

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»

ЗАВДАННЯ

НА КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ № 1
З КУРСУ «ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІV КУРСУ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ
«АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-
ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ» І
«МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ
ТЕХНОЛОГІЇ»
ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Затверджено
на засіданні кафедри
процесів та апаратів хімічної
технології.
Протокол № 10 від 30.05.09.

Завдання на контрольну роботу № 1 з курсу «Процеси та апарати хімічних виробництв» для студентів IV курсу спеціальностей «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» і «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології» заочної форми навчання / Укл.: Т.П. Єльцова, Т.Ю. Гіріч, Т.В. Гриднєва. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2010. – 24 с.

Укладачі: Т.П. Єльцова,
Т.Ю. Гіріч, канд. техн. наук
Т.В. Гриднєва

Відповідальний за випуск П.Г. Сорока, д-р техн. наук

Навчальне видання

Завдання на контрольну роботу № 1 з курсу «Процеси та апарати хімічних виробництв» для студентів IV курсу спеціальностей «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» і «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології» заочної форми навчання

Укладачі: ЄЛЬЦОВА Тетяна Петрівна
ГІРІЧ Тамара Юхимівна
ГРИДНЄВА Тетяна Василівна

Редактор Л.М. Тонкошкур
Коректор Л.Я. Гоцуцова

Підписано до друку 29.09.10. Формат 60×84 ¹/₁₆. Папір ксерокс. Друк різнограф.
Ум.-друк. арк. 1,05. Облік.-вид. арк. 1,1. Тираж 50 прим. Зам. № 34.
Свідоцтво ДК №303 від 27.12.2000.

ДВНЗ УДХТУ, 49005, Дніпропетровськ – 5, пр. Гагаріна, 8.

Видавничо-поліграфічний комплекс ІмКомЦентру

1. Загальні вказівки до виконання контрольних робіт.

Студенти-заочники спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та «Метрологія та інформаційно-вимірвальні технології» виконують з курсу “Процеси та апарати хімічних виробництв” протягом одного семестру дві контрольні роботи за відповідними методичними вказівками № 1 та № 2. Питання і задачі, що входять до складу контрольних робіт охоплюють всі основні розділи курсу процесів і апаратів, які входять в програму вивчення курсу студентами заочної форми навчання.

Контрольна робота №1 складається з 400 задач та 100 контрольних питань.

Виконання контрольної роботи зводиться до рішення задач та відповіді на контрольні питання. Варіант контрольної роботи вибирається студентом згідно з двома останніми цифрами шифру студента за таблицею № 1.

Таблиця варіантів виконання контрольної роботи № 1

Останні дві цифри шифру	Номери задач за розділами				Номери питань за розділами			
	гідромеханічні процеси	теплові процеси	помірне охолодження	глибоке охолодження	гідромеханічні процеси	теплові процеси	помірне охолодження	глибоке охолодження
1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	100	200	255	330	1	42	93	100
01	95	195	260	335	15	55	87	94
02	90	190	265	340	2	43	92	99
03	1	185	270	345	14	57	88	95
04	6	180	201	350	3	44	90	98
05	11	175	206	355	13	87	93	95
06	16	170	211	360	5	53	87	97
07	21	165	216	365	4	36	87	95
08	26	101	221	301	12	85	88	97
09	31	106	226	306	53	37	89	99
10	36	111	231	311	5	84	93	100
11	41	116	236	316	16	38	90	94
12	46	121	241	321	11	39	88	96
13	51	126	246	326	6	83	91	95
14	56	131	251	331	34	40	89	100
15	61	136	256	336	17	51	93	99
16	66	141	261	341	7	82	87	98
17	71	146	266	346	18	53	90	94
18	76	151	271	351	8	81	92	97
19	81	156	276	356	32	52	93	95
20	86	161	281	301	10	80	87	94
21	91	166	286	366	20	41	88	100
22	96	171	291	371	18	79	91	99
23	85	176	296	376	9	40	90	94
24	80	181	275	381	19	78	88	98

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	45	186	280	336	33	42	93	100
26	2	191	202	391	13	77	92	95
27	7	196	207	396	32	43	89	99
28	12	160	212	370	14	76	87	96
29	17	155	217	375	31	44	92	97
30	22	102	222	302	15	75	88	94
31	27	107	227	307	30	43	93	95
32	32	112	232	312	16	74	90	100
33	37	127	237	317	29	50	87	99
34	42	132	242	322	19	72	92	98
35	47	127	247	327	28	45	87	99
36	52	132	252	332	21	73	93	100
37	57	137	257	337	1	56	88	97
38	62	142	262	342	27	57	92	96
39	67	147	267	347	3	71	89	95
40	72	152	272	352	26	54	91	98
41	77	157	277	357	4	70	90	94
42	82	162	282	362	25	69	87	95
43	87	167	287	367	12	58	88	93
44	92	172	292	372	24	60	89	100
45	97	177	297	377	13	59	90	95
46	70	182	285	382	24	69	88	99
47	65	187	290	387	7	45	93	94
48	3	192	203	392	23	68	92	95
49	8	197	208	397	8	46	88	99
50	13	150	213	380	22	67	91	96
51	18	145	218	303	35	48	90	97
52	23	140	323	308	9	68	87	98
53	28	103	228	313	34	47	93	100
54	33	108	233	318	8	70	88	94
55	38	113	238	323	33	84	90	99
56	43	118	243	328	6	32	87	95
57	48	123	248	333	32	52	89	96
58	53	128	253	338	5	33	88	98
59	58	133	258	343	31	55	92	97
60	63	138	263	348	4	41	91	100
61	68	143	268	353	30	81	90	94
62	73	148	273	358	10	40	87	99
63	78	153	278	363	29	80	88	100
64	83	158	283	368	15	62	93	94
65	88	163	288	373	28	38	92	99

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
66	93	168	293	378	16	66	91	95
67	98	173	298	383	27	39	87	98
68	60	178	295	388	17	51	88	100
69	55	183	300	393	26	72	89	97
70	4	188	204	398	15	54	90	99
71	9	193	209	385	25	74	93	96
72	14	198	214	390	13	55	88	98
73	19	120	219	304	24	79	89	95
74	24	125	224	309	1	36	93	99
75	29	130	229	314	23	38	92	100
76	34	135	234	319	2	41	90	94
77	39	104	239	324	5	42	91	98
78	44	109	244	329	21	39	89	95
79	49	114	249	334	6	53	88	97
80	54	119	254	339	28	40	87	100
81	59	124	259	344	31	55	89	96
82	64	129	264	349	7	86	92	99
83	69	134	269	354	8	82	88	94
84	74	139	274	359	10	56	91	98
85	79	144	279	364	18	60	89	95
86	84	149	284	369	19	84	90	100
87	89	154	289	374	20	62	87	99
88	94	159	294	379	17	38	91	97
89	99	164	299	384	18	79	88	97
90	5	169	245	389	5	39	93	98
91	10	174	250	394	19	85	89	95
92	15	179	205	399	7	37	92	100
93	20	184	210	395	21	83	88	96
94	25	189	215	400	17	44	90	98
95	30	194	240	305	35	64	91	94
96	35	199	220	310	19	43	87	99
97	40	105	225	315	33	65	88	95
98	45	110	230	320	4	48	92	94
99	50	115	235	325	32	68	89	97

Контрольна робота виконується в стандартному зошиті з полями шириною 20-30 мм, а після рішення кожної задачі залишається поле в розмірі – п'яти-семи рядків для позначок рецензента. Текст рішення задачі наводять чорнилами синього, фіолетового, або чорного кольору. Рисунки та схеми виконують на окремих аркушах і приклеюють у зошиті в місцях, що відповідають розрахункам.

На обкладинці зошита або на початку роботи обов'язково вказати шифр, повну адресу проживання, прізвище, ім'я по батькові, номери вибраних задач та питань. Умови задач переписуються повністю з цифровими даними і зображеннями схем установки, причому необхідно відмітити напрямки руху потоків стрілками, вказуючи всі розміри та величини.

Рішення задачі необхідно супроводжувати лаконічними, проте чіткими поясненнями, необхідними схемами та рисунками. Всі наведені формули і вибрані числові значення параметрів і коефіцієнтів повинні мати посилання на джерело (сторінка і № таблиці), звідкіля ці дані були взяті. Номер використаного джерела ставлять у місці наведення даних та в кінці роботи приводять під відповідним порядковим номером в списку використаної літератури. При посиланні на джерело достатньо в тексті задачі поставити в дужках його порядковий номер по списку. Потім показати номер сторінки і таблиці, звідки були взяті відповідні формули або числові значення.

Визначення пошукових величин повинно мати попередні формули або рівняння. Всі складові параметри формул або рівнянь, повинні мати пояснення з наведенням їх числових значень і розмірності, дотримуючись того ж порядку написання їх, що і в рівняннях.

Для кожного проміжного і кінцевого результатів рішення потрібно вказувати розмірності. При виконанні задач необхідно користуватись єдиною системою одиниць розмірності (Міжнародною системою СІ).

Розрахунки виконують з точністю, що допускається при інженерних розрахунках. Графіки, які необхідні при рішенні задач, будують у визначеному масштабі. Результати розрахунків потрібно проаналізувати з точки зору відповідності одержаного значення реальним умовам роботи установки або апарата, що розраховується.

При виконанні робіт потрібно дотримуватись таких вимог: чіткого переказу матеріалу, систематизованого ходу розрахунків та охайного і повного запису.

Виконана контрольна робота надсилається до університету в термін, що вказаний в індивідуальних планах. Контрольні роботи, які направляються з запізненням, можуть бути не відрецензовані, а студент недопущений до сесії. Під час екзаменаційної сесії прийом і перевірка контрольних робіт кафедрою не проводиться. Захист відрецензованої контрольної роботи відбувається на кафедрі, в результаті чого студент отримує рецензію з відміткою захисту роботи, яку надає на іспит або залік.

При виявленні рецензентом помилок у роботі, робота повертається студенту на доробку або виправлення. Не допускається виправлення помилок у початковому тексті, який уже був перевірений рецензентом.

Робота без вказаного шифру або, яка не відповідає варіанту студента, а також яка має недбале оформлення, повертається студенту без рецензії.

2. ЗАДАЧІ ЗА РОЗДІЛАМИ КУРСУ

2.1. ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ

Задачі № 1–10

Знайти швидкість осадження в воді частинок кулястої форми, що мають діаметр 0,9 мм. Температура води, $t^{\circ}\text{C}$.

№ задачі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Матеріал частинок	Але-бастр	Глина	Граніт	Зола	Пісок сухий	Пісок кварцовий	Зола	Вапняк	Мармур	Вапняк
$t^{\circ}\text{C}$	20	25	30	20	25	30	35	20	25	30

Задачі № 11–20

Визначити розмір найбільших частинок, які будуть виноситись потоком води, що підіймається із швидкістю 0,5 м/с. Температура води, $t^{\circ}\text{C}$.

№ задачі	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Матеріал частинок	Вапняк	Мармур	Зола	Глина	Крейда	Пісок	Пісок кварцовий	Крейда	Зола	Але-бастр
$t^{\circ}\text{C}$	20	25	25	20	25	30	30	30	20	20

Задачі № 21–30

Визначити розмір найменших частинок, що осідають у газоводі квадратного перерізу довжиною 1, м та висотою h , м, якщо лінійна швидкість газу $\omega = 0,5$ м/с, густина частинок $\rho = 4000$ кг/м³.

№ задачі	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Газ	Повітря	Азот	Аміак	Метан	Кисень	Етан	Етилен	Діоксид вуглецю	Повітря	Азот
$t^{\circ}\text{C}$	20	20	25	20	25	30	20	30	30	30
$l, \text{м}$	16	15	14	17	16	18	16	15	14	12
$h, \text{м}$	2,0	2,5	3,0	2,4	2,3	2,2	3,1	3,2	2,6	2,1

Задачі № 31 – 40

Визначити діаметр відстійника для безперервного осадження змуленої крейди у воді. Продуктивність відстійника G , т/годину початкової суспензії, що містить $X_{\text{п}}$, мас.% CaCO_3 . Діаметр найменших частинок, які повинні осісти $d = 35$ мкм. Температура суспензії, $t^{\circ}\text{C}$. Вологість шламу $X_{\text{шл}}$, мас.%. Густина крейди $\rho = 2710$ кг/м³.

№ задачі	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
G	70	75	80	85	65	60	90	82	76	78
t°C	15	20	21	22	25	16	17	18	19	26
X _п	8,0	8,5	7,6	7,5	6,8	7,2	7,3	8,1	7,9	8,3
X _{шл}	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79

Задачі № 41–50

Визначити тривалість фільтрування V, дм³ через 1 м² фільтра, якщо з 1 м² було зібрано 1 дм³ фільтрату через τ₁ хвилин та 3 дм³ через τ₂ хвилин з початку фільтрування.

№ задачі	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
V	10	15	20	12	16	21	13	25	14	24
τ ₁	2,0	3,0	4,0	2,5	3,5	4,5	2,8	5,0	2,8	4,8
τ ₂	14,0	21,0	28,0	16,8	22,4	20,4	18,2	35,0	19,6	33,6

Задачі № 51–60

Визначити тривалість промивання осаду, якщо кількість промивної води V_в, дм³/м², константа фільтрації K, дм⁶/м⁴·хв, константа фільтрування, що характеризує гідравлічний опір перегородки C, дм³/м². Різницю динамічних коефіцієнтів в'язкості фільтрат та промивної води знехтувати. Кількість рідини, що фільтрується V=10 дм³.

№ задачі	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
V	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,3	2,2	2,1
K	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,76	0,75	0,74
C	0,37	0,38	0,30	0,40	0,41	0,42	0,43	0,36	0,35	0,34

Задачі № 61–70

Визначити діаметр циклону типу ЦН-15 та його гідравлічний опір для видалення частинок сухого матеріалу із повітря, яке виходить із розпилової сушарки. Витрата повітря G, кг/год., температура повітря t°C, його швидкість у циліндричній частині циклона ω_ц, м/с.

№ задачі	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
G	2000	2100	2200	2300	1900	1800	2500	2400	1950	1850
t	80	85	90	95	96	97	98	100	110	89
ω _ц	3,00	3,01	3,02	3,03	2,95	2,96	2,98	3,02	3,05	3,08

Задачі № 71–80

Визначити об'ємну та масову продуктивність щоклової дробарки при ширині розвантажувальної щоки l , мм, а хід рухомої щоки S , мм. Густина матеріалу, який подрібнюється ρ , кг/м³, кут захвату – α , а довжина завантажувального отвору – B , мм, коефіцієнт розпушення матеріалу – m .

№ задачі	l	S	ρ	α	B	m
71	90	15,0	2400	18	900	0,30
72	200	30,0	1900	19	1200	0,40
73	250	35,0	2500	21	1500	0,50
74	80	13,5	3100	20	500	0,60
75	100	13,5	2800	23	600	0,55
76	90	11,5	2200	18	900	0,35
77	200	30,0	1500	19	1200	0,45
78	250	35,0	3000	21	1500	0,38
79	80	13,5	2650	20	500	0,42
80	100	14,0	3200	23	600	0,48

Задачі № 81–90

Визначити масову продуктивність гладковалкової дробарки, якщо максимальний розмір кусків, що завантажуються в неї – d , мм, ступінь подрібнення – 4 , коефіцієнт тертя – $f=0,35$, діаметр дробарки $D=20d$, довжина валка $l=5D$, коефіцієнт зруйнування матеріалу – m , густина матеріалу – ρ , кг/м³.

№ задачі	d	ρ	m	№ задачі	d	ρ	m
81	50	3400	0,25	86	55	3200	0,21
82	45	1900	0,30	87	50	2000	0,35
83	40	2500	0,20	88	20	2400	0,18
84	65	2800	0,22	89	65	2600	0,22
85	40	2300	0,32	90	45	2400	0,33

Задачі № 91–100

Визначити кут захвату та оптимальне число гойдань підвісної щоклової дробарки, якщо коефіцієнт тертя – ковзання матеріалу та подрібнюючих плит f , а довжина ходу щоки S , мм.

№ задачі	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
S	13,5	16,0	30,0	35,0	18,0	13,0	15,0	35,0	18,0	16,0
f	0,325	0,300	0,330	0,295	0,310	0,315	0,320	0,305	0,322	0,326

2.2. ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ

Задачі № 101–110

Визначити середній температурний напір t_{cp} , якщо при охолодженні рідини від $t_{1п}$, °C до $t_{1к}$, °C, охолоджуюча рідина нагрівається від $t_{2п}$, °C до $t_{2к}$, °C, у теплообміннику, який працює в сталому тепловому режимі за принципом прямотечії та протитечії.

№ задачі	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
$t_{1п}$	120	80	100	160	60	50	40	20	110	139
$t_{1к}$	70	50	60	120	40	20	10	0	92	91
$t_{2п}$	20	10	15	80	10	-10	-30	-20	40	50
$t_{2к}$	40	30	45	110	30	10	-10	-15	56	60

Задачі № 111–120

Визначити коефіцієнт тепловіддачі при конденсації водяної пари з температурою t_k , °C на поверхні пучка горизонтальних труб діаметром d , мм; температура зовнішньої стінки труби становить $t_{ст.}$, °C, $\varepsilon_t = \varepsilon = 1$.

№ задачі	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
d	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40
t_k	156	152	148	144	140	160	162	164	132	128
$t_{ст.}$	150	148	140	134	138	154	156	160	126	124

Задачі № 121–130

Визначити коефіцієнт тепловіддачі від стінки до рідини, яка рухається по горизонтальній трубі діаметром d , мм та довжиною L , м, зі швидкістю ω , м/с, якщо середня температура рідини t_{cp} , °C, а температура стінки $t_{ст.}$, °C.

№ задачі	Рідина	d	L	ω	t_{cp}	$t_{ст.}$
121	Вода	22	4,0	0,40	60	40
122	Бензол	32	6,0	0,25	40	20
123	Метанол	28	3,0	0,60	20	50
124	Хлороформ	40	2,0	0,20	40	10
125	Етанол	36	1,8	0,30	60	20
126	Толуол	52	1,4	0,16	40	80
127	Бутанол	60	1,2	1,24	20	60
128	Ацетон	80	2,4	0,15	40	0
129	Етилацетат	120	3,6	0,26	60	20
130	Вода	44	2,0	0,44	40	10

Задачі № 131 – 140

Визначити коефіцієнт тепловіддачі від вертикальної плоскої стінки висотою $H, \text{м}$ до рідини при нагріванні в умовах природної конвекції, якщо середня температура рідини $t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$, а температура стінки $t_{\text{ст}}, ^\circ\text{C}$.

№ задачі	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
Рідина	Вода	Ацетон	Бензол	Бутанол	Вода	Метанол	Хлороформ	Етанол	Етил-ацетат	Толуол
H	1,2	0,8	2,2	1,4	0,6	0,7	2,4	2,8	2,0	1,1
$t_{\text{ср}}$	20	0	10	30	40	10	0	10	0	20
$t_{\text{ст}}$	60	40	70	90	80	50	60	70	50	100

Задачі № 141–150

Визначити коефіцієнт тепловіддачі при конденсації насиченої водяної пари на поверхні пучка вертикальних труб висотою $H, \text{м}$, при температурі конденсації $t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$ та температурі стінки $t_{\text{ст}}, ^\circ\text{C}$.

№ задачі	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
H	1,0	2,0	3,0	4,0	2,4	1,6	1,8	0,8	1,2	0,6
$t_{\text{к}}$	160	156	150	148	162	132	144	140	130	150
$t_{\text{ст}}$	154	144	148	144	160	128	140	130	124	142

Задачі № 151–160

Стінки печі побудовані із вогнетривкої та будівельної цегли, товщина кладки, відповідно, дорівнює $\delta_{\text{вогн}}$ та $\delta_{\text{буд}}$, мм. Визначити втрати тепла в навколишнє середовище, якщо температура внутрішньої стінки печі складає $t_{\text{ст1}}, ^\circ\text{C}$, а зовнішньої $t_{\text{ст2}}, ^\circ\text{C}$.

№ задачі	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
$\delta_{\text{вогн}}$	100	120	140	160	180	20	220	240	250	260
$\delta_{\text{буд}}$	180	200	210	220	230	240	260	280	250	240
$t_{\text{ст1}}$	1100	1150	1200	1300	1250	1300	1320	1260	1200	1400
$t_{\text{ст2}}$	150	145	140	136	130	120	110	112	108	106

Задачі № 161–170

Визначити температуру стінок у теплообміннику, якщо коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_1, \text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$ та $\alpha_2, \text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$, товщина стінки $\delta, \text{мм}$, матеріал стінок – нержавіюча сталь, середня температура гарячого теплоносія $t_{1\text{ср}}$, а холодного – $t_{2\text{ср}}$. Термічний опір забруднень стінок не враховувати.

№ задачі	α_1	α_2	δ	t_{1cp}	t_{2cp}
161	1200	600	2,0	80	40
162	1500	1500	1,8	60	20
163	1600	1000	2,4	100	40
164	200	160	3,2	60	30
165	4800	500	2,8	40	10
166	6000	12000	4,0	60	36
167	8000	120	1,0	120	60
168	2400	680	2,6	100	40
169	80	2400	1,6	120	60
170	120	5600	2,0	80	40

Задачі № 171–180

У випарнику необхідно випарити G , кг/годину рідини, яка кипить при температурі кипіння $t_k, ^\circ\text{C}$ і подається у випарник при тій же температурі. Визначити необхідну для випарювання витрату насиченої водяної пари з надлишковим тиском $P_{\text{над.}}$, кгс/см².

№ задачі	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
Рідина	Ацетон	Бутанол	Бензол	Метанол	Толуол	Хлороформ	Етил-ацетат	Етанол	Бутанол	Вода
G	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3600	4000
t_k	60	140	100	80	120	60	100	100	100	110
$P_{\text{над.}}$	1,0	5,0	3,0	1,0	4,0	3,0	4,0	3,0	2,0	4,0

Задачі № 181–190

Визначити поверхню теплообмінника-випарника, в якому при атмосферному тиску кипить рідина. Витрата насиченої водяної пари з тиском $P_{\text{абс.}}$, кгс/см², складає G , кг/годину, коефіцієнт теплопередачі K , Вт/м²·К.

№ задачі	Рідина	$P_{\text{абс.}}$	G	K
181	Ацетон	1,4	1500	800
182	Бензол	2,0	2000	1200
183	Дихлоретан	3,0	2200	1400
184	Метилацетат	1,2	1600	1000
185	Сірковуглець	1,0	3000	600
186	Бутанол	6,0	1800	1600
187	Метанол	1,8	1600	800
188	Етанол	3,0	2400	2000
189	Толуол	5,0	2500	2100
190	Хлороформ	2,0	1200	1300

Задачі № 191–200

В однокорпусній випарній установці безперервної дії при атмосферному тиску випарюється розчин солі до кінцевої концентрації X , мас.%. Визначити витрату грючої водяної пари з тиском $P_{абс.}$, кгс/см², поверхня теплопередачі в випарному апараті F , м², коефіцієнт теплопередачі K , Вт/м²·К. Гідростатичними витратами температур знехтувати.

№ задачі	Розчин солі	X	$P_{абс.}$	F	K
181	CaCl ₂	40,8	6,0	28	800
182	KCl	32,6	3,0	32	1200
183	K ₂ CO ₃	60,4	6,0	36	1400
184	KNO ₃	65,8	4,0	40	1000
185	MgCl ₂	36,0	5,0	44	600
186	NaOH	48,3	8,0	50	1600
187	NaNO ₃	60,9	4,0	54	800
188	NH ₄ NO ₃	51,9	3,0	60	2000
189	NH ₄ Cl	47,0	4,0	34	2100
190	(NH ₄) ₂ SO ₄	49,7	3,0	28	1300

2.3. ПОМІРНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ

Задачі № 201–210

Визначити холодопродуктивність, витрату холодоагенту, холодильний коефіцієнт та витрату охолоджуючої води в конденсаторі компресійно-холодильної установки, яка працює за сухим способом з переохолодженням на 10 градусів. Холодоагент – аміак. У випарнику охолоджується G , кг/годину 22 мас.% розчину хлориду кальцію від $t_{п}$, °С до $t_{к}$, °С. Температура охолоджуючої води в конденсаторі $t_{в}$, °С. При рішенні задачі навести схему установки, навести процес роботи на T-S діаграму. Вода в конденсаторі нагрівається на 10 градусів.

№ задачі	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
G	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	4,2	2,8
$t_{п}$	5	5	0	0	3	4	5	5	7	2
$t_{к}$	-15	-10	-16	-15	-10	-17	-20	-10	-15	-10
$t_{в}$	+15	+15	+20	+10	+16	+20	+10	+15	+16	+15

Задачі № 211–220

Визначити холодильний коефіцієнт, витрату холодоагенту та витрату енергії на охолодження G , кг/годину 22 мас.% розчину хлориду натрію від $t_{п}$, °С до $t_{к}$, °С у випарнику компресійно-холодильної установки, яка працює за

вологим способом без переохолодження. Холодоагент – CO_2 , температура охолоджуючої води $t_b, ^\circ\text{C}$. При виконанні задачі навести принципову схему установки та навести процес роботи на T-S діаграму.

№ задачі	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
G	5,0	5,1	5,2	6,0	6,2	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
$t_{\text{п}}$	10	8,0	6,0	5,0	0,0	12,0	7,0	6,5	5,5	8,5
$t_{\text{к}}$	-5	-2	-10	-15	-5	0	-2	-5	-10	0
t_b	10	15	12	10	20	15	10	15	12	16

Задачі № 221–230

Визначити холодильний коефіцієнт та витрату холодоагенту компресійно-холодильної установки, яка працює на холодоагенті «фреон-12» (дифтордихлоретан) при таких умовах: загальна холодопродуктивність установки – Q, кВт, температура конденсації $t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$, температура випаровування холодоагенту – $t_0, ^\circ\text{C}$, температура переохолодження $t, ^\circ\text{C}$. Компресор працює в області сухої пари.

№ задачі	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230
Q	100,0	112,0	115,0	120,0	125,0	130,0	135,0	140,0	145,0	150,0
$t_{\text{к}}$	25	20	25	30	20	25	30	30	25	30
t_0	-20	-15	-23	-15	-20	-25	-20	-25	-15	-20
t	5	6	7	8	10	5	10	5	10	5

Задачі № 231–240

Розрахувати теоретичну потужність та питому холодопродуктивність у компресійно-холодильній установці, що працює за циклом Карно, якщо температура у випарнику – $t_0, ^\circ\text{C}$, у конденсаторі – $t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$, а холодопродуктивність складає – Q_0 , кВт. Холодоагент – аміак.

№ задачі	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
Q_0	17,0	17,5	18,0	18,5	16,5	16,0	16,5	17,4	16,8	17,6
t_0	-20	-15	-25	-18	-17	-15	-10	-20	-15	-25
$t_{\text{к}}$	15	20	25	15	16	17	15	20	15	20

Задачі № 241–250

Визначити для вуглекислотної холодильної установки, яка працює за сухим способом, питому холодопродуктивність холодоагенту, холодильний коефіцієнт та кількість холодоагенту, якщо температура випаровування – $t_0, ^\circ\text{C}$, температура конденсації – $t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$. Загальна холодопродуктивність – Q_0 , кВт.

№ задачі	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250
Q_0	50,00	52,00	54,00	56,00	58,00	60,00	50,15	50,00	51,00	52,50
t_0	-30	-25	-30	-25	-30	-25	-30	-25	-30	-25
t_k	16	18	20	22	24	25	20	16	18	15

Задачі № 251–260

Визначити для вуглекислотної установки, яка працює за сухим способом з переохолодженням, питому холодопродуктивність холодоагенту, холодильний коефіцієнт, кількість холодоагенту для охолодження G , кг/годину 22 мас.% розчину хлориду кальцію від $t_{\text{поч}}, ^\circ\text{C}$ до $t_{\text{кін}}, ^\circ\text{C}$, якщо температура переохолодження на 5° нижче температури конденсації. Температура охолоджуючої води $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$. Температуру конденсації прийняти на 10° вище температури води, а температуру випаровування $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$ на 5° вище $t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$.

№ задачі	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
G	2000	2500	3000	3500	4000	4500	3100	3200	2200	2300
$t_{\text{поч}}$	0	2	3	5	6	7	8	9	10	4
$t_{\text{кін}}$	-5	-2	-10	-15	-10	-3	-4	-5	-2	-10
$t_{\text{в}}$	15	16	10	12	13	14	15	16	17	18

Задачі № 261–270

Визначити коефіцієнт холодопродуктивності, питому холодопродуктивність, кількість охолоджуючої води в конденсаторі компресійно-холодильної машини, яка працює за сухим способом з переохолодженням, коли температура $t_{\text{п}}, ^\circ\text{C}$ на 5° нижче температури конденсації.. Загальна холодопродуктивність – Q_0 , кВт, температура конденсації $t_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$, температура випаровування $t_0, ^\circ\text{C}$, вода в конденсаторі нагрівається на 5° . Холодоагент – CO_2 .

№ задачі	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270
Q_0	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	110,00	120,00	130,00	140,00	150,00
$t_{\text{к}}$	25	20	25	30	25	25	20	20	30	25
t_0	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-10	-15	-10	-15

Задачі № 271–280

Визначити питому і загальну кількість тепла, що віднімається від холодоагенту в холодильнику-конденсаторі компресійно-холодильної установки, яка працює по сухому способу, а також питому і загальну роботу компресора, коли задано: загальна холодопродуктивність – Q_0 , кВт, температура охолоджуючої води – $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$, температура охолоджуваного середовища – $t_0, ^\circ\text{C}$. Температуру конденсації холодоагенту в конденсаторі і

температуру випаровування холодоагенту в випарнику прийняти в залежності від $t_b, ^\circ\text{C}$ та $t_o, ^\circ\text{C}$. Холодоагент – аміак.

№ задачі	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
Q_0	65,00	60,00	70,00	75,00	80,00	85,00	100,00	110,00	115,00	120,00
t_b	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t_o	0	-2	-5	-10	-15	-5	-10	-15	-20	-25

Задачі № 281–290

Визначити питому холодопродуктивність, холодильний коефіцієнт та роботу, затрачену на стиснення пари холодоагенту в компресійно-холодильній машині, яка працює за сухим способом з переохолодженням, якщо температура конденсації – $t_k, ^\circ\text{C}$, температуру випаровування – $t_o, ^\circ\text{C}$. Холодильний агент – CO_2 . Холодопродуктивність – Q_0 , кВт. Температура переохолодження холодоагенту в конденсаторі – 5° .

№ задачі	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290
Q_0	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	110,00	120,00	130,00	140,00	150,00
t_k	10	15	20	30	25	20	15	10	15	20
t_o	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-10	-15	-10	-15

Задачі № 291–300

Визначити кількість води в конденсаторі та кількість охолоджуваного середовища у випарнику при роботі компресійно-холодильної установки, яка працює за сухим способом, холодопродуктивністю Q_0 , кВт. Холодоагент – аміак. Температура конденсації аміаку – $t_k, ^\circ\text{C}$, температура у випарнику – $t_{\text{вип}}, ^\circ\text{C}$. Охолоджуване середовище – розчин CaCl_2 змінює температуру від $t_{\text{поч}}, ^\circ\text{C}$ до $t_{\text{кін}}, ^\circ\text{C}$. Вода в конденсаторі нагрівається на 5 градусів.

№ задачі	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290
Q_0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,00	170,0	180,0	190,0
t_k	20	25	30	20	25	30	20	25	30	25
$t_{\text{вип}}$	-10	-15	-20	-10	-20	-15	-10	-20	-15	-20
$t_{\text{поч}}$	0	2	4	6	8	10	0	2	3	4
$t_{\text{кін}}$	-5	-10	-15	-5	-15	-10	-5	-15	-10	-15

2.4. ГЛИБОКЕ ОХОЛОДЖЕННЯ

Задачі № 301–310

Визначити частину зрідженого повітря, потужність, що витрачається на валу компресора та питому витрату енергії для одержання G_p , кг/годину рідкого

повітря в установці, яка працює за простим регенеративним циклом Лінде. Температура повітря перед компресором $t_n, ^\circ\text{C}$, тиск $P_1=0,1\text{МПа}$, після компресора $P_2, \text{МПа}$. Втрати холоду на 1 кг перепрацьованого повітря прийняти $q_{\text{втр}}=8\cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$. Задачу вирішити за допомогою T-S діаграми.

№ задачі	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
G	200	180	250	150	200	170	250	280	190	200
t_n	20	10	15	25	20	15	18	20	25	18
P_2	20,0	19,0	18,0	20,0	18,0	19,0	20,0	18,0	20,0	17,0

Задачі № 311–320

Визначити кількість тепла, що віднімається від 1 кг повітря при зрідженні його тиску $P_1, \text{МПа}$. Яку мінімальну роботу потрібно для цього затратити, якщо початкова температура повітря $t, ^\circ\text{C}$.

№ задачі	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
P_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,15	0,25	0,35	0,15	0,20	0,25
t	10	15	20	25	10	15	20	25	30	35

Задачі № 321–330

Визначити кількість зрідженого повітря і необхідну для цього питому витрату потужності при переробці G, кг/годину повітря, стисненого до $P_2, \text{МПа}$, установка працює за простим регенеративним циклом Лінде. Температура повітря до і після компресора 25°C . Повітря дроселюється до тиску $0,1 \text{ МПа}$. Сумарні втрати холоду в навколишнє середовище прийняти $8,2\cdot 10^3 \text{ Дж/м}^3$ повітря (при нормальних умовах).

№ задачі	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330
G	200	250	300	310	320	280	260	210	220	240
P_2	20	18	10	20	18	10	15	20	18	15

Задачі № 331–340

Визначити затрачену потужність та витрату перепрацьованого повітря для одержання G, кг/годину зрідженого повітря, якщо зрідження проводять за циклом з попереднім охолодженням стисненого повітря рідким аміаком при $t_{\text{ам}}, ^\circ\text{C}$. Тиск стиснення складає 20 МПа , дроселюється стиснене повітря до $0,1 \text{ МПа}$. Початкова температура повітря 25°C . Сумарні втрати холоду в навколишнє середовище прийняти в розмірі 10 Дж/кг повітря. Коефіцієнт корисної дії установки дорівнює $0,66$. Теоретична питома холодопродуктивність аміачної установки $q_{\text{о.ам}}=8540 \text{ кДж/(кВт}\cdot\text{год.)}$

№ задачі	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
G	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150
t _{ам}	-40	-50	-45	-35	-30	-50	-45	-35	-30	-40

Задачі № 341–350

Визначити питому витрату енергії та зріджену частку повітря в установці з циркуляцією повітря під тиском. Високий тиск P_2 , МПа, середній тиск $P_1 = 5$ МПа. Початкова температура повітря 20°C . Кількість повітря, що надходить у компресор – G_0 кг/годину. Частка повітря, що дроселюється до низького тиску $P_0 = 0,1$ МПа – M . Сумарні втрати холоду в навколишнє середовище прийняти в розмірі 10 Дж/кг зрідженого повітря.

№ задачі	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350
G	50	55	40	60	65	70	75	80	85	90
P_2	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18
M	0,25	0,30	0,35	0,20	0,25	0,30	0,35	0,28	0,32	0,34

Задачі № 351–360

Визначити кількість переpracьованого повітря в циклі з детандером для одержання G_p , кг/годину рідкого повітря. В детандер подається 80% від усієї кількості переpracьованого повітря. $T_g = 110^\circ\text{C}$. Загальні втрати холоду в навколишнє середовище прийняти в розмірі 8 Дж/кг рідкого повітря. В компресорі повітря стискується від $P_1=0,1$ МПа до P_2 , МПа. Коефіцієнт корисної дії детандера $n_g = 0,6$.

№ задачі	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
G_p	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
P_2	35	40	50	60	35	40	50	60	40	50

Задачі № 361–370

Визначити ККД процесу зрідженого повітря з віддачею зовнішньої роботи за циклом високого тиску для одержання G_p , кг/годину рідкого повітря. Повітря в компресорі стискується від $P_1=0,1$ МПа до $P_2=20$ МПа. Початкова температура повітря 20°C . У детандер надходить $M=0,5$ кг/годину стисненого повітря. Сумарні втрати холоду – 8 Дж/кг. Розширення повітря в детандері проводиться від P_2 до P_3 , а дроселювання – від P_3 до $0,1$ МПа. Повернення роботи детандером на вал компресора складає половину від теоретичного теплопадиння в детандері.

№ задачі	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370
G_p	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
P_2	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18
P_3	8	10	6	7	9	8	10	6	7	10

Задачі № 371–380

Визначити кількість переpracьованого повітря та питому витрату енергії при зрідженні повітря за циклом низького тиску з турбодетандером. Повітря надходить в установку при 30°C і абсолютному тиску $P_1=0,1$ МПа, а стискується в турбокомпресорі до P_2 , МПа. Температура повітря перед турбодетандером T, K . Коефіцієнт, що враховує випаровування повітря при дроселюванні рідини прийняти $a=1,25$. Продуктивність установки G_p , кг/годину. Сумарні втрати холоду прийняти 8 Дж/кг зрідженого повітря. Коефіцієнт віддачі потужності детандера $0,85$. Ізотермічний ККД турбокомпресора $0,6$.

№ задачі	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
G_p	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
T	122	120	125	120	125	120	122	120	125	120
P_2	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6

Задачі № 381–390

Визначити необхідний тиск повітря при сталому режимі в установці для одержання газоподібного кисню. Установка працює без попереднього охолодження за простим регенеративним циклом. Температура повітря перед теплообмінником $t, ^{\circ}\text{C}$, недорекуперація складає 5°C , втрати холоду через ізоляцію i_{iz} , кДж/м³ (при 0°C і 760 мм рт.ст.) переpracьованого повітря.

№ задачі	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390
t	20	25	20	25	30	25	20	25	30	20
i_{iz}	10,0	12,8	12,5	13,0	11,5	10,5	11,0	12,5	13,0	12,6

Задачі № 391–400

Визначити продуктивність за зрідженим повітрям за годину та необхідну для цього затрату потужності при переробці G , кг/годину повітря, стисненого до $P_2 = 20,0$ МПа. Установка працює за простим регенеративним циклом Лінде. Температура повітря до і після компресора $t, ^{\circ}\text{C}$. Стиснене повітря дроселюється до тиску $P_1=0,1$ МПа. Втрати холоду в навколишнє середовище прийняти в розмірі $4,19 \cdot 10^3$ Дж/м³ повітря (при нормальних умовах). Недорекуперація тепла складає 5°C .

№ задачі	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
G	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
t	20	25	30	20	25	30	20	25	30	20

3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Класифікація гідромеханічних процесів.
2. Що таке осадження та яке його призначення в хімічній технології. Під дією яких сил проводять процеси осадження.
3. Закони осадження. Які фактори впливають на опір процесу осадження.
4. Дати класифікацію газових і рідинних неоднорідних систем.
5. Як влаштовані і працюють відстійники для емульсій.
6. Центрифугування. Фактор розділення. Будова центрифуг з пульсуючим поршнем і шнековим розвантаженням осаду.
7. Диференційне та критеріальне рівняння осадження частинок під дією сили тяжіння та фізичний зміст величин, що входять у ці рівняння.
8. Закон Стокса про швидкість осадження частинок у випадку ламінарного руху. Які фактори впливають на швидкість осадження.
9. Фізичний зміст критерію Архімеда та величин, що його складають.
10. Фізичний зміст критерію Лященко та величин, що його складають.
11. Визначення швидкості осадження частинок неправильної та кулеподібної форми.
12. Фізичний зміст критерію Фруда та величин, що його складають.
13. Фізичний зміст критерію Ейлера та величин, що його складають.
14. Яка фізична суть поняття – фактор розділення. Від чого залежить його значення в нерухомих (циклонах) та апаратах, що обертаються (осаджуючих центрифугах).
15. Як влаштована і працює безперервнодіюча горизонтальна відстійна центрифуга.
16. Що таке фільтрація та яке її призначення в хімічній технології.
17. Рівняння фільтрації при постійній рушійній силі процесу.
18. Рівняння фільтрації при постійній швидкості процесу.
19. Рівняння фільтрації під дією відцентрових сил.
20. Які фільтри працюють у режимі при постійній рушійній силі, а які при постійній швидкості фільтрації.
21. Як визначається потужність, що витрачається центрифугою, та від чого вона залежить.
22. Яке значення процесу перемішування в хімічній технології. Як характеризується інтенсивність перемішування.
23. Як влаштовані та працюють лопатні, турбінні мішалки.
24. Область застосування пропелерних та рамних мішалок.
25. Неоднорідні системи та їх характеристики.
26. Характеристика відстійників періодичної та безперервної дії.
27. Фільтрування. Стадії процесу. Опір шару осаду і фільтруючої перегородки.
28. Будова барабанного фільтра.
29. Гравітаційна очистка газів. Конструкція батарейного циклона.
30. Мокра очистка газів. Конструкція і принцип роботи скрубера Вентурі.

31. Теорія подрібнення. Ступінь подрібнення. Правило подрібнення.
32. Класифікація дробарок. Машини для попереднього подрібнення. Щоківні дробарки та їх конструкція. Роль кута захвату в роботі машин.
33. Машини середнього подрібнення (валки-бігуни, дробково-ударної дії).
34. Машини тонкого подрібнення (кульові млини). Їх конструкція. Вплив числа обертів на роботу кульового млина.
35. Класифікація і сортування матеріалів. Гуркотіння, гідравлічна класифікація та повітряна сепарація.
36. Як формулюється основне рівняння теплопередачі, фізична суть величин, що входять до нього.
37. Як записується рівняння теплопровідності Фур'є, фізична суть величин, що входять до нього.
38. Як перетворити рівняння теплопровідності Фур'є в рівняння теплопровідності плоскої, циліндричної, одно-та багат шарової стінки при сталому тепловому режимі.
39. Закономірності тепловипромінювання газів та твердих тіл.
40. Коефіцієнт взаємного випромінювання твердих тіл при паралельному, вільному розшаруванні, та коли одне тіло охоплюється іншим.
41. Закон Стефана-Больцмана та закон Кірхгофа, фізична суть величин, що входять до цих рівнянь.
42. Закон тепловіддачі Ньютона. Фізична суть величин, що входять до нього.
43. Які критерії входять у критеріальне рівняння конвективного теплоперенесення, їх фізична суть.
44. Як розраховується коефіцієнт тепловіддачі при зміні агрегатного стану теплоносія.
45. Зв'язок між коефіцієнтами тепловіддачі та теплопередачі, яка фізична суть величин, що складають їх вирази.
46. Вплив напрямку взаємного руху теплоносіїв у теплообміннику на: середню різницю температур теплоносіїв (температурний напір), кінцеві температури теплоносіїв та їх витрату.
47. Нестационарний теплообмін. Визначення рушійної сили в періодичних процесах теплопередачі.
48. Способи нагрівання водяною парою. Визначення витрати пари на процес нагрівання.
49. В яких випадках застосовується нагрівання «гострою» та «глухою» водяною парою.
50. Нагрівання проміжними теплоносіями.
51. Класифікація теплообмінних апаратів, які використовуються в хімічній промисловості.
52. Тепловий баланс теплообмінника та визначення витрат гріючого агента.
53. Промислові охолоджуючі агенти та їх основні характеристики.
54. Поверхневі конденсатори, їх призначення, конструкції та принцип роботи.

55. Конденсатори змішування. Конструкція, принцип роботи.
56. Визначення витрати охолоджуючої води в поверхневих конденсаторах та конденсаторах змішування.
57. Конструкція, принцип роботи конденсатора змішення з барометричною трубою.
58. Чим відрізняються між собою поверхневі теплообмінники та теплообмінники змішування.
59. Конструкція, принцип роботи одноходового і багатходового кожухотрубного теплообмінника. Як розташовані та закріплюються на трубних решітках теплообмінні трубки.
60. Будова і принцип роботи теплообмінника «труба в трубі» та спірального.
61. Як відводиться конденсат гріючої пари із теплообмінних апаратів при використанні «глухої» пари.
62. Процес випарювання. Його використання в хімічній технології.
63. Схема та матеріальний баланс однокорпусної випарної установки, яка фізична суть кожної складової рівняння.
64. Багатокорпусні випарні установки, схема та принцип їх дії. Перевага їх перед однокорпусним вакуумним випарюванням.
65. Яка визначається витрата гріючої пари для багатокорпусної випарної установки.
66. Схеми з'єднання випарних апаратів. Порівняльні характеристики цих схем.
67. Для випарювання яких розчинів використовують випарні апарати з «тепловим» насосом. Схема та принцип дії.
68. Від чого залежить коефіцієнт теплопередачі у випарному апараті.
69. Як визначається теплота розчинення твердих речовин з високою розчинністю.
70. Як визначається поверхня нагрівання випарного апарата.
71. Що таке корисна різниця температур і які температурні втрати існують у випарній установці.
72. Температурні втрати у випарній установці та методи їх визначення.
73. Конструкція та принцип дії випарного апарата з центральною циркуляційною трубою.
74. Конструкція та принцип дії випарного апарата з горизонтальним винесеним кип'ятильником.
75. Конструкція та принцип дії випарного апарата з вертикальним винесеним кип'ятильником.
76. Конструкція та принцип дії випарного апарата з винесеною циркуляційною трубою.
77. Конструкція та принцип дії плівкового випарного апарата.
78. Конструкція та принцип дії випарного апарата з примусовою циркуляцією.
79. Що таке процес кристалізації та його застосування в хімічній технології.

80. Які існують методи кристалізації та від чого вони класифікуються.
81. Рівновага при кристалізації.
82. Яка перевага та недоліки вакуум-кристалізації.
83. Матеріальний баланс кристалізації.
84. Ізогідрична кристалізація, тепловий баланс.
85. Тепловий баланс ізогідричної кристалізації.
86. Конструкція та принцип дії кристалізаторів з відведенням частини розчинника та охолодженням розчину.
87. Термодинамічні основи виробництва низьких температур.
88. Компресійно-холодильна установка. Схема, принцип роботи, зображення процесу на $T-S$ діаграмі. Визначення коефіцієнта холодопродуктивності (вологий спосіб).
89. Компресійно-холодильна установка. Схема, принцип роботи, зображення процесу на $T-S$ діаграмі. Визначення коефіцієнта холодопродуктивності (сухий спосіб).
90. Компресійно-холодильна установка з переохолодженням. Схема, принцип роботи, зображення процесу на $T-S$ діаграмі. Перевага порівняно з установками, що працюють без переохолодження.
91. Адсорбційно-холодильна установка. Схема, принцип роботи, матеріальний баланс.
92. Адсорбційно-холодильна установка. Схема, принцип роботи, тепловий баланс.
93. Адсорбційно-холодильна установка. Схема, принцип роботи. Визначення коефіцієнта холодопродуктивності та холодопродуктивність (питома)
94. Методи виробництва глибокого холоду. Ефект дроселювання. Зображення процесу дроселювання на $T-S$ діаграмі.
95. Розширення газів з віддачею зовнішньої роботи в детандері. Зображення процесу розширення на $T-S$ діаграмі, визначення температури і тепловмісту в кінці теоретичного та дійсного процесу розширення.
96. Простий регенеративний цикл високого тиску Лінде. Схема процесу, зображення на $T-S$ діаграмі, визначення кількості зрідженого повітря.
97. Цикл високого тиску з попереднім аміачним охолодженням. Схема процесу, зображення на $T-S$ діаграмі, визначення кількості зрідженого повітря.
98. Цикл середнього тиску з детандер-машиною. Схема, принцип роботи, зображення процесу на $T-S$ діаграмі, визначення кількості зрідженого повітря.
99. Цикл високого тиску з детандер-машиною. Схема, принцип роботи, зображення процесу на $T-S$ діаграмі, визначення кількості зрідженого повітря.
100. Цикл Капіці. Схема, зображення процесу на $T-S$ діаграмі, визначення кількості зрідженого повітря.

4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 784 с.
2. Плановский А.Н., Рамм В.М., Коган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1968. – 847 с.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
4. Чернобыльский И.И. Выпарные установки. – К.: Из-во Киевского университета, 1970. – 568 с.
5. Чернобыльский И.И., Тананайко Ю.М. Сушильные установки химической промышленности. – К.: Техника, 1969. – 846 с.
6. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. – М.: Энергоиздат, 1972. – 625 с.