



**Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ТЕПЛОФИЗИКА**

Направление подготовки

22.03.02 Металлургия

Профиль подготовки

Металлургия цветных металлов

Уровень высшего образования

Прикладной бакалавриат

Рассмотрено на заседании кафедры Metallургии
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Задания и методические указания к выполнению расчетной работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Теплофизика».

Код направления и уровня подготовки	Название направления	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
22.03.02	Металлургия	04.12.2015	1427

Автор – разработчик /Дата создания/	Гольцев В.А., к.т.н., доцент	
Эксперт	Скопов Геннадий Вениаминович, главный специалист Управления стратегического планирования ООО «УГМК-Холдинг», д-р техн. наук, ст.науч.сотр.	
Заведующий кафедрой «Металлургия» /Дата утверждения/	Мастюгин Сергей Аркадьевич, д-р техн. наук, доцент	
Продолжительность модуля/дисциплины	108 часов (3 ЗЕ)	
Место проведения	Учебные аудитории Технического университета УГМК	
Цель модуля/дисциплины	Цель изучения дисциплины – применять законы передачи теплоты и массы, механики жидкостей и газов для осуществления экспериментального и теоретического исследования тепловых, газо- и гидродинамических процессов в металлургических агрегатах.	

Расчетная работа № 1

Выполнить полный аналитический расчет горения топлива. Варианты заданий.

Вариант № 1

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
94,63918	1,340206	1,134021	1,340206	1,134021	0,412371	3

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %	q_4 , %	g , г/м ³
1.24	20	230	3	0.5	16

Вариант № 2

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g , г/м ³
0,1	95,5	1	0,2	0	0	3,2	23

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %
1,12	5	200	1,8

Вариант № 3

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
90,44118	2,731092	1,890756	1,995798	1,680672	1,260504	4,8

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %	q_4 , %	g , г/м ³
1,35	25	300	1,5	2	22

Вариант № 4

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g , г/м ³
0,1	95,5	1	0,2	0	0	3,2	23

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %
1,12	5	200	1,8

Вариант № 5

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
88,55359	10,30177	0,208117	0,520291	0,312175	0,104058	3,9

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %	q_4 , %	g , г/м ³
1,18	88	220	1,5	0,5	12

Вариант № 6

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g , г/м ³
0,2	97,9	0	0	0,1	0	1,8	12

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %
1,05	5	450	2

Вариант № 7

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
89,79592	8,673469	0,408163	0,306122	0,510204	0,306122	2

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %	q_4 , %	g , г/м ³
1,23	78	250	1,25	1,5	15

Вариант № 8

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g , г/м ³
0,1	97,9	0,5	0,2	0,1	0	1,2	14

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %
1,18	25	120	1,5

Вариант № 9

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
87,22966	10,91658	0,514933	0,411946	0,720906	0,205973	2,9

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %	q_4 , %	g , г/м ³
1,27	88	190	3	1	18

Вариант № 10

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g , г/м ³
0,1	98	0,4	0,2	0	0	1,3	16

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %
1,2	15	300	2,5

Вариант № 11

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
88,68313	9,979424	0,308642	0,514403	0,411523	0,102881	2,8

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %	q_4 , %	g , г/м ³
1,22	78	350	2,5	0,9	12

Вариант № 12

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g , г/м ³
0,1	93,5	4	1	0,5	0,5	0,4	17

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α , доли ед.	$t_{\text{топл}}$, °C	$t_{\text{возд}}$, °C	q_3 , %
1,15	30	500	3

Вариант № 13

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
89,69072	8,865979	0,206186	0,309278	0,618557	0,309278	3

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %	q ₄ , %	g, г/м ³
1,15	94	225	2	2	12

Вариант № 14

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g, г/м ³
0,1	95,5	1	0,2	0,1	0	3,1	23

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %
1,22	5	25	1,5

Вариант № 15

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
87,57764	11,0766	0,414079	0,414079	0,310559	0,207039	3,4

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %	q ₄ , %	g, г/м ³
1,32	66	320	2,5	1,5	22

Вариант № 16

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g, г/м ³
3,8	42,4	12	20,5	7,2	3,1	11	8

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %
1,12	75	200	1,8

Вариант № 17

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
89,9384	8,521561	0,513347	0,410678	0,513347	0,102669	2,6

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %	q ₄ , %	g, г/м ³
1,24	75	200	1	1	15

Вариант № 18

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g, г/м ³
0,2	94	1,2	0,7	0,4	0,2	3,3	18

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %
1,1	0	20	2

Вариант № 19

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
88,94575	9,416581	0,307062	0,307062	0,716479	0,307062	2,3

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %	q ₄ , %	g, г/м ³
1,22	86	235	2,5	1	22

Вариант № 20

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g, г/м ³
0	92,2	0,8	0	0,1	0	6,9	22

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %
1,08	10	235	2

Вариант № 21

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
88,4655	10,19567	0,205973	0,411946	0,514933	0,205973	2,9

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %	q ₄ , %	g, г/м ³
1,26	88	330	2,2	0,5	22

Вариант № 22

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g, г/м ³
0,2	76,7	4,5	1,7	0,8	1,6	14,5	14,5

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %
1,15	25	230	2,1

Вариант № 23

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

C ^c	H ^c	O ^c	N ^c	S ^c	A ^c	W ^p
90,15385	8,205128	0,410256	0,512821	0,615385	0,102564	2,5

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %	q ₄ , %	g, г/м ³
1,25	20	360	1,8	2,2	15

Вариант № 24

Таблица 1 – Элементарный состав топлива на сухую массу

CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	g, г/м ³
0,3	88	1,9	0,2	0,3	0	9,3	12

Таблица 2 – Характеристики процесса сжигания топлива

α, доли ед.	t _{топл} , °C	t _{возд} , °C	q ₃ , %
1,12	30	300	3,2

Расчетная работа №2

Выполнить расчет дымовой (воздушной) трассы (по выбору студента).

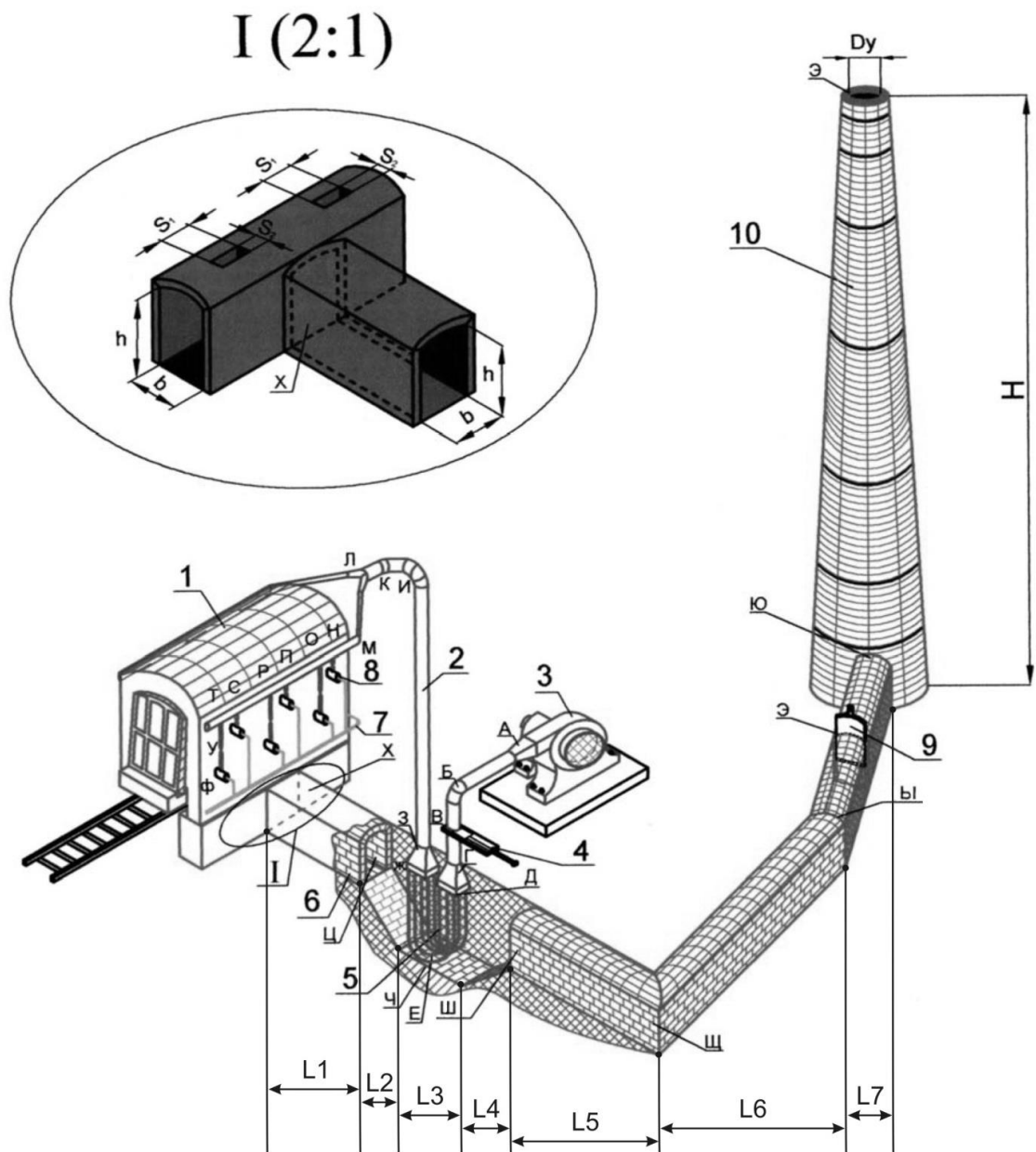


Рисунок – Схема подачи воздуха к нагревательной печи и отвода продуктов горения в дымовую трубу: 1 – нагревательная печь; 2 – воздухопровод; 3 – вентилятор; 4 – воздушный шибер; 5 – петлевой рекуператор; 6 – дымовой боров; 7 – газопровод; 8 – горелки; 9 – газовый шибер; 10 – дымовая труба

Таблица вариантов исходных данных для расчета дымовой трассы

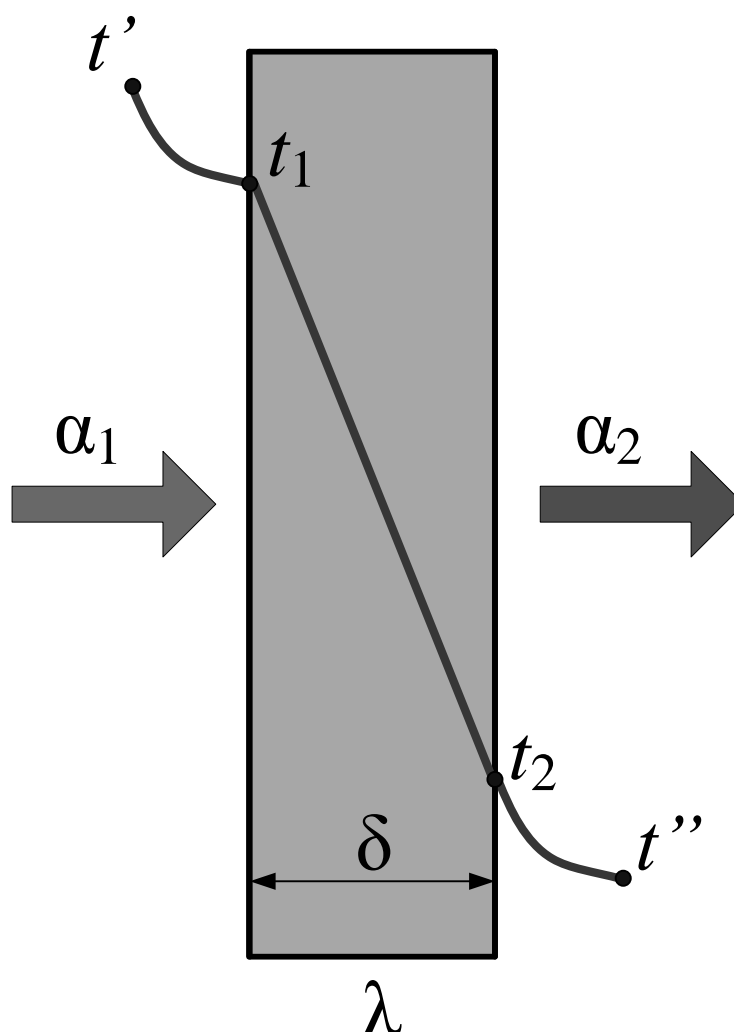
Вариант	Длины отдельных участков дымовой трассы, м							B , $m^3/ч$	Q^p , кДж/м ³	w_d , м/с
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7			
1	4	1,0	4,3	1,0	10	11	8	400	33915	2
2	5	1,1	4,4	1,1	5	10	9	600	34332	2
3	6	1,2	4,5	1,2	6	9	10	550	34750	2
4	6	1,3	4,4	1,3	7	8	9	300	35170	2
5	5	1,4	4,3	1,4	8	7	8	350	35588	2
6	4	1,0	4,2	1,0	9	6	7	400	33495	2
7	3	1,1	4,1	1,1	10	15	6	450	35170	2
8	6	1,2	4,0	1,2	9	14	5	500	34750	2
9	5	1,3	4,1	1,3	8	13	10	550	33495	2
10	4	1,4	4,2	1,4	7	12	9	500	33915	2
11	3	1,3	4,3	1,3	6	11	8	450	34332	2
12	6	1,2	4,4	1,2	5	10	7	400	34750	2
13	5	1,1	4,5	1,1	10	9	6	350	35170	2
14	4	1,0	5,0	1,0	9	8	5	300	35588	3
15	3	1,4	4,9	1,4	8	7	5	600	36017	3
16	6	1,3	4,8	1,3	7	6	6	550	35588	3
17	5	1,2	4,7	1,2	6	5	7	500	35170	3
18	4	1,1	4,6	1,1	5	15	8	450	34750	3
19	3	1,0	4,5	1,0	5	14	9	400	34332	3
20	6	1,1	4,0	1,1	6	13	10	350	33915	3
21	5	1,2	4,6	1,2	7	12	10	300	33495	3
22	4	1,3	4,7	1,3	8	11	9	350	36017	3
23	3	1,4	4,8	1,4	9	10	8	400	35588	3
24	6	1,1	4,7	1,1	10	9	7	450	35170	3
25	5	1,0	4,9	1,0	8	8	6	500	34750	3

Таблица вариантов исходных данных для расчета воздушной трассы

Вариант	Длины отдельных участков воздушной трассы, м								V_b , м ³ /с	t_b , °C	n	m
	$L_{A-Г}$	$L_{диф-кон}$	$L_{рек}$	$L_{з-п}$	$L_{п-л}$	$L_{л-м}$	$L_{м-т}$	$L_{т-ф}$				
1	6	0,7	2,3	7	4	4	6	2,4	1,1	150	5	6
2	7	0,8	2,4	8	5	5	7	2,3	1,2	200	6	6
3	8	0,9	2,5	9	6	6	8	2,0	1,3	250	7	6
4	9	0,9	2,4	10	7	4	5	2,1	1,4	300	8	6
5	10	0,8	2,3	9	8	5	6	2,2	1,3	350	5	7
6	9	0,9	2,2	8	7	6	7	2,3	1,3	400	6	7
7	8	0,8	2,1	7	6	5	8	2,4	1,4	450	7	7
8	7	0,7	2,0	6	5	4	7	2,5	1,5	450	8	7
9	6	0,7	2,5	5	4	6	6	2,0	1,4	400	5	8
10	5	0,9	2,4	7	8	5	5	2,1	1,2	350	6	8
11	6	1,0	2,3	8	7	4	8	2,2	1,3	300	7	8
12	7	0,7	2,2	9	6	6	7	2,3	1,5	250	8	8
13	8	0,7	2,1	10	5	5	6	2,4	1,1	200	5	6
14	9	0,8	2,0	5	4	4	5	2,5	1,2	150	6	6
15	10	0,8	2,1	6	4	6	8	2,4	1,3	450	7	6
16	9	0,9	2,2	7	5	5	7	2,3	1,4	400	8	6
17	8	0,8	2,3	8	6	4	6	2,2	1,2	350	5	7
18	7	0,8	2,4	9	7	6	5	2,1	1,3	300	6	7
19	6	0,9	2,5	10	8	5	8	2,0	1,4	250	7	7
20	5	0,9	2,4	9	7	4	7	2,1	1,5	200	8	7
21	7	0,7	2,3	8	6	6	6	2,2	1,1	150	5	8
22	8	0,8	2,2	7	8	5	5	2,3	1,2	450	6	8
23	9	0,9	2,1	6	6	4	8	2,4	1,3	400	7	8
24	10	1,0	2,0	5	5	6	7	2,5	1,5	350	8	8
25	9	0,8	2,4	5	4	5	6	2,4	1,1	300	5	6

Расчетная работа № 3

«Расчет тепловых потерь через стенку теплотехнического агрегата»



Стенка теплотехнического агрегата состоит из огнеупорного материала толщиной δ , м, коэффициент теплопроводности которого известен (λ , Вт/(м·К)) и зависит от температуры. Температура газов (продуктов горения), омывающих внутреннюю поверхность стенки, составляет t' , 0С. Температура воздуха, охлаждающего наружную поверхность стенки, равна t'' , 0С. Коэффициент теплоотдачи от газов к внутренней поверхности стенки составляет α_1 , Вт/(м²·К). Площадь стенки F , м². Излучательная способность (степень черноты) наружной поверхности стенки ε , доли ед. Условия теплопередачи стационарные.

Необходимо определить (с точностью до 1 цифры после запятой):

1. Температуры внутренней и наружной поверхности стенки t_1 и t_2 .
2. Суммарный коэффициент теплоотдачи от наружной стенки к воздуху α_2 , Вт/(м²·К).
3. Коэффициент теплопередачи K_Σ , Вт/(м²·К); плотность теплового потока q , Вт/м² и количество тепла Q , МДж, теряемое через стенку за час.

Таблица вариантов исходных данных для расчета потерь через печные ограждения

№ вар.	δ , м	λ , Вт/(м·К)	t' , °С	t'' , °С	α_1 , Вт/(м·К)	ε	F , м ²
1	0,23	$0,974+0,372 \cdot 10^{-3}t-0,009 \cdot 10^{-6}t^2$	1000	15	198	0,89	10
2	0,23	$0,804+0,59 \cdot 10^{-3}t$	850	15	116	0,86	12
3	0,345	$0,95+0,41 \cdot 10^{-3}t-0,01 \cdot 10^{-6}t^2$	1100	20	210	0,68	12
4	0,23	$0,837+0,58 \cdot 10^{-3}t$	900	18	116	0,22	14
5	0,46	$1,745+0,055 \cdot 10^{-3}t+0,157 \cdot 10^{-6}t^2$	1100	16	210	0,18	12
6	0,345	$1,425+0,112 \cdot 10^{-3}t+0,075 \cdot 10^{-6}t^2$	900	15	128	0,89	12
7	0,345	$1,198+0,192 \cdot 10^{-3}t+0,032 \cdot 10^{-6}t^2$	1200	15	280	0,80	10
8	0,23	$0,663+0,144 \cdot 10^{-3}t$	900	20	125	0,76	10
9	0,46	$0,654+0,141 \cdot 10^{-3}t$	1100	20	175	0,69	14
10	0,23	$0,753+0,473 \cdot 10^{-3}t$	900	20	122	0,22	13
11	0,46	$0,908+0,22 \cdot 10^{-3}t+0,046 \cdot 10^{-6}t^2$	1100	20	210	0,2	14
12	0,345	$0,97+0,38 \cdot 10^{-3}t-0,009 \cdot 10^{-6}t^2$	1000	20	145	0,89	12
13	0,23	$0,87+0,38 \cdot 10^{-3}t-0,009 \cdot 10^{-6}t^2$	800	15	116	0,86	10
14	0,23	$1,58+0,38 \cdot 10^{-3}t$	950	15	125	0,68	11
15	0,23	$3,21-0,008 \cdot 10^{-3}t+0,29 \cdot 10^{-6}t^2$	925	15	125	0,22	13
16	0,46	$3,192-0,01 \cdot 10^{-3}t+0,24 \cdot 10^{-6}t^2$	1200	20	255	0,18	12
17	0,345	$2,961-0,013 \cdot 10^{-3}t+0,331 \cdot 10^{-6}t^2$	1100	20	240	0,89	10
18	0,345	$0,47+0,35 \cdot 10^{-3}t$	1050	14	215	0,80	10
19	0,23	$0,49+0,347 \cdot 10^{-3}t$	950	18	128	0,76	12
20	0,46	$0,35+0,351 \cdot 10^{-3}t$	1100	15	230	0,69	13