



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

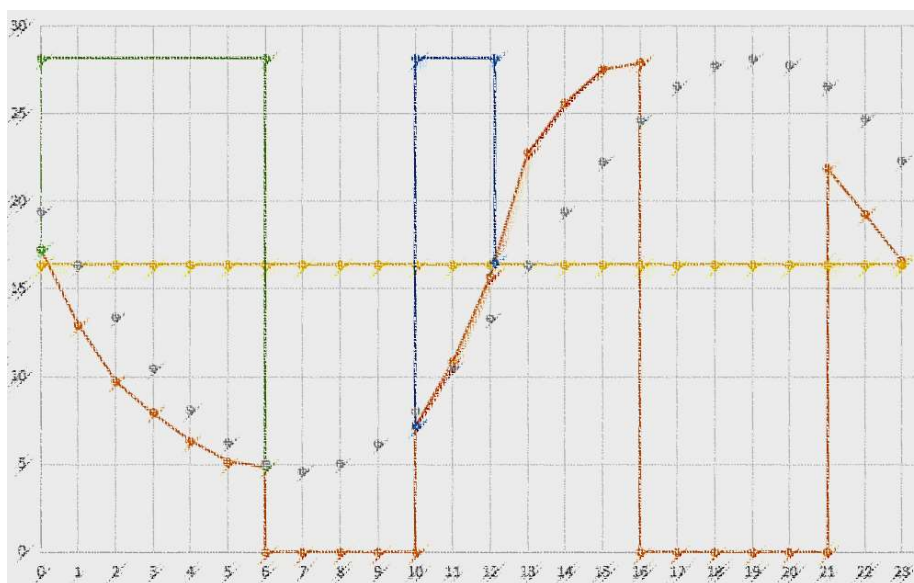
Кафедра «Инженерная защита окружающей среды»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения лабораторной работы
**«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА
МЕТОДОМ ПОЛОВИННОГО ДЕЛЕНИЯ»**

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 «Определение температуры внутреннего воздуха методом половинного деления» 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. – 6 с.

Содержат сведения о численных методах. Рассмотрено решение задач нестационарного температурного поля и двумерно температурного поля. 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 0,4 усл. п. л.
Тираж 100 экз. Заказ № 738

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 внутреннего воздуха при помощи искомого корня «с» при заданной точности.

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 половинного деления температуры внутреннего воздуха.

1. Кратное описание метода

В основе метода лежит процесс построения по методу «артиллерийской вилки» последовательности вложенных друг в друга отрезков $[a_n, b_n]$. Их концы образуют две монотонные последовательности, одна из которых $\{a_n\}$ («недолеты») сходятся к некоторой точке $x=c$ снизу ($a_n < c$), вторая $\{b_n\}$ («перелеты») – сверху ($b_n > c$). При выполнении условий теоремы, сформулированной выше, доказываем, что предельная точка $x=c$ является корнем уравнения. Тем самым оказывается установленным факт существования решения этого уравнения на отрезке $[a, b]$. Сам процесс построения последовательности вложенных отрезков $[a_n, b_n]$, содержащих искомый корень $x=c$, позволяет найти его приближенное значение с любой точностью ε .

Для нахождения корня уравнения используется: графический метод; качественное исследование уравнений; теорема о существовании корня у непрерывной функции. Рассмотрим нахождение корня уравнения подробнее.

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).

Таблица 1 - Варианты

Номер варианта	Район строительства	$t_{om}, ^\circ\text{C}$	$R, \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$F, \text{м}^2$	$A, \text{м}^2$	n	ε	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	a^*	b^*
1.	Астрахань	-0,7	2,68	64	1,2	0,37	0,010	95	70	34	49
2.	Архангельск	-4,5	3,01	62	1,7	0,38	0,035	80	55	32	47
3.	Белгород	-1,9	2,83	50	1,6	0,39	0,030	85	60	30	45
4.	Барнаул	-7,5	3,99	42	1,9	0,49	0,025	90	65	28	43
5.	Брянск	-2,0	2,92	45	1,4	0,48	0,020	95	70	26	41
6.	Владимир	-3,3	3,25	52	1,3	0,47	0,015	80	55	24	39
7.	Воронеж	-2,4	2,97	62	1,2	0,46	0,010	85	60	22	37
8.	Владивосток	-4,2	2,85	63	1,6	0,45	0,035	90	65	20	35
9.	Волгоград	-2,3	2,88	48	1,8	0,44	0,030	95	70	18	33
10.	Вологда	-4,0	3,1	49	1,8	0,43	0,025	80	55	16	31

11.	Калининград	1,3	2,81	40	1,1	0,42	0,020	85	60	14	29
12.	Краснодар	2,7	2,48	65	1	0,41	0,015	90	65	12	27
13.	Курск	-2,2	2,75	64	1,3	0,4	0,010	95	70	10	25
14.	Санкт-Петербург	-1,2	2,59	47	1,6	0,41	0,015	90	65	32	47
15.	Миллерово	-16	2,43	52	1,4	0,42	0,020	85	60	30	45
16.	Москва	-2,2	2,65	46	1,5	0,43	0,025	80	55	28	43
17.	Нижний Новгород	-3,6	2,86	53	1,8	0,44	0,030	95	70	26	41
18.	Орёл	-2,4	3,27	42	1,3	0,45	0,035	90	65	24	39
19.	Пермь	-5,4	3,04	50	1,7	0,46	0,010	85	60	22	37
20.	Псков	-1,2	2,98	63	1,6	0,47	0,015	80	55	20	35
21.	Ростов-на-Дону	0,0	2,57	58	1,2	0,48	0,020	95	70	18	33
22.	Смоленск	-2,0	3,02	43	1,5	0,49	0,025	90	65	16	31
23.	Тамбов	-3,2	3,14	66	1,4	0,39	0,030	85	60	14	29
24.	Тверь	-2,6	3,27	57	1,7	0,38	0,035	80	55	12	27
25.	Ярославль	-3,5	3,31	42	1,9	0,37	0,01	95	70	10	25

Примечание: * при не сходимости заданных интервалов, а, b необходимо подобрать диапазон интервалов самостоятельно, путем их увеличения

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.

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

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	№	a_n	b_n	$\xi=(a+b)/2$	$f(\xi_n)$								
2	1	10	25	17,5	-56,2102871598776	расчет	Район строительства	Москва					
3	2	17,5	25	21,25	73,6474737933887	расчет		F= 46		м ²			
4	3	17,5	21,25	19,375	8,9109802867030	расчет		R= 2,65		м ² °C/Вт			
5	4	17,5	19,375	18,4375	-23,6019828002746	расчет		A= 1,5		м ²			
6	5	18,4375	19,375	18,90625	-7,3335311211146	расчет		n= 0,4					
7	6	18,90625	19,375	19,14063	0,7917237439292	расчет		$t_{np}= 95$		°C	$t_{огр}= 70$		
8	7	18,90625	19,14063	19,02344	-3,2701547297684	расчет		$\epsilon= 0,01$					
9	8	19,02344	19,14063	19,08203	-1,2390281494731	расчет		Ответ:					
10	9	19,08203	19,14063	19,11133	-0,2236053539261	расчет		$t_{вн}= 19,11$		°C			
11	10	19,11133	19,14063	19,12598	0,2840709088371	расчет							
12	11	19,11133	19,12598	19,11865	0,0302357057113	расчет							
13	12	19,11133	19,11865	19,11499	-0,0966840920688	достигнута необходимая точность							
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21				57,3450									
22				19,1150									

Рисунок 1 – Пример заполнения данных

Для решения поставленной задачи составить уравнение, характеризующее баланс тепловой энергии в помещении.

Потери теплоты через ограждающие конструкции определить по следующей формуле:

$$q_{т.п.} = (t_b - t_n)F/R \quad (1)$$

Поступление теплоты от нагревательных приборов определить по следующей формуле:

$$q_{пп} = A q_{ном} (\Delta t_{ср.} / 70)^{1+n} \quad (2)$$

где $q_{ном}$ – номинальный тепловой поток от отопительного прибора, Вт/м² ($q_{ном}=600$ Вт/м²);

$$\Delta t_{ср.} = 0,5(t_r + t_{об}) - t_b;$$

n – коэффициент характеризующий теплоотдачу отопительного прибора ($n=0,4$).

Приравнять формулы (7) и (8)

$$(t_b - t_n) F/R = A q_{ном} (\Delta t_{ср.} / 70)^{1+n}. \quad (3)$$

Пример. Требуется определить температуру внутреннего воздуха $t_{в}$ при средней температуре наружного воздуха $t_{ом} = -2,0$ °C?

После подстановки известных величин формула приобретет вид

$$(t_b + 2,0)50/2,5 = 1,5 \cdot 600 \cdot ((82,5 - t_b)/70)^{1,4} \quad (4)$$

Решение данного уравнения для определения температуры внутреннего воздуха (t_b) в общем виде представляет определенные затруднения, поэтому воспользуемся методом «вилки». Для этого выполним преобразования. Перенесем все члены уравнения в левую часть

$$(t_b + 2,0)50/2,5 - 1,5 \cdot 600((82,5 - t_b)/70)^{1,4} = 0.$$

Предварительный анализ свидетельствует, что данная функция непрерывна и может приобретать положительные и отрицательные значения.

Определить диапазон, на котором будем искать значение корня. При значении $t_b = 5$ °C значение функции $f(10) = -345,3191649$. При значении $t_b = 25$ °C, значение функции $f(25) = 216,6546618$. Можно утверждать, что на концах отрезка $[10, 25]$ функция будет приобретать противоположные знаки, т.е. корень уравнения будет находиться на данном отрезке. Вычисление сведем в табличную форму (таблица 2).

Таблица 2

N	a_n	b_n	$\xi = (a+b)/2$	$f(\xi_n)$
0	10	25	17,5	-61,30462678
1	17,5	25	21,25	78,45879455
2	17,5	21,5	19,5	13,42747243
3	17,5	19,5	18,5	-23,88430668
4	18,5	19,5	19	-5,214785699
5	19	19,5	19,25	4,109759286
6	19	19,25	19,125	-0,551660239
7	19,125	19,25	19,1875	1,779262892
8	19,125	19,1875	19,15625	0,613854653
9	19,125	19,15625	19,140625	0,031110536

Результаты расчетов, связанных с девятикратным делением исходного отрезка $[10, 25]$ пополам даны в табл.1. Они определяют корень c с точностью $\varepsilon < (25-10)/2^9 < 0,029297$.

Можно утверждать, что искомый корень уравнения принадлежит отрезку $[19,125, 19,15625]$.

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 применения метода половинного деления для определения температуры внутреннего воздуха.

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. Клуникова 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.