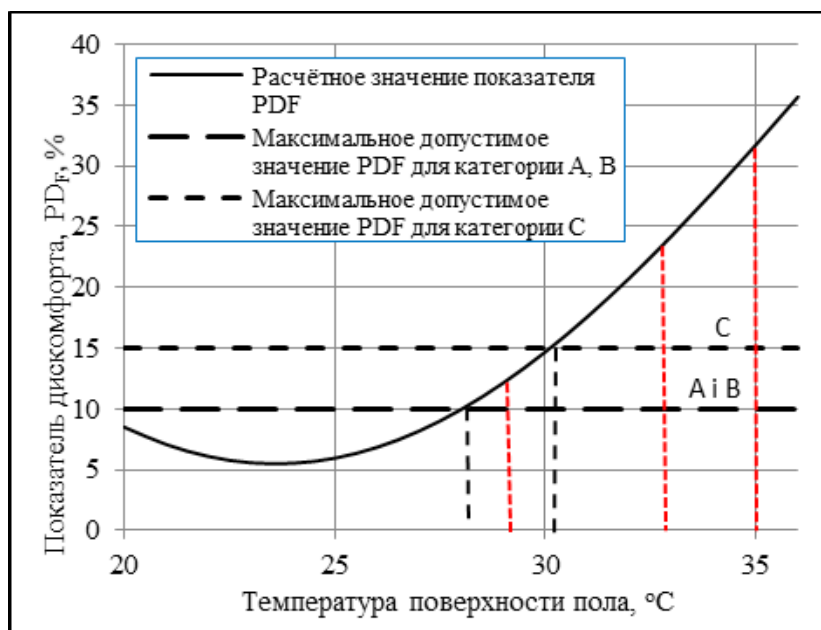


Рис. 1. Характер изменения показателя теплового комфорта PD_f в зависимости от температуры поверхности пола, в сопоставлении с допустимыми уровнями этого показателя для различных категорий помещений и максимальными значениями температуры поверхности в соответствии с нормой PN-EN 1264-4

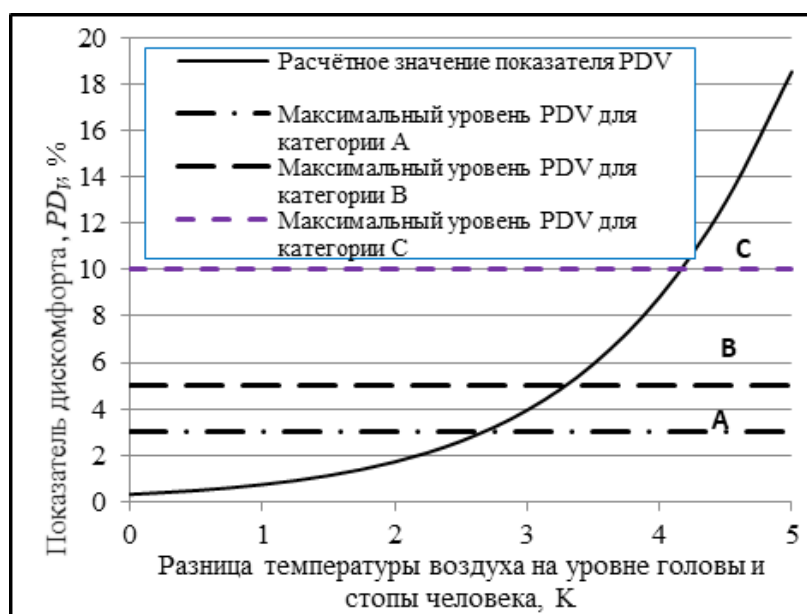


Рис. 2. Характер изменения показателя теплового дискомфорта PD_v от вертикальной разницы температуры, по сравнению с уровнями допустимыми для разных категорий помещений

References

1. Ujma A. "Analiza wybranych parametrów cieplnych podłóg nieogrzewanych i ogrzewanych". *Izolacje*, 2018, nr 11/12, P. 86-90
2. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. z 7 czerwca 2019r., poz. 1065
3. PN-EN 1264-4:2009. Instalacje wodne grzewcze i chłodzące płaszczyznowe – Część 4: Instalowanie.
4. PN-EN ISO 11855-5:2015-10: Projektowanie środowiska w budynku – Projektowanie, wymiarowanie, instalacja oraz regulacja wbudowanych systemów ogrzewania i chłodzenia przez promieniowanie – Część 5: Instalacja.
5. PN-EN ISO 7730:2006 Ergonomia. Środowisko termiczne umiarkowane. Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego.

УДК 694.6

Аналіз польських норм щодо опору теплопередачі й теплового комфорту при використанні підлогового опалення

А. Уйма¹

¹к.т.н., Ченстоховський політехнічний університет, Ченстохова, Польща, adam.ujma@pcz.pl, ORCID: 0000-0001-5331-6808

Анотація. У роботі проаналізовано вимоги до опору теплопередачі підлог з підлоговим опаленням. Воно максимально відповідає фізіології людини, створює комфортні умови при меншій температурі внутрішнього повітря, зменшує підняття пилу за рахунок зменшення конвективних потоків, дозволяє використовувати низькопотенційні теплоносії, особливо від вторинних і поновлюваних енергоресурсів, не займає місця в приміщенні, мінімально впливає на інтер'єр. Однак, температура нагрівальних елементів значно перевищує температуру повітря в приміщенні. При цьому вимоги до теплоізоляції під нагрівальними елементами повинні бути вищими, ніж до конструкцій без підігріву. Як показав аналіз чинних у Польщі нормативних документів це не завжди дотримано. У багатьох випадках опір теплопередачі виявляється менше на 42...181%. При набутті чинності нових норм у 2021 році ця різниця досягне 215%. Також нормативні обмеження щодо температури поверхні підлоги не завжди дозволяють забезпечити нормативний рівень комфорту. Таким чином, для забезпечення енергоефективності та комфорту необхідно узгодити нормативні документи.

Ключевые слова: теплообмін, тепла підлога, підлогове опалення, тепловий комфорт

UDC 694.6

Analysis of Polish norms on thermal resistance and thermal comfort for underfloor heating

A. Ujma¹

¹PhD, Czestochowa University of Technology, Czestochowa, Poland, adam.ujma@pcz.pl, ORCID: 0000-0001-5331-6808

Abstract. In the paper, there is an analysis of the requirements for the thermal resistance of floors with underfloor heating. It corresponds to the human physiology as much as possible, creates comfortable conditions at a lower temperature of the internal air, reduces the rise of dust by reducing convective flows, allows the use of low-grade heat carriers, especially from secondary and renewable energy resources, does not take up space in the room, minimally affects the interior. However, the temperature of the heating elements is significantly higher than the room temperature. At the same time, the requirements for thermal insulation under the heating elements should be higher than for structures without heating. As the analysis of the regulations in force in Poland has shown, this is not always observed. In many cases, the heat transfer resistance is lower by 42-181%. The percentage difference in requirements for floors over aisles in rooms with an air temperature of 16 °C and above is 160%. It will reach 215%, according to the requirements that will be applied from 2021. In the case of floors over unheated rooms, the percentage difference between the requirements reaches 181%. By the new norms in 2021, this difference will reach 215%. Also, the normative limitation on the temperature of the floor surface does not always allow providing the normative level of comfort. In rooms of categories A and B, the surface temperature of the floor must be 20-28 °C. In the case of category C it should not exceed 30 °C. The most favorable conditions are achieved when the floor surface temperature is close to 23.5 °C. PN-EN 1264-4 standard allows the temperature of the floor surface in some rooms up to 33...35 °C. Thus, to ensure energy efficiency and comfort, it is necessary to harmonize the regulations with each other.

Keywords: heat exchange, underfloor heating, underfloor heating, thermal comfort

Надійшла до редакції / Received 23.11.2020