

# Расчет уровня экономически целесообразной теплозащиты зданий для разных районов РФ



www.souptstock.in

**Е. Г. Малявина**, канд. техн. наук, профессор кафедры ТГВ Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), [email@list.ru](mailto:email@list.ru)

**А. А. Фролова**, канд. техн. наук, доцент кафедры ТГВ НИУ МГСУ, [privalova-a@mail.ru](mailto:privalova-a@mail.ru)

**Ключевые слова:** уровень теплозащиты, совокупные дисконтированные затраты, отопительный период, сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, удельные теплопоступления

Основная задача настоящей статьи состоит в выяснении влияния различных климатических условий на экономически целесообразный уровень теплозащиты здания. Эта задача решалась для трех городов – Воркуты, Москвы [1] и Астрахани [2], основные климатические характеристики которых приведены в табл. 1.

Примененный в работе подход к выбору уровня теплозащиты отличается от общепринятого, во-первых, учетом всех

составляющих капитальных и эксплуатационных затрат, на которые влияет теплозащита, и, во-вторых, учетом затрат энергии на круглогодичное поддержание заданных параметров внутренней среды. В расчетах совокупных дисконтированных затрат на круглогодичное обслуживание зданий принята норма дисконта 10 %. В статье [5] приведена методика экономической оптимизации сопротивления теплопередаче наружных стен. Методика может применяться в

реальных расчетах при условиях расширения списка составляющих капитальных и эксплуатационных расходов и рассмотрения круглогодичного теплового режима помещения.

Воркута – город с продолжительным отопительным периодом – 298 суток при низкой ( $-9,5$  °C) средней температуре. Причем система отопления работала в этот период круглосуточно. Система охлаждения помещения работала только в рабочее время.

Таблица 1

Число дней в году наблюдения температуры наружного воздуха в различных интервалах

Интервал температур, °C	Средняя температура интервала, °C	Продолжительность интервала, сут.		
		Воркута [3]	Москва [4]	Астрахань [4]
$+30 \leq t$		–	–	12
$+26 \leq t < +29,9$	+28	–	5	28
$+22 \leq t < +25,9$	+24	3	7	35
$+16 \leq t < +21,9$	+19	11	50	64
$+8 \leq t < +15,9$	+12	42	88	66
$+5 \leq t < +7,9$	+6,5	28	28	23
$+0 \leq t < +4,9$	+2,5	57	65	49
$-5 \leq t < -0,1$	-2,5	55	52	46
$-10 \leq t < -5,1$	-7,5	45	32	24
$-16 \leq t < -10,1$	-13	47	23	12
$-26 \leq t < -16$	-21	51	14	6
$-30 \leq t < -26,1$	-28	11	1	–
$T \leq -30,1$	-38	15	–	–

Таблица 2

Сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ 

Город	Наименование ограждающей конструкции	Вариант теплозащиты 1	Вариант теплозащиты 2	Вариант теплозащиты 3
Воркута	Наружная стена	1,558/1,558	2,401/2,439	3,811/3,871
	Покрытие	1,753/1,753	4,065/4,130	5,080/5,162
	Окно	0,759	0,759	0,759
Москва	Наружная стена	1,226/1,224	1,619/1,621	2,570/2,576
	Покрытие	1,379/1,371	2,740/2,748	3,420/3,423
	Окно	0,660	0,660	0,660
Астрахань	Наружная стена	1,050/1,057	1,400/1,400	2,220/2,224
	Покрытие	1,180	2,370/2,371	2,960/2,967
	Окно	0,590	0,590	0,590

Примечание: Над чертой показаны значения требуемых нормами сопротивлений теплопередаче, под чертой – расчетных.

Температура наружного воздуха выше  $+5 \text{ °C}$ , то есть период машинного охлаждения, длится около 84 суток. При этом температура выше поддерживаемых в помещении при машинном охлаждении  $+22 \text{ °C}$ , т. е. когда для сокращения теплоступлений нужна усиленная теплозащита, бывает крайне редко – трое суток.

Москва – отопительный период длится 205 суток и имеет среднюю температуру  $-2,2 \text{ °C}$ . Период температуры наружного воздуха выше  $+5 \text{ °C}$  продолжается около 178 суток, а выше  $+22 \text{ °C}$  – 12 суток.

Астрахань – отопительный период 165 суток при средней температуре  $-0,7 \text{ °C}$ . Температура наружного воздуха выше  $+5 \text{ °C}$  длится около 228 суток. Температура выше поддерживаемых в помещении при машинном охлаждении  $+22 \text{ °C}$  наблюдается около 75 суток.

Было рассмотрено три варианта теплозащиты здания, отличающихся друг от друга сопротивлением теплопередаче наружной стены и покрытия. Для варианта 1 сопротивления теплопередаче приближаются к нормируемым формулой (5.4) СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [6] по санитарно-гигиеническим условиям. Вариант 3 теплозащиты соответствует базовым нормам

исходя из энергосбережения по табл. 3 того же СП. Для варианта 2 сопротивления теплопередаче наружных стен и покрытий рассчитаны по формуле (5.1) того же СП с применением понижающего коэффициента 0,63 для стен и 0,8 для покрытия по отношению к варианту 3. Величины сопротивлений теплопередаче,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , приведены в табл. 2.

Расчету подвергались здания прямоугольной формы с одинаковой шириной 20,2 м.

Удельные теплоступления в помещения учитывались с 9 до 18 часов и выбраны на трех уровнях: 0, 40, 80  $\text{Вт}/\text{м}^2$ . В эту величину не входит проникающая через окна солнечная радиация.

Границы между зонами экономически выгодных вариантов теплозащиты общественных зданий с рабочим днем с 9:00 до 18:00 приведены на рис. 1.

Из рисунков видно, что с экономической точки зрения чем меньше здание (больше  $k_{06}$ ), тем в большей степени выгодно утепление по санитарно-гигиеническим нормам (вариант 1). Оно более выгодно при низких СДЗ. С возрастанием внутренних тепловыделений увеличивается зона сочетаний СДЗ/ $\text{м}^2$  и  $k_{06}$  с выгодностью утепления по санитарно-гигиеническим нормам.

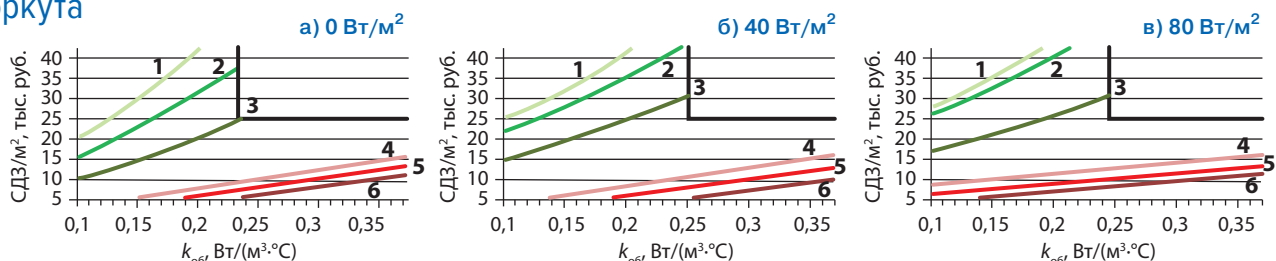
## Выводы

1. Решение об уровне утепления здания должно приниматься на основе расчетов с учетом как климатических факторов, так и всех других, влияющих на формирование выгодности принимаемого варианта.

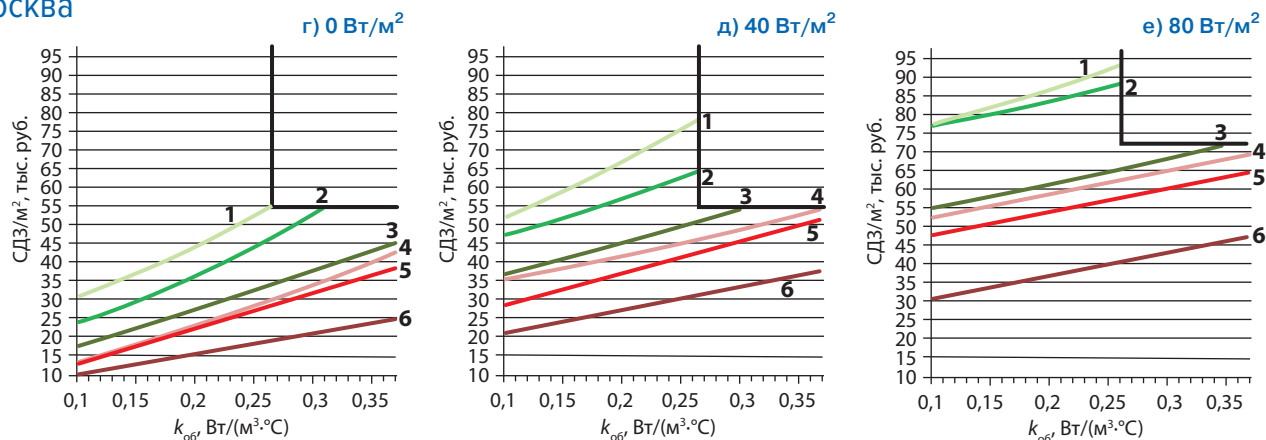
2. Чем длиннее и жестче отопительный период, тем зона 3 сочетаний СДЗ/ $\text{м}^2$  и удельной теплозащитной характеристики, относящаяся к базовому утеплению, больше. Она в большей степени относится к зданиям с дорогими утеплителями и инженерными системами. Кроме того, к выгоде базового утепления здания приводит продолжительный охлаждающий период с температурой наружного воздуха выше температуры, поддерживаемой в помещении (в данном случае  $+22 \text{ °C}$ ). Однако в Астрахани даже при увеличении СДЗ/ $\text{м}^2$  оказалось невыгодным для рассмотренных зданий утепление по базовым нормам при стоимости утепления 22 000 руб./ $\text{м}^3$ , а при внутренних теплоступлениях 80  $\text{Вт}/\text{м}^2$  – и при стоимости утепления 15 000 руб./ $\text{м}^3$ .

3. В холодном климате (Воркута) зона выгодности уменьшенного по отношению к базовому сопротивлению теплопередаче мала. Однако в средней полосе РФ (Москва) и даже на юге РФ

## Воркута



## Москва



## Астрахань

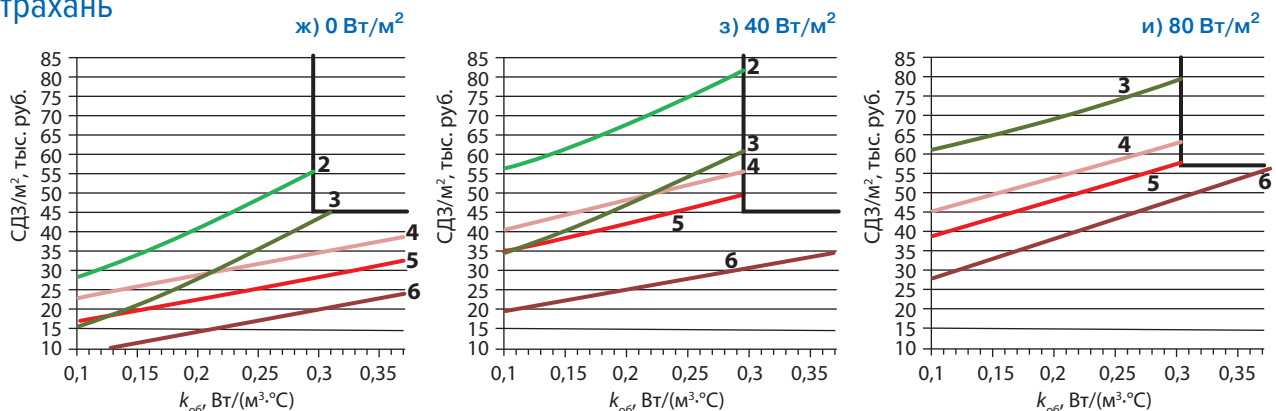


Рис. 1. Экономически целесообразные варианты утепления зданий: в Воркуте (а–в); в Москве (г–е); в Астрахани (ж–и); при отсутствии внутренних тепловыделений (а, г, ж); при внутренних тепловыделениях 40 Вт/м<sup>2</sup> (б, д, з); при внутренних тепловыделениях 80 Вт/м<sup>2</sup> (в, е, и); 1, 2, 3 – границы, отделяющие зону выгоды варианта теплозащиты 3 (выше линий 1, 2, 3) от варианта теплозащиты 2 (ниже линий 1, 2, 3 до линий 4, 5, 6) соответственно при стоимостях утепления 22 000 руб./м<sup>3</sup>, 15 000 руб./м<sup>3</sup>, 9000 руб./м<sup>3</sup>; 4, 5, 6 – границы, отделяющие зону выгоды варианта теплозащиты 2 (выше линий 4, 5, 6 до линий 1, 2, 3) от варианта теплозащиты 1 (ниже линий 4, 5, 6) соответственно при стоимостях утепления 22 000 руб./м<sup>3</sup>, 15 000 руб./м<sup>3</sup>, 9000 руб./м<sup>3</sup>

(Астрахань) эта зона больше зоны выгоды базового утепления.

## Литература

1. Малявина Е. Г., Фролова А. А. Экономическое обоснование выбора теплозащиты офисных зданий / Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2018. – № 9(717). – С. 56–65.
2. Малявина Е. Г., Фролова А. А. Влияние климатических особенностей района строительства на экономически выгодный уровень тепловой защиты офисных зданий / Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2020. – № 11(743). – С. 89–99.
3. СНиП II-A.6-72. Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат, 1973.
4. Строительная климатология: Справочное пособие к СНиП 23-01-99\* / Под ред. чл.-кор. Савина В. К. – М.: НИИ строительной физики РААСН, 2006.
5. Ковалев И. Н., Табунщиков Ю. А. Особенности оптимизации толщины утеплителя наружных стен зданий. Системные аспекты // Энергосбережение. – 2017. – № 8. – С. 22–32.
6. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 2223-02-2003 с Изменениями 1, 2. – М.: Стандартинформ, 2018; ФГБУ «РСТ», 2022.