

DOI 10.15826/rjct.2025.1.005

УДК 699.86

*М. А. Мустафин*¹, *А. А. Антипин*²

^{1,2} Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

e-mail: ¹ mustafu65@yandex.ru, ² a.a.antipin@urfu.ru

ВЫБОР РАСЧЁТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация. В статье выполнено численное исследование распределения температуры на внутренней поверхности типовой ограждающей конструкции.

Построена модель типового этажа с тремя типами наиболее часто встречающихся теплопроводных включений, а именно, угол, междуэтажное перекрытие и окна. Для сравнения были составлены три модели с двумя теплопроводными включениями: угол и перекрытие, перекрытие и окно, стена и перекрытие и три модели с одним теплопроводным включением (угол, окно, междуэтажное перекрытие).

Расчёт выполнен в программном комплексе Elcut.

Выполнен сравнительный анализ распределения температуры на внутренней поверхности ограждающих конструкций. Даны рекомендации по составлению расчётных моделей для решения тепловых задач.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, расчётные модели, теплопроводность, теплозащита зданий

Для цитирования: Мустафин М. А., Антипин А. А. Выбор расчётной области для определения температуры на внутренней поверхности ограждающей конструкции // Russian Journal of Construction Science and Technology. – 2025. – Т. 11. – № 1. – 1101005. – DOI 10.15826/rjct.2025.1.005.

*М. А. Mustafin*¹, *А. А. Antipin*²

^{1,2} Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

e-mail: ¹ mustafu65@yandex.ru, ² a.a.antipin@urfu.ru

SELECTION OF THE CALCULATION AREA FOR DETERMINING THE TEMPERATURE ON THE INNER SURFACE OF THE ENCLOSING STRUCTURE

Abstract. The article presents a numerical study of the temperature distribution on the inner surface of a typical enclosing structure.

A model of a typical floor is constructed with three types of the most common heat-conducting inclusions, namely, angle, floor-to-ceiling and windows. For comparison, three models with two heat-conducting inclusions were compiled: corner and overlap, overlap and window, wall and overlap, and three models with one heat-conducting inclusion (corner, window, floor-to-ceiling).

The calculation is performed in the Elcut software package.

A comparative analysis of the temperature distribution on the inner surface of the enclosing structures has been performed. Recommendations on the compilation of computational models for solving thermal problems are given.

Key words: enclosing structures, computational models, thermal conductivity, thermal protection of buildings

For citation: Mustafin M. A., Antipin A. A. (2025) Selection of the calculation area for determining the temperature on the inner surface of the enclosing structure. Russian Journal of Construction Science and Technology. 11(1). 1101005. (In Russ.) DOI 10.15826/rjct.2025.1.005.

1. Введение

Первые нормы по теплозащите зданий были разработаны в СССР в 1929 г. и совершенствуются по настоящее время, так как теплотехнические расчёты ограждающих конструкций играют важную роль при проектировании зданий и сооружений [1]. Одна из главных целей таких расчётов является обеспечение комфортной среды для человека. Вторая цель – это достижение максимально энергоэффективной оболочки здания для минимизации затрат на отопление [2].

Особое внимание при проверке температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций необходимо обращать на зоны теплопроводных включений: внешние углы, места перехода от конструкций вне грунта к конструкциям в грунте, оконным откосам и откосам зенитных фонарей и др. [3, 4, 5]. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции должна определяться по результатам расчета температурных полей всех зон с теплотехнической неоднородностью [6].

В большинстве случаев для типовых решений можно приближенно рассматривать и решать тепловые задачи как двухмерные, однако все ограждающие конструкции являются трёхмерными, поэтому использование двухмерных расчётных моделей не позволяет в полном объёме оценить теплопроводность ограждающих конструкций и выявить все мостики холода для фактических трёхмерных конструкций [7]. Неверный расчёт тепловых мостов приводит к увеличению потребности в тепловой энергии здания на 20–30 % [8]. Так же стоит отметить, что чем хуже климатические условия, тем сильнее влияние мостиков

холода на энергетическую нагрузку здания [9].

В современных российских и зарубежных нормах методы расчёта и учёта мостиков холода различаются [10]. Таким образом, при составлении расчётной модели встаёт следующий вопрос: рассматривать все зоны с теплопроводными включениями как отдельные узлы, либо рассмотреть эту зону, как одну целую, для получения полной картины распределения температуры на внутренней поверхности ограждающих конструкций.

2. Построение расчётных моделей

Для выполнения расчётов использовался расчётный комплекс Elcut – замкнутая полнофункциональная система расчета температурных полей методом конечных элементов [11]. Все расчёты выполнены в соответствии с действующими нормами [12, 13, 14]

В качестве объекта для исследования был взят проект крупнопанельного 4–этажного дома, построенный в районе крайнего севера России, так как на сегодняшний день, панельные здания не соответствуют современным стандартам, имеют дефекты и повреждения, которые непосредственным образом влияют на тепловую защиту зданий [15].

Температура наружного и внутреннего воздуха принята -44°C и $+22^{\circ}\text{C}$ соответственно. Ограждающие конструкции выполнены из трёхслойных керамзитобетонных блоков толщиной 600 мм, перекрытия выполнены из железобетонных многопустотных плит с круглыми пустотами толщиной 220 мм. Теплопроводность материалов приведена в таблице 1.

Для расчёта были построены 9 моде-

лей, краткое описание которых приведено в таблице 2.

Таблица 1

Теплопроводность материалов

№	Наименование	Расчётный коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С
1	Керамзитобетон	0,66
2	Жгут из пенополиэтилена	0.035
3	Дерево	0.15
4	Мастика	0.47
5	Конопатка	0.02
6	Железобетон с пустотами	1.5
7	Пластик	0.2
8	Стеклопакет	0.068
9	Утеплитель	0.041
10	Цемент	0.93

Таблица 2

Расчётные модели

№	Наименование	Описание
1	Общая (О)	2 межэтажных перекрытия, 2 смежных окна разных размеров и угол со стеной (рис.1)
2	Угол с перекрытием (УП)	Угол и 2 межэтажных перекрытия (рис.2)
3	Угол (У)	Фрагмент угла (рис.3)
4	Стена с перекрытием (СП)	Стену и одно перекрытие (рис.4)
5	Стена (С)	Фрагмент стены (рис.5)
6	Маленькое окно с перекрытием (МСП)	Окно 1270x1440 (мм) и 2 межэтажных перекрытия (рис.6)
7	Маленькое окно (М)	Окно 1270x1440 (мм) (рис.7)
8	Большое окно с перекрытием (БСП)	Окно 2070x1440 (мм) и 2 межэтажных перекрытия (рис.8)
9	Большое окно (Б)	Окно 2070x1440 (мм) (рис.9)

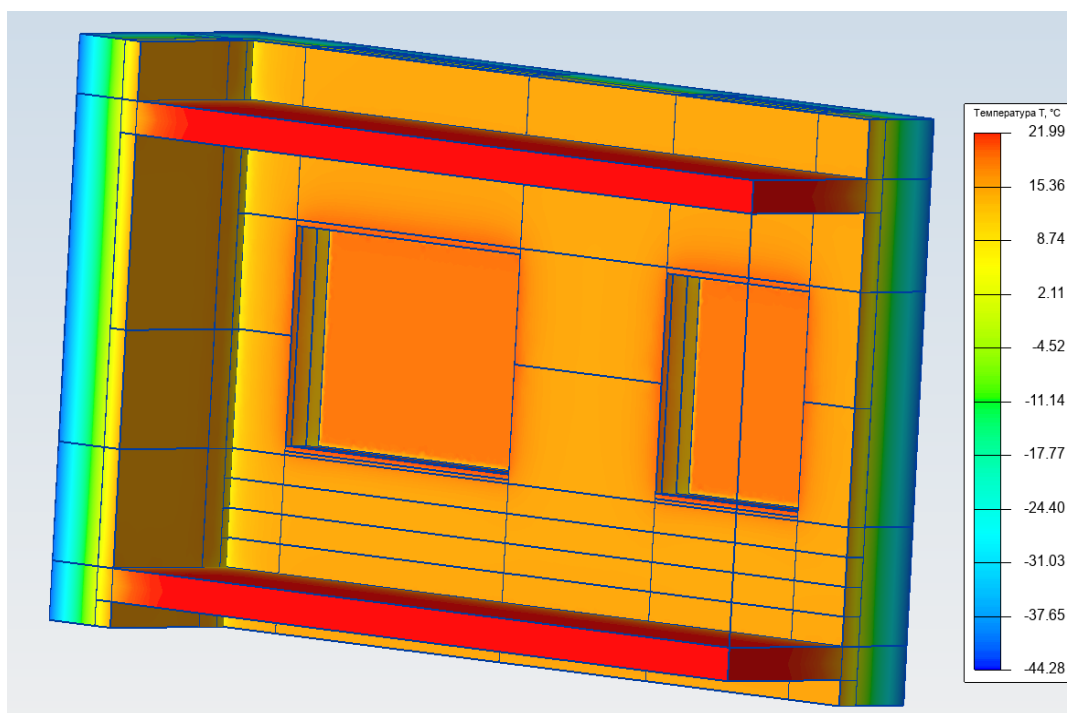


Рис. 1. Общая модель (О)

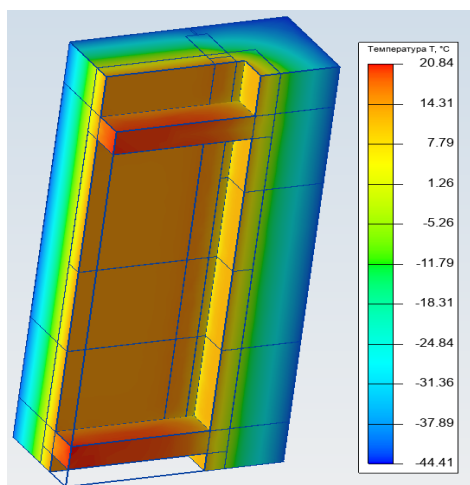


Рис. 2. Угол с плитой (УП)

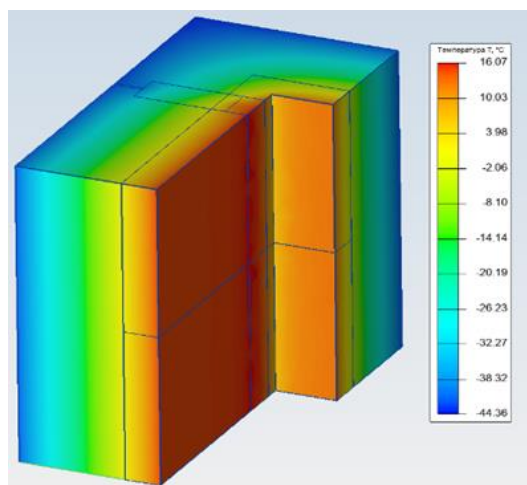


Рис. 3. Угол (У)

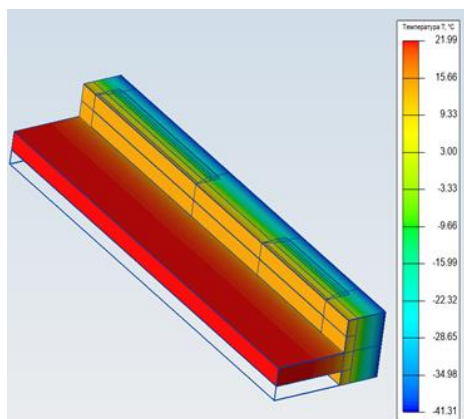


Рис. 4. Стена с плитой (СП)

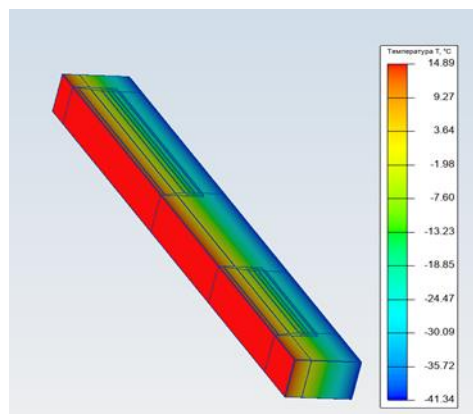


Рис. 5. Стена (С)

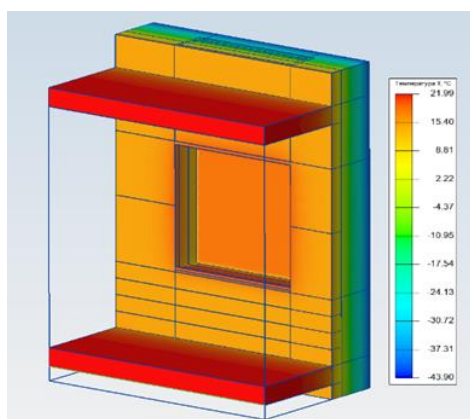


Рис. 6. Маленькое окно с перекрытием (МОП)

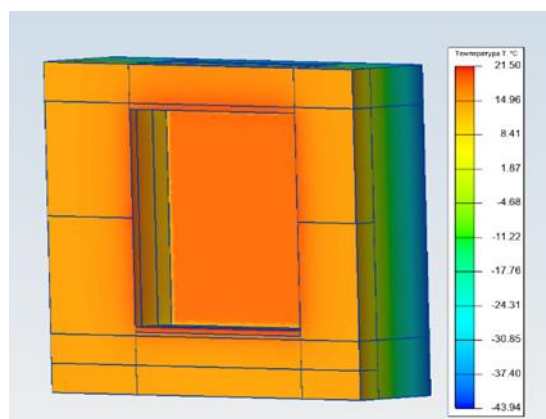


Рис. 7. Маленькое окно (МО)

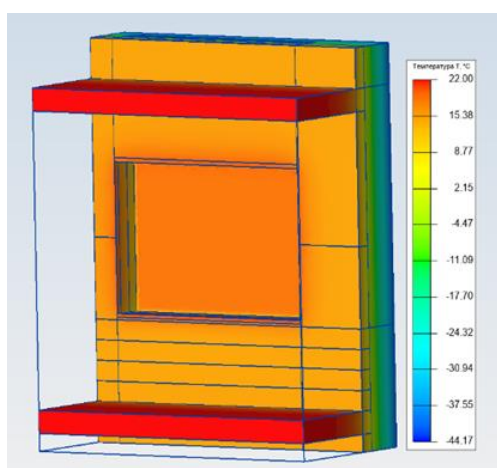


Рис. 8. Большое окно с перекрытием (БОП)

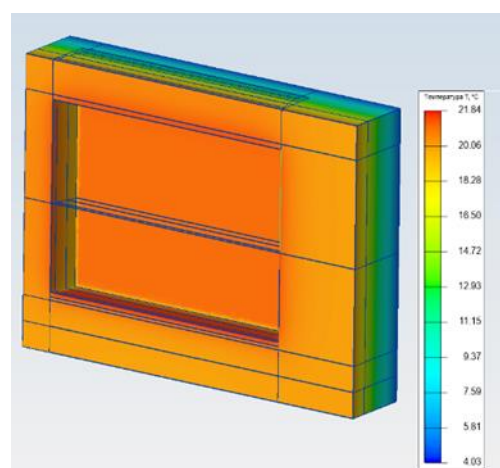


Рис. 9. Большое окно (БО)

На внутренней поверхности ограждающей конструкции были обозначены 36 точек (рис. 10–13) описание точек приведены в таблице 3.

По итогам расчётов была составлена

таблица температуры для каждой модели в каждой точке (табл. 4).

Относительно каждой модели были выделены максимальные и минимальные значения температуры, оранжевым и синим цветом соответственно.

Таблица 3

Описание точек

№	Номер точки	Описание
1	1, 2, 23, 24	Угол стены в месте примыкания плиты перекрытия (рис. 10)
2	3, 4, 5, 6, 13, 14, 15, 16	Угол оконных откосов и окна (рис. 10)
3	7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 28	Стены вблизи теплопроводных включений (угол, плита, откос) (рис. 10, 11)
4	25, 26, 27	Угол (рис. 11)
5	29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36	Оконные откосы (рис. 12, 13)

Таблица 4

Результаты расчёта

Точки	Модель								
	1 (О)	2 (УП)	3 (У)	4 (СП)	5 (С)	6 (МОП)	7 (МО)	8 (БОП)	9 (БО)
	Температура, °С								
1	5,83	5,36	-	-	-	-	-	-	-
2	5,9	4,91	-	-	-	-	-	-	-
3	8,54	-	-	-	-	-	-	9,04	9,22
4	9,13	-	-	-	-	-	-	8,65	8,92
5	9,13	-	-	-	-	9,11	9,29	-	-
6	8,74	-	-	-	-	9,14	8,93	-	-
7	12,56	11,56	11,76	-	14,87	-	-	-	-
8	16,21	-	-	-	14,87	-	-	16,93	17,04
9	15,27	-	-	-	14,87	-	-	15,2	15,32
10	14,97	-	-	-	14,87	14,97	14,97	14,97	14,97
11	15,26	-	-	-	14,87	15,29	15,29	-	-
12	15,82	-	-	-	14,87	15,82	15,81	-	-
13	7,03	-	-	-	-	-	-	7,49	7,45
14	7,44	-	-	-	-	-	-	7,64	7,48
15	7,38	-	-	-	-	7,45	7,36	-	-
16	7,4	-	-	-	-	7,64	7,27	-	-
17	15,02	-	-	-	14,87	-	-	15,02	14,92
18	14,99	-	-	15,09	14,87	-	-	14,99	-
19	14,93	-	-	-	14,87	-	-	-	-
20	15,06	-	-	15,09	14,87	-	-	-	-

Точки	Модель								
	1 (О)	2 (УП)	3 (У)	4 (СП)	5 (С)	6 (МОП)	7 (МО)	8 (БОП)	9 (БО)
	Температура, °С								
21	15,04	-	-	-	14,87	15,04	14,95	-	-
22	15,01	-	-	15,09	14,87	15,01	-	-	-
23	5,81	5,1	-	-	-	-	-	-	-
24	5,92	5,01	-	-	-	-	-	-	-
25	7,31	6,79	6,76	-	-	-	-	-	-
26	7,56	6,61	6,88	-	-	-	-	-	-
27	7,08	7,04	7,1	-	-	-	-	-	-
28	14,87	14,87	14,87	-	14,87	-	-	-	-
29	13,62	-	-	-	-	-	-	14,16	14,12
30	15,44	-	-	-	-	-	-	15,38	15,55
31	14,05	-	-	-	-	-	-	13,93	13,94
32	20,16	-	-	-	-	-	-	20,13	20,13
33	13,93	-	-	-	-	14	14,03	-	-
34	15,35	-	-	-	-	15,31	15,56	-	-
35	14,1	-	-	-	-	14,12	14,07	-	-
36	20,2	-	-	-	-	20,12	20,22	-	-

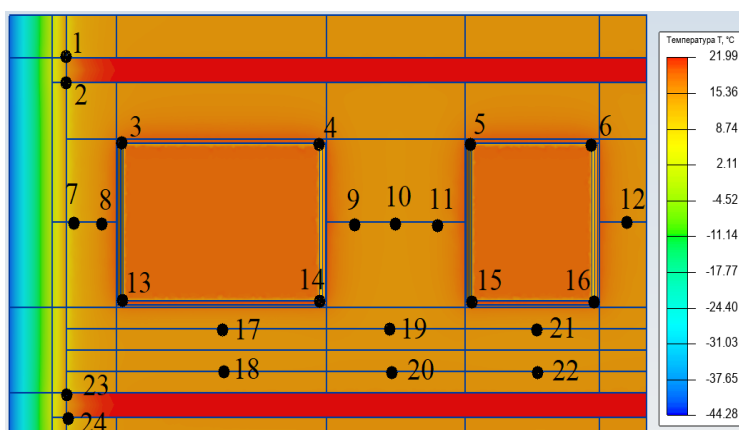


Рис. 10. Схема расположения

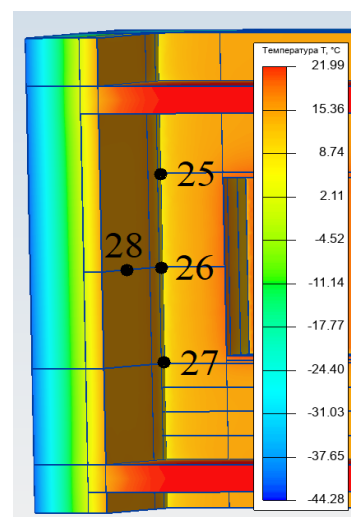


Рис. 11. Схема расположе-
ния точек 25–28

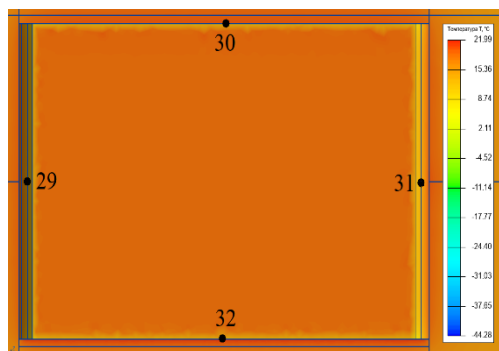


Рис. 12. Схема расположения точек 29–32

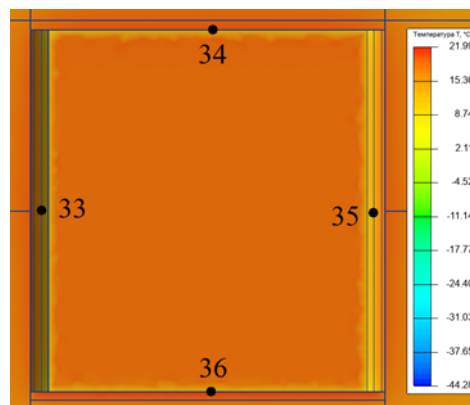


Рис. 13. Схема расположения точек 33–36

3. Анализ результатов

Сравнение производится по данным полученным в таблице 4 относительно модели №1 (общей), так как она сочетает все температурные включения и в полном объёме учитывает температурное влияние от каждого мостика холода (табл. 5).

На основе полученных данных в таблице 4 и 5 следует обратить внимание на следующие точки 7 и 8:

1) Точка №7, в модели 1(О) расположена на расстоянии 130 мм от угла, 390 мм от окна, 1280 мм от вышележащего перекрытия и 1560 мм от нижележащего перекрытия. Полученные значения температур на внутренней поверхности приведены на рисунке 14.

Можно заметить, что температура на внутренней поверхности ограждающей конструкции, полученная в модели 5(С) значительно выше других, так как не включает в себя теплопроводные включения. При добавлении в расчётную модель угла 3(У) температура понижается, при добавлении верхнего и нижнего перекрытия, модель 2(УП), температура так же снижается, потому что перекры-

тия являются мостиками холода. Однако, если рассматривать общую модель 1(О), температура будет выше относительно моделей 2(УП) и 3(У), так как расположенное рядом утепленное окно, положительно влияет на распределение температуры на внутренней поверхности ограждающей конструкции.

2) Точка 8, в модели 1(О) расположена на расстоянии 130 мм от окна, 390 мм от угла, 1280 мм от вышележащего перекрытия и 1560 мм от нижележащего перекрытия. Полученные значения температур на внутренней поверхности приведены на рисунке 15.

В данной точке наблюдается обратная картина относительно точки 7. Температура в модели 5(С) самая низкая относительно других моделей, так как не учитывает утепление, которое присутствует в других трёх моделях. По графику для модели 8(БОП) и 9(БО) заметно незначительное влияние перекрытия на температуру. При рассмотрении общей модели 1(О), температура ниже, чем в моделях 8(БОП) и 9(БО), так как в данной модели присутствует угол, который отрицательно влияет на температуру в данной точке.

Анализ результатов

Точка	Общая модель		Минимум		Максимум		Разница			
	$t, \text{ }^\circ\text{C}$	№ модели	$t_{\text{min}}, \text{ }^\circ\text{C}$	№ модели	$t_{\text{max}}, \text{ }^\circ\text{C}$	№ модели	$\Delta t_{\text{min}}, \text{ }^\circ\text{C}$	%	$\Delta t_{\text{max}}, \text{ }^\circ\text{C}$	%
1	5,83	1 (О)	5,36	2 (УП)	5,83	1 (О)	0,47	8,1	-	-
2	5,9	1 (О)	4,91	2 (УП)	5,9	1 (О)	0,99	16,8	-	-
3	8,54	1 (О)	8,54	1 (О)	9,22	9 (БО)	-	-	-0,68	8,0
4	9,13	1 (О)	8,65	8 (БОП)	9,13	1 (О)	0,48	5,3	-	-
5	9,13	1 (О)	9,11	6 (МОП)	9,29	7 (МО)	0,02	0,2	-0,16	1,8
6	8,74	1 (О)	8,74	1 (О)	9,14	6 (МОП)	-	-	-0,4	4,6
7	12,56	1 (О)	11,56	2 (УП)	14,87	5 (С)	1	8,0	-2,31	18,4
8	16,21	1 (О)	14,87	5 (С)	17,4	9 (БО)	1,34	8,3	-1,19	7,3
9	15,27	1 (О)	14,87	5 (С)	15,32	9 (БО)	0,4	2,6	-0,05	0,3
10	14,97	1 (О)	14,87	5 (С)	14,97	1 (О), 6, 7, 8, 9	0,1	0,7	-	-
11	15,26	1 (О)	14,87	5 (С)	15,29	6 (МОП) 7 (МО)	0,39	2,6	-0,03	0,2
12	15,82	1 (О)	14,87	5 (С)	15,82	1 (О) 6 (МОП)	0,95	6,0	-	-
13	7,03	1 (О)	7,03	1 (О)	7,49	8 (БОП)	-	-	-0,46	6,5
14	7,44	1 (О)	7,44	1 (О)	7,64	8 (БОП)	-	-	-0,2	2,7
15	7,38	1 (О)	7,36	7 (МО)	7,45	6 (МОП)	0,02	0,3	-0,07	0,9
16	7,4	1 (О)	7,27	7 (МО)	7,64	6 (МОП)	0,13	1,8	-0,24	3,2
17	15,02	1 (О)	14,87	5 (С)	15,02	1 (О) 8 (БОП)	0,15	1,0	-	-
18	14,99	1 (О)	14,87	5 (С)	15,09	4 (СП)	0,12	0,8	-0,1	0,7
19	14,93	1 (О)	14,87	5 (С)	14,93	1 (О)	0,06	0,4	-	-
20	15,06	1 (О)	14,87	5 (С)	15,09	4 (СП)	0,19	1,3	-0,03	0,2
21	15,04	1 (О)	14,87	5 (С)	15,04	1 (О) 6 (МОП)	0,17	1,1	-	-
22	15,01	1 (О)	14,87	5 (С)	15,09	4 (СП)	0,14	0,9	-0,08	0,5
23	5,81	1 (О)	5,1	2 (УП)	5,81	1 (О)	0,71	12,2	-	-
24	5,92	1 (О)	5,01	2 (УП)	5,92	1 (О)	0,91	15,4	-	-
25	7,31	1 (О)	6,76	3 (У)	7,31	1 (О)	0,55	7,5	-	-
26	7,56	1 (О)	6,61	2 (УП)	7,56	1 (О)	0,95	12,6	-	-
27	7,08	1 (О)	7,04	2 (УП)	7,08	1 (О)	0,04	0,6	-	-
28	14,87	1 (О)	14,87	1 (О) 2, 3, 5	14,87	1 (О) 2, 3, 5	-	-	-	-
29	13,62	1 (О)	13,62	1 (О)	14,16	8 (БОП)	-	-	-0,54	4,0
30	15,44	1 (О)	15,38	8 (БОП)	15,55	9 (БО)	0,06	0,4	-0,11	0,7
31	14,05	1 (О)	13,93	8 (БОП)	14,05	1 (О)	0,12	0,9	-	-

Точка	Общая модель		Минимум		Максимум		Разница			
	$t, ^\circ\text{C}$	№ модели	$t_{\text{min}}, ^\circ\text{C}$	№ модели	$t_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$	№ модели	$\Delta t_{\text{min}}, ^\circ\text{C}$	%	$\Delta t_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$	%
32	20,16	1 (О)	20,13	8 (БОП) 9 (БО)	20,16	1 (О)	0,03	0,1	-	-
33	13,93	1 (О)	13,93	1 (О)	14,03	7 (МО)	0	0,0	-0,1	0,7
34	15,35	1 (О)	15,31	6 (МОП)	15,56	7 (МО)	0,04	0,3	-0,21	1,4
35	14,1	1 (О)	14,07	7 (МО)	14,12	6 (МОП)	0,03	0,2	-0,02	0,1
36	20,2	1 (О)	20,12	6 (МОП)	20,22	7 (МО)	0,08	0,4	-0,02	0,1

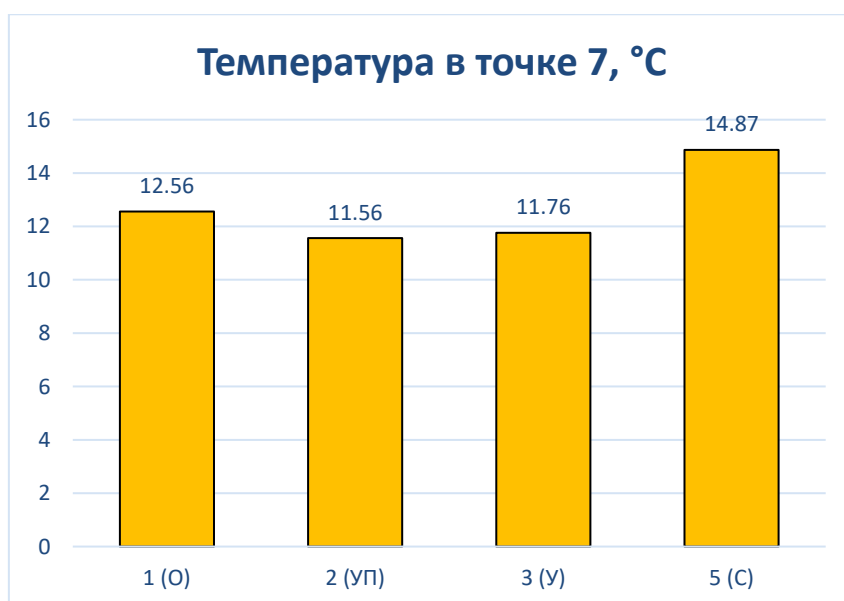


Рис. 14. График температур в точке 7

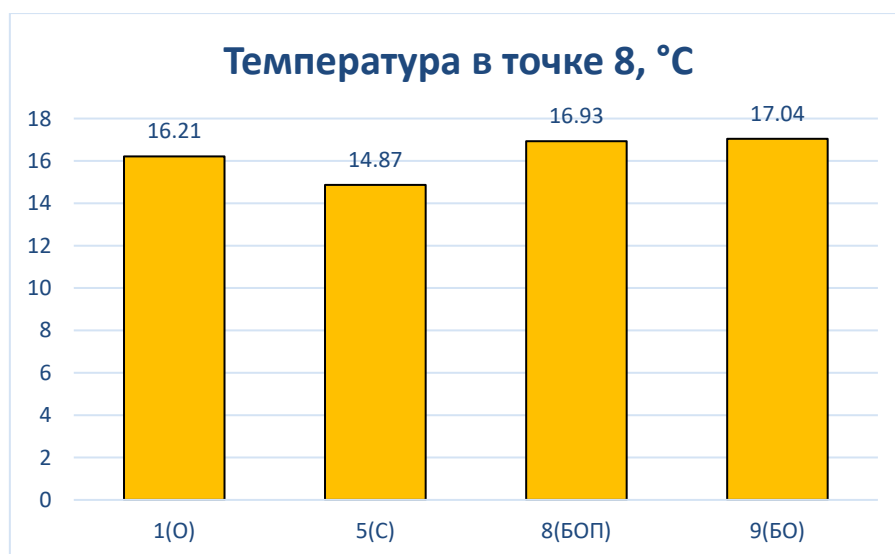


Рис. 15. График температур в точке 8

4. Вывод

При выполнении теплотехнических расчётов для определения температуры на внутренней поверхности ограждающих конструкций и выборе области расчётов следует учесть, картина распределения температуры у отдельных узлов, будет отличаться от модели, которая содержит несколько узлов (рис 1–9). Узлы, которые располагаются близко, друг к другу, в данном случае это окно и угол, расстояние между которыми 520 мм, оказывают влияние на распределение температуры на внутренней поверхно-

сти. Они могут оказывать как положительное (рис. 14), так и отрицательное влияние (рис. 15). Поэтому для теплотехнических расчётов здания, лучше вести расчёт по полной модели, рассматривать каждый узел отдельно стоит в случае детальной разработки самого узла для дальнейшего его применения в проектах. Для утверждения полученных значений в дальнейшем будут проведены замеры фактических показаний температуры в каждой точке и разработаны методы по улучшению энергоэффективности крупнопанельных зданий в районах крайнего севера.

Список используемых источников

1. Сташевская, Н. А. Особенности теплотехнического расчёта в современном домостроении / Н. А. Сташевская, А. П. Минина // Системные технологии. – 2017. – № 2(23). – С. 47-50. – EDN YMWIAZ.
2. Ряжских, А. И. Анализ влияния теплотехнических неоднородностей на потери теплоты через ограждающие конструкции / А. И. Ряжских, В. В. Петровичева // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 115-16. – С. 175-178. – DOI 10.18411/trnio-11-2024-786. – EDN UUBXHT.
3. Расчёт теплопотерь жилых домов / В. Н. Алехин, А. А. Антипин, Л. Г. Пастухова [и др.] // Строительство и образование / Уральский государственный технический университет. Том Выпуск 2. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 1999. – С. 32-36. – EDN FERHDD.
4. Alhawari, A.; Mukhopadhyaya, P. Thermal bridges in building envelopes—An overview of impacts and solutions. *Int. Rev. Appl. Sci. Eng.* 2018, 9, 31–40.
5. Sadauskiene, J., et al.: Impact of Point Thermal Bridges on Thermal Properties of ... *THERMAL SCIENCE: Year 2020, Vol. 24, No. 3B*, pp. 2181-2188.
6. Малявина Е. Г. Теплопотери здания : справочное пособие / Е. Г. Малявина – Москва : АВОК-ПИРЕСС, 2007. – 144 с. – 2000 экз. – ISBN 978-5-98267-030-4. – Текст : непосредственный.
7. Бедов, А. И. Компьютерное моделирование теплотехнических неоднородностей наружных стен высотных каркасных зданий / А. И. Бедов, А. М. Гайсин, А. И. Габитов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 6(378). – С. 188-195. – EDN IKHNXH.
8. Guojie Chen, Yifan Hou, Hua Ge, Shuyan Zhang, Xiangwei Liu, Xingguo Guo, Dong Xie. Effect of thermal bridges on the energy performance of Chinese residential buildings, *Energy and Built Environment*, Volume 6, Issue 3, 2025, Pages 545-554, ISSN 2666-1233.
9. Hua Ge, Fuad Baba, Dynamic effect of thermal bridges on the energy performance of a low-rise residential building, *Energy and Buildings*, Volume 105, 2015, Pages 106-118, ISSN 0378-7788.
10. Гагарин, В. Г. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах / В. Г. Гагарин, К. А. Дмитриев // Строительные материалы. – 2013. – № 6. – С. 14-16. – EDN QIOMKT.
11. ELCUT 6.6 Программа моделирования электромагнитных и температурных полей [Электронный ресурс]. ООО «Тор», Санкт-Петербург. 2023. URL: <https://elcut.ru> (дата обращения: 24.02.2025).
12. СП.50.13330.2024 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий».
13. СП.345.1325800.2017 «Здания жилые общественные. Правила проектирования тепловой защиты».
14. СП 230.1325800.2015. «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей»
15. Комплексный анализ нормативного регулирования тепловой защиты зданий с позиции теплотехнических неоднородностей / Е. Е. Ибе, Г. Н. Шибасева, Д. Д. Гоголь [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2021. – Т. 13, № 3. – EDN VAUJAU.

References

1. Stashevskaya, N. A. Osobennosti teplotexnicheskogo raschyota v sovremennom domostroenii / N. A. Stashevskaya, A. P. Minina // Sistemny`e tehnologii. – 2017. – № 2(23). – S. 47-50. – EDN YMWIAZ.
2. Ryazhskix, A. I. Analiz vliyaniya teplotexnicheskix neodnorodnostej na poteri teploty` cherez ograzhdayushhie konstrukcii / A. I. Ryazhskix, V. V. Petrovicheva // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2024. – № 115-16. – S. 175-178. – DOI 10.18411/trnio-11-2024-786. – EDN UUBXHT.
3. Raschyot teplopoter` zhily`x domov / V. N. Alexin, A. A. Antipin, L. G. Pastuxova [i dr.] // Stroitel`stvo i obrazovanie / Ural`skij gosudarstvenny`j texnicheskij universitet. Tom Vy`pusk 2. – Ekaterinburg : Ural`skij federal`ny`j universitet imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N. El`cina, 1999. – S. 32-36. – EDN FERHDD.
4. Alhawari, A.; Mukhopadhyaya, P. Thermal bridges in building envelopes—An overview of impacts and solutions. Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 2018, 9, 31–40.
5. Sadauskiene, J., et al.: Impact of Point Thermal Bridges on Thermal Properties of ... THERMAL SCIENCE: Year 2020, Vol. 24, No. 3B, pp. 2181-2188.
6. Malyavina E. G. Teplopoteri zdaniya : spravochnoe posobie / E. G. Malyavina – Moskva : AVOK-PRESS, 2007. – 144 s. – 2000 e`kz. – ISBN 978-5-98267-030-4. – Tekst : neposredstvenny`j.
7. Bedov, A. I. Komp`yuternoe modelirovanie teplotexnicheskix neodnorodnostej naruzhny`x sten vy`sotny`x karkasny`x zdaniy / A. I. Bedov, A. M. Gajsin, A. I. Gabitov // Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Teknologiya tekstil`noj promy`shlennosti. – 2018. – № 6(378). – S. 188-195. – EDN IKHNXH.
8. Guojie Chen, Yifan Hou, Hua Ge, Shuyan Zhang, Xiangwei Liu, Xingguo Guo, Dong Xie. Effect of thermal bridges on the energy performance of Chinese residential buildings, Energy and Built Environment, Volume 6, Issue 3, 2025, Pages 545-554, ISSN 2666-1233.
9. Hua Ge, Fuad Baba, Dynamic effect of thermal bridges on the energy performance of a low-rise residential building, Energy and Buildings, Volume 105, 2015, Pages 106-118, ISSN 0378-7788.
10. Gagarin, V. G. Uchet teplotexnicheskix neodnorodnostej pri ocenke teplozashhity` ograzhdayushhix konstrukcij v Rossii i evropejskix stranax / V. G. Gagarin, K. A. Dmitriev // Stroitel`ny`e materialy`. – 2013. – № 6. – S. 14-16. – EDN QIOMKT.
11. ELCUT 6.6 Programma modelirovaniya e`lektromagnitny`x i temperaturny`x polej [E`lektronny`j resurs]. ООО «Tor», Sankt-Peterburg. 2023. URL: <https://elcut.ru> (data obrashheniya: 24.02.2025).
12. .SP.50.13330.2024 «SNiP 23-02-2003 Teplovaya zashhita zdaniy».
13. SP.345.1325800.2017 «Zdaniya zhily`e obshhestvenny`e. Pravila proektirovaniya teplovoj zashhity`».
14. .SP 230.1325800.2015. «Konstrukcii ograzhdayushhie zdaniy. Charakteristiki teplotexnicheskix neodnorodnostej»
15. Kompleksny`j analiz normativnogo regulirovaniya teplovoj zashhity` zdaniy s pozicii teplotexnicheskix neodnorodnostej / E. E. Ibe, G. N. Shibaeva, D. D. Gogol` [i dr.] // Vestnik evrazijskoj nauki. – 2021. – T. 13, № 3. – EDN VAUJAU.

Получено: 05.07.25

Прошла рецензирование: 20.07.25

Принята к публикации: 21.07.25

Доступно он-лайн: 01.08.25

Received: 05.07.25

Revised: 20.07.25

Accepted: 21.07.25

Available on-line: 01.08.25