

Рассчитать температуру на поверхности нагрева ( $t_c$ ) и количество испаряющейся жидкости с  $1 \text{ м}^2$  поверхности нагрева за 1 час ( $G$ , кг/ч). Исходные данные приведены в табл. 4 по вариантам.

Таблица 4

№ варианта	4	9	14	19	24
$p$ , бар	1,013	1,985	4,76	10,03	15,55
$q_c$ , Вт/м <sup>2</sup>	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^4$

*Примечание.* Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара на линии насыщения даны в [1, 3].

### Задача № 5

Кипящая вода движется по трубе со скоростью  $w$ . Температура внутренней поверхности трубы ( $t_c$ ), давление ( $p$ ), скорость воды ( $w$ ), внутренний диаметр трубы ( $d$ ) приведены в табл.5 по вариантам.

Рассчитать средний коэффициент теплоотдачи ( $\bar{\alpha}$ ) от поверхности трубы к кипящей воде.

Таблица 5

№ варианта	5	10	15	20	25
$p$ , бар	1,013	1,985	4,76	10,03	12,55
$d$ , мм	30	32	36	40	42
$w$ , м/с	1	0,5	0,8	0,3	0,1
$t_c$ , °C	110	130	155	185	200

*Примечание.* Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара на линии насыщения даны в [1, 3].

### Задание № 5

#### Теплообменные аппараты

Задание № 5 содержит 5 задач для 25 вариантов. Каждый студент решает одну задачу в соответствии со своим вариантом.

#### Задача № 1

В кожухотрубном пароводяном теплообменнике производится подогрев воды, движущейся в трубах, за счет тепла конденсации сухого насыщенного пара на поверхности труб.

Давление воды  $p = 1$  бар, температуры воды на входе в теплообменник ( $t'_2$ ), на выходе ( $t''_2$ ), расход воды ( $G_B$ ) и давление конденсирующегося пара ( $p$ ) даны в табл.1 по вариантам. Конденсат на выходе из теплообменника имеет температуру насыщения ( $t_s$ ) при давлении  $p$ .

Принять средний коэффициент теплопередачи от пара к воде через стенку трубы  $k = 3000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

Рассчитать расход пара ( $G_{\text{п}}$ , кг/с) и площадь поверхности нагрева теплообменника ( $F$ , м<sup>2</sup>).

Представить графики изменения температуры теплоносителей вдоль поверхности нагрева по схемам прямотока и противотока. Как влияет схема движения теплоносителей (прямоток или противоток) на результаты расчета?

Таблица 1

№ варианта	1	6	11	16	21
$t'_2, \text{ }^\circ\text{C}$	20	25	30	35	40
$t''_2, \text{ }^\circ\text{C}$	70	75	80	85	90
$G_{\text{в}}, \text{ кг/ч}$	$10^5$	$5 \cdot 10^4$	$10^4$	$2 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$
$p, \text{ бар}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

### Задача № 2

В трубчатом воздухоподогревателе воздух нагревается за счет тепла дымовых газов. Дымовые газы движутся по трубам, поперечный поток воздуха омывает трубный пучок.

Расход воздуха ( $G_{\text{в}}$ ), температуры воздуха на входе ( $t'_2$ ) и на выходе ( $t''_2$ ), расход дымовых газов ( $G_{\text{г}}$ ), температура дымовых газов на входе ( $t'_1$ ) даны в табл. 2 по вариантам.

Принять коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воздуху через стенку трубы  $k = 30 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

Рассчитать температуру дымовых газов на выходе ( $t''_1$ ) и площадь поверхности нагрева воздухоподогревателя ( $F$ , м<sup>2</sup>).

Таблица 2

№ варианта	2	7	12	17	22
$G_{\text{в}}, \text{ кг/с}$	21	25	30	35	40
$t'_2, \text{ }^\circ\text{C}$	30	25	20	35	15
$t''_2, \text{ }^\circ\text{C}$	250	240	270	290	250
$G_{\text{г}}, \text{ кг/с}$	20	30	40	45	42
$t'_1, \text{ }^\circ\text{C}$	400	370	390	450	380

### Задача № 3

В противоточном теплообменнике типа «труба в трубе» горячее трансформаторное масло охлаждается водой. Трансформаторное масло движется по внутренней латунной трубе с диаметром  $d_2/d_1 = 14/12$  мм. Вода движется по кольцевому зазору. Внутренний диаметр наружной трубы  $d_3 = 22$  мм. Скорость масла ( $w_1$ ) и температуры его на входе ( $t'_1$ ) и на выходе ( $t''_1$ ) из теплообменника, а также скорость воды ( $w_2$ ) и температура воды на входе в теплообменник ( $t'_2$ ) даны в табл. 3 по вариантам.

Принять средний коэффициент теплопередачи от масла к воде через стенку трубы  $k = 230$  Вт/м<sup>2</sup>·К. Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

Определить температуру воды на выходе из теплообменника ( $t''_2$ ), площадь поверхности теплообмена ( $F$ , м<sup>2</sup>) и общую длину теплообменной поверхности ( $\ell$ , м).

Представить график изменения температуры теплоносителей вдоль поверхности теплообмена.

Таблица 3

№ варианта	3	8	13	18	23
$w_1$ , м/с	4	3	3,5	2	2,5
$t'_1$ , °С	100	110	90	80	120
$t''_1$ , °С	60	70	50	40	70
$t'_2$ , °С	20	10	15	25	20
$w_2$ , м/с	2,5	2	2,2	1,7	1,9

### Задача № 4

В трубчатом испарителе воды горячим теплоносителем является технологический сухой насыщенный пар, подаваемый в межтрубное пространство при давлении  $p_1$ . За счет тепла конденсации пара в трубах кипит и испаряется вода при давлении  $p_2$ . На вход испарителя подается сухой насыщенный пар при давлении  $p_1$  и кипящая вода при давлении  $p_2$ , на выходе из испарителя – конденсат с температурой насыщения ( $t_{s1}$ ) при давлении  $p_1$  и сухой насыщенный пар с температурой ( $t_{s2}$ ) при давлении  $p_2$ . Давления  $p_1$ ,  $p_2$  и расход воды ( $G_2$ ) даны в табл. 4 по вариантам.

Принять средний коэффициент теплопередачи от пара к воде через стенку трубы  $k = 2200$  Вт/м<sup>2</sup>·К. Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

Определить расход пара ( $G_1$ , кг/ч) и площадь поверхности теплообмена испарителя ( $F$ , м<sup>2</sup>).

Представить график изменения температур теплоносителей вдоль поверхности теплообмена.

Таблица 4

№ варианта	4	9	14	19	24
$p_1$ , бар	2	3	3,6	4	5
$p_2$ , бар	1	1,5	2	2,2	3
$G_2$ , кг/ч	1000	800	1200	1300	900

### Задача № 5

Трубчатый испаритель воды обогревается дымовыми газами. Давление воды  $p$ , температура воды на входе в испаритель равна температуре насыщения ( $t_s$ ) при давлении  $p$ , на выходе – сухой насыщенный пар.

Давление воды ( $p$ ), температура дымовых газов на входе ( $t'_2$ ) и на выходе из испарителя ( $t''_1$ ), а также расход газов ( $G_1$ ) даны в табл. 5 по вариантам.

Принять средний коэффициент теплопередачи от пара к воде через стенку трубы  $k = 70 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ . Потерями тепла в окружающую среду пренебречь.

Определить расход воды ( $G_2$ , кг/с) и площадь поверхности теплообмена испарителя ( $F$ , м<sup>2</sup>).

Представить график изменения температур теплоносителей вдоль поверхности теплообмена.

Таблица 5

№ варианта	5	10	15	20	25
$p_1$ , бар	2,7	3,4	4,4	5,6	6,5
$t'_1$ , °C	600	650	700	750	800
$t''_1$ , °C	320	340	380	420	460
$G_1$ , кг/с	38	40	43	45	50

### 4.3. Контрольные вопросы и задания

1. Каков механизм передачи тепла теплопроводностью в газах? От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности газов? Сравните коэффициенты теплопроводности легких и тяжелых газов.

2. Каков механизм передачи тепла теплопроводностью в металлах? Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры для чистых металлов, для сплавов?