



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Инженерная защита окружающей среды»

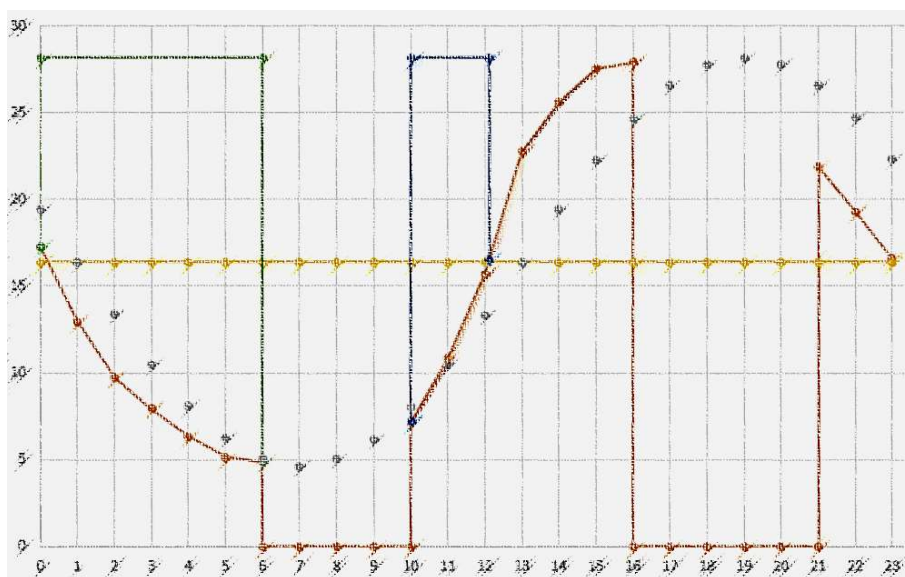
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения лабораторной работы
«РАСЧЕТ ПЛОСКОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ»

по дисциплине

«ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ТИМ) СИСТЕМ
ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И КЛИМАТЕХНИКИ»

для бакалавров всех форм обучения по направлению подготовки
08.03.01 «Теплогазоснабжение и вентиляция»



Ростов-на-Дону
2024

УДК 697.24

Составители: А.Л. Тихомиров, А.П. Пирожникова

Методические указания для выполнения лабораторной работы «Расчет плоского температурного поля» по дисциплине «Технологии информационного моделирования (ТИМ) систем теплогазоснабжения и климатехники» для бакалавров всех форм обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Теплогазоснабжение и вентиляция» / сост. А.Л. Тихомиров, А.П. Пирожникова. – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2024. – 8 с.

Содержат сведения о численных методах. Рассмотрено решение задач плоского температурного поля в толще ограждающей конструкции. Наиболее актуальным является использование новых методов для оптимизации потребления тепловой энергии и прогнозирования параметров микроклимата в современных зданиях.

При проведении лабораторных работ предполагается их реализация в компьютерных классах кафедры, специально предназначенных для этого и обеспеченными соответствующим программным обеспечением.

Предназначены для бакалавров всех форм обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Теплогазоснабжение и вентиляция»

УДК 697.24

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск:
зав. кафедрой «Инженерная защита окружающей среды»
д-р техн. наук, В.И. Беспалов

В печать 7.06.2024 г.
Формат 60×84/16. Объем 0,5 усл. п. л.
Тираж 100 экз. Заказ № 735

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Доской государственный
технический университет, 2024

Введение

Целью лабораторной работы является определение:

- температуры соответствующих точек наружного угла и глади стены;
- с точки зрения санитарно- гигиенических требований понижения температуры поверхности стены в наружном углу;
- величины понижения температуры в наружном углу стены.

При проведении лабораторных работ предполагается их реализация в компьютерных классах кафедры, специально предназначенных для этого и обеспеченными соответствующим программным обеспечением.

Выполнение лабораторной работы позволит студентам познакомиться с методом расчета плоского температурного поля.

1. Кратное описание метода

Плоским температурным полем называется такое поле, в котором температура изменяется только в направлении осей x и y , а в направлении оси z остается постоянной. В ограждающих конструкциях зданий плоское температурное поле характерно при наличии в них элементов каркаса, перемычек и пр., когда их протяженность значительно превышает толщину ограждения.

Аналитические и численные методы решения уравнений математической физики в системах ОВиК представлены в [1].

2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторной работы;
2. Студенты должны предварительно выбрать свой вариант по номеру в списке в группе (таблица 1).
3. Включить компьютер, запустить программу Microsoft Excel.
4. После ознакомления с описанием лабораторной работы и программой в которой будет проводиться расчет следует убедиться в том, что программа и компьютер работают исправно (инженер лаборатории).
5. Необходимо до начала выполнения расчетов каждому студенту получить соответствующие инструкции по эксплуатации программы Microsoft Excel (инженер лаборатории, преподаватель).
6. Открыть программу Microsoft Excel (преподаватель).
7. Студенту необходимо самостоятельно, в соответствии со своим вариантом соответствующему номеру в списке в группе (см. таблица 1) начать расчет.

Таблица 1 - Исходные данные к контрольному заданию

	Последняя цифра номера зачетки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Форма угла	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
λ , Вт/м °С	0,6	0,5	0,75	0,6	0,5	0,75	0,6	0,5	0,75	0,4
$t_{в}$, °С	18	20	22	16	18	20	22	16	18	20
$t_{н}$, °С	-15	-20	-22	-22	-20	-15	-15	-20	-22	-22

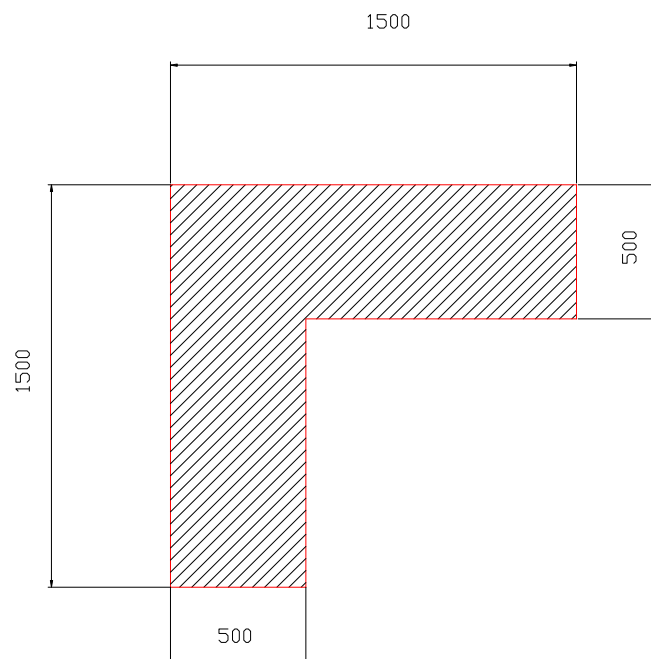


Рис. 1. Форма угла 1

Все приведенные ниже формулы заносятся в ячейки программы Microsoft Excel, пример занесения данных представлен на рисунок 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	исходные данные																
2	λ	tw	th	aw	ah												
3	0,6	20	-22	8,7	23												
4																	
5	R	τ															
6	0,991754123	15,1323			16	32	48	64	80	96							
7					151	152	153	154	155	156							
8					-20,159	-13,101	-6,0423	1,01587	8,07407	15,1323							
9																	
10	K1-2=k1-17	0,3															
11	к к нар возд	2,3															
12	k18	0,6															
13	к к нар возд	0,87															
14																	
15	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	t0	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159
17	t	-23,121	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159	-20,159
18	t-t0	2,96275	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	3,6E-15	0
19	№		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
20	t0		-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101
21	t		-16,63	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101	-13,101
22	t-t0		3,5291	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	№			35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
24	t0			-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423
25	t			-9,5714	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423	-6,0423
26	t-t0																
27	№				52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
28	t0				1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587
29	t				-2,5132	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587	1,01587
30	t-t0																
31	№					69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
32	t0					8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407
33	t					4,54497	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407	8,07407
34	t-t0																
35	№						86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
36	t0						15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323
37	t						11,6032	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323	15,1323
38	t-t0																

Рисунок 1 – Пример заполнения данных

На основе расчета плоского температурного поля, рассмотрим наружной угол однородной стены толщиной 500 мм.

Определить распределение температур на внутренней поверхности стены при условии, что температура внутреннего воздуха $t_b=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а наружного $t_h=-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На поперечное сечение стены нанести квадратную сетку размером 100x100 мм. При размещении сетки учесть, что на расстоянии двух толщин стены влияние угла на распределение температур не будет сказываться.

Материал стены имеет следующие характеристики:

- плотность ($\gamma=1800\text{ кг/м}^3$);
- теплопроводность ($\lambda=0,70\text{ Вт/м }^{\circ}\text{C}$);
- коэффициент теплоотдачи $\alpha_b = 8,7\text{ Вт/м}^2\text{ ч }^{\circ}\text{C}$, $\alpha_h = 23\text{ Вт/м}^2\text{ ч }^{\circ}\text{C}$.

Сопротивление теплопередачи стены равно:

$$R = 1/8,7 + 0,5/0,7 + 1/23 = 0,8727\text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$$

Определить распределение температур внутри стены без учета влияния угла.

16	32	48	64	80	96
151	152	153	154	155	156
-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73

Узел 1. Теплоотдача от этого узла к наружному воздуху происходит по площади $F=0,1\text{ м}^2$. При $\alpha_h = 23$ коэффициент теплоотдачи к наружному воздуху $k_{1-th} = 23 \cdot 0,1 = 2,3\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$.

К узлу 2 и 17 – по площади $F=0,05\text{ м}^2$; $k_{1-2}=k_{1-17} = 0,7 \cdot 0,05/0,1 = 0,35\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$.

Узел 2-15. Теплоотдача от этого узла к наружному воздуху происходит по площади $F=0,1\text{ м}^2$. При $\alpha_h = 23$ коэффициент теплоотдачи к наружному воздуху $k_{n-th} = 23 \cdot 0,1 = 2,3\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$.

К узлу $n-1$ и $n+1$ -по площади $F=0,05\text{ м}^2$;

$$k_{n-1}=k_{n+1} = 0,7 \cdot 0,05/0,1 = 0,35\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$$

К узлу $n+16$ - по площади $F=0,1\text{ м}^2$; $k_{n+16} = 0,7 \cdot 0,1/0,1 = 0,70\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$.

Узел 1+n·16. Теплоотдача от этого узла к наружному воздуху происходит по площади $F=0,1\text{ м}^2$. При $\alpha_h = 23$ коэффициент теплоотдачи к наружному воздуху $k_{(1+n \cdot 16)-th} = 23 \cdot 0,1 = 2,3\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$.

К узлу $n-1$ и $n+1$ -по площади $F=0,05\text{ м}^2$;

$$k_{(1+(n-1) \cdot 16)-th} = k_{(1+(n+1) \cdot 16)-th} = 0,7 \cdot 0,05/0,1 = 0,35\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$$

К узлу $2+n \cdot 16$ – по площади $F=0,10\text{ м}^2$; $k = 0,7 \cdot 0,1/0,1 = 0,70\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$.

Узел 18-31, 34-47, 50-63, 66-79.

К узлу $n-1$, $n+1$, $n+16$, $n-16$ -по площади $F=0,1\text{ м}^2$;

$$k = 0,7 \cdot 0,1/0,1 = 0,70\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$$

Узел 86. К узлу 87 и 102-по площади $F=0,05\text{ м}^2$;

$$K_{87} = k_{102} = 0,70 \cdot 0,05/0,1 = 0,35\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$$

К узлу 70 и 85 по площади $F=0,1\text{ м}^2$; $k = 0,7 \cdot 0,1/0,1 = 0,70\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$.

Узел 87-95. Теплоотдача от этого узла к внутреннему воздуху происходит по площади $F=0,1\text{ м}^2$. При $\alpha_b = 8,7$ коэффициент теплоотдачи к внутреннему воздуху $k_{n-tb} = 8,7 \cdot 0,1 = 0,87\text{ Вт/м ч }^{\circ}\text{C}$.

К узлу $n-1$ и $n+1$ -по площади $F=0,05 \text{ м}^2$;

$$k_{n-1}=k_{n+1}=0,7 \cdot 0,05/0,1=0,35 \text{ Вт/м ч}^\circ\text{С}.$$

К узлу $n-16$ - по площади $F=0,1 \text{ м}^2$; $k_{n-16}=0,7 \cdot 0,1/0,1=0,70 \text{ Вт/м ч}^\circ\text{С}.$

Узел $102+n \cdot 6$ ($1 \leq n \leq 8$) Теплоотдача от этого узла к внутреннему воздуху происходит по площади $F=0,1 \text{ м}^2$. При $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ коэффициент теплоотдачи к внутреннему воздуху $k_{n-\text{тв}} = 8,7 \cdot 0,1=0,87 \text{ Вт/м ч}^\circ\text{С}.$

К узлу $n-1$ и $n+1$ -по площади $F=0,05 \text{ м}^2$;

$$k_{n-1}=k_{n+1}=0,7 \cdot 0,05/0,1=0,35 \text{ Вт/м ч}^\circ\text{С}.$$

К узлу **$101+n \cdot 6$** - по площади $F=0,1 \text{ м}^2$; $k_{n-1}=0,7 \cdot 0,1/0,1=0,70 \text{ Вт/м ч}^\circ\text{С}.$

Узел $98-101, 104-107, 110-113, 116-119, 122-125, 128-131, 134-137, 140-143, 146-149.$

К узлу $n-1, n+1, n+6, n-6$ -по площади $F=0,1 \text{ м}^2$;

$$k=0,7 \cdot 0,1/0,1=0,70 \text{ Вт/м ч}^\circ\text{С}.$$

Пример расчетной сетки изображен на рис.2.

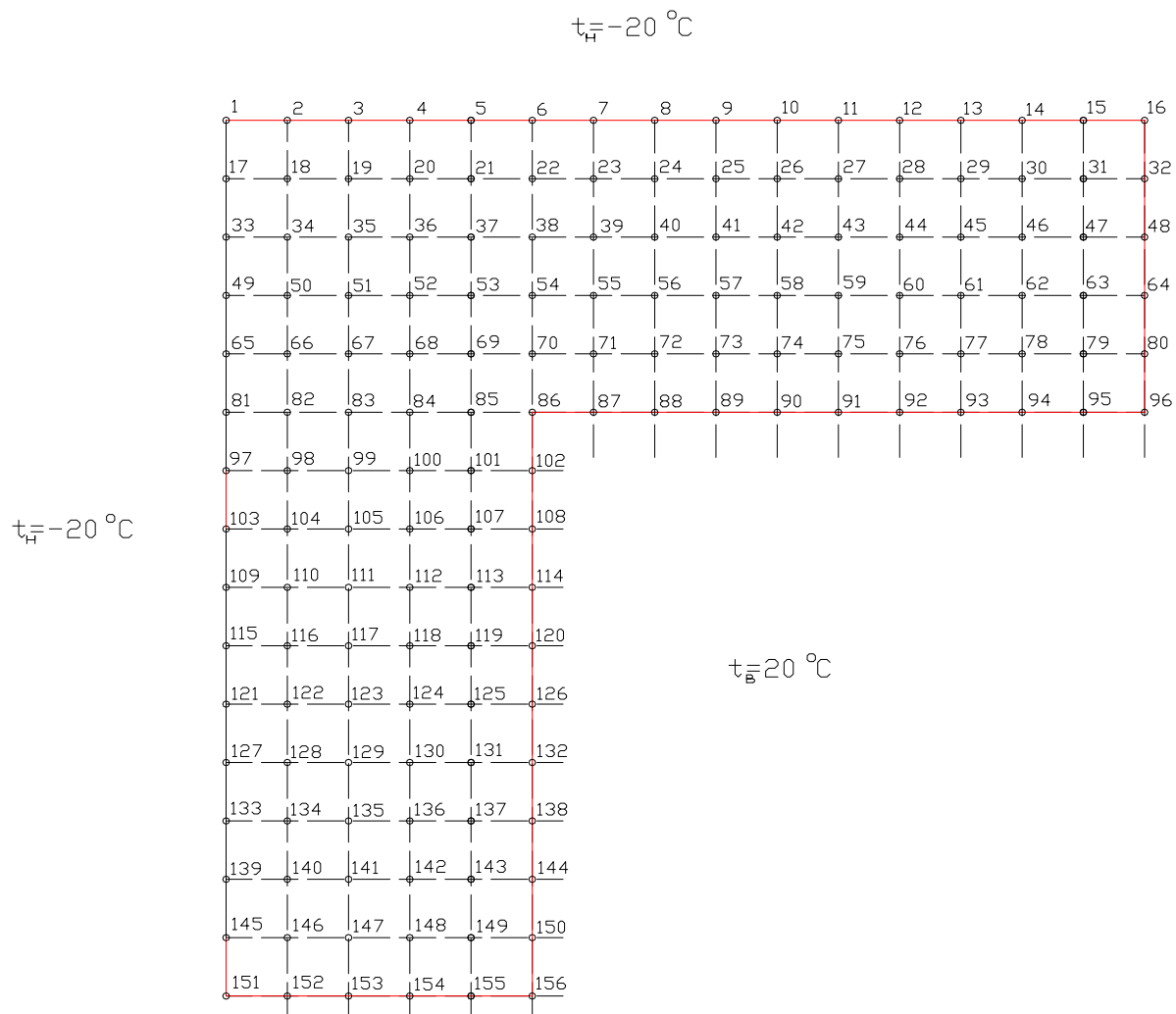


Рис. 2. Расчетная схема температурного поля наружного угла стены

Результаты расчета температурного поля наружного угла стены приведены в таблице 2.

Таблица 2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
to	-19,89	-19,56	-19,25	-18,96	-18,71	-18,49	-18,32	-18,19	-18,11	-18,06	-18,03	-18,02	-18,01	-18,01	-18,01	-18,01
t	-19,90	-19,58	-19,28	-19,00	-18,75	-18,53	-18,35	-18,21	-18,13	-18,07	-18,04	-18,02	-18,01	-18,01	-18,01	-18,01

№	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
to	-19,57	-18,22	-16,93	-15,73	-14,64	-13,70	-12,92	-12,35	-11,96	-11,73	-11,60	-11,53	-11,49	-11,47	-11,46	-11,46
t	-19,59	-18,26	-16,98	-15,79	-14,71	-13,76	-12,97	-12,39	-11,99	-11,75	-11,61	-11,53	-11,49	-11,48	-11,47	-11,46

№	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
to	-19,28	-16,97	-14,73	-12,64	-10,71	-9,00	-7,53	-6,47	-5,78	-5,37	-5,15	-5,03	-4,97	-4,94	-4,92	-4,91
t	-19,29	-17,02	-14,82	-12,74	-10,82	-9,09	-7,61	-6,53	-5,82	-5,40	-5,17	-5,04	-4,97	-4,94	-4,92	-4,91

№	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
to	-19,02	-15,84	-12,74	-9,78	-7,00	-4,43	-2,06	-0,46	0,51	1,05	1,34	1,49	1,57	1,61	1,63	1,64
t	-19,03	-15,87	-12,80	-9,86	-7,08	-4,49	-2,11	-0,49	0,48	1,03	1,33	1,48	1,56	1,60	1,62	1,64

№	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
to	-18,77	-14,78	-10,86	-7,04	-3,39	0,10	3,96	6,06	7,11	7,65	7,92	8,05	8,12	8,16	8,17	8,18
t	-18,78	-14,82	-10,93	-7,13	-3,47	0,02	3,92	6,03	7,10	7,63	7,91	8,05	8,12	8,15	8,17	8,18

№	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
to	-18,55	-13,82	-9,18	-4,52	0,05	3,95	11,59	13,51	14,17	14,46	14,60	14,67	14,70	14,72	14,73	14,73
t	-18,56	-13,87	-9,20	-4,55	0,02	3,92	11,58	13,51	14,17	14,46	14,60	14,67	14,70	14,72	14,73	14,73

№	97	98	99	100	101	102
to	-18,36	-13,00	-7,59	-2,03	4,03	11,65
t	-18,37	-13,04	-7,68	-2,13	3,95	11,61

№	103	104	105	106	107	108
to	-18,23	-12,41	-6,52	-0,43	6,12	13,55
t	-18,23	-12,42	-6,54	-0,45	6,10	13,55

№	109	110	111	112	113	114
to	-18,12	-11,95	-5,73	0,62	7,24	14,25
t	-18,12	-11,97	-5,76	0,59	7,22	14,24

№	115	116	117	118	119	120
to	-18,04	-11,62	-5,19	1,29	7,87	14,59
t	-18,05	-11,67	-5,26	1,22	7,81	14,56

№	121	122	123	124	125	126
to	-18,01	-11,49	-4,96	1,57	8,12	14,71
t	-18,02	-11,51	-5,00	1,52	8,08	14,69

№	127	128	129	130	131	132
to	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73
t	-18,01	-11,47	-4,92	1,62	8,17	14,73

№	133	134	135	136	137	138
to	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73
t	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73

№	139	140	141	142	143	144
to	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73
t	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73

№	145	146	147	148	149	150
to	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73
t	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73

№	151	152	153	154	155	156
to	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73
t	-18,01	-11,46	-4,91	1,64	8,18	14,73

8. На основании полученных результатов оформить отчет, на формате А5 и распечатать.

3. Выводы по выполненной работе

На основе полученных данных сделать вывод о результатах выполнения расчета плоского температурного поля наружной стены.

4. Литература

1. Аналитические и численные методы решения уравнений математической физики
<https://pandia.ru/text/78/451/28259.php?ysclid=lth1rbg49512392392> (дата обращения 02.04.2024)
2. Пирумов У. Численные методы. Учебное пособие для студентов вузов. – Litres, 2022.
3. Чайковская О. Н., Сюсина О. М. Численные методы и математическое моделирование.
4. Клунникова М. М. Развитие вычислительного мышления студентов в процессе обучения дисциплине «Численные методы»: дис. – Сибирский федеральный университет, 2020.
5. Добронец Б. С., Попова О. А. Вычислительный вероятностный анализ: модели и методы. – 2020.