

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

З А В Д А Н Н Я
до контрольної роботи № 1
з курсу
«Процеси та апарати хімічних виробництв»
для студентів ІV курсу
механічних спеціальностей заочного факультету

Затверджено на засіданні кафедри
процесів та апаратів хімічної
технології.
Протокол № 10 від 30.05.2010.

Дніпропетровськ УДХТУ 2010

Завдання до контрольної роботи № 1 з курсу “Процеси та апарати хімічних виробництв” для студентів ІУ курсу механічних спеціальностей заочного факультету / Укл.: В.І. Зражевський, С.О. Опарін, О.С. Смірнова. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2010. – 31 с.

Укладачі: В.І. Зражевський, канд. техн. наук
С.О. Опарін, канд. техн. наук
О.С. Смірнова, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск П.Г. Сорока, доктор техн. наук

Навчальне видання

Завдання до контрольної роботи №1 з курсу «Процеси та апарати хімічних виробництв» для студентів ІУ курсу механічних спеціальностей заочного факультету

Укладачі: ЗРАЖЕВСЬКИЙ Вячеслав Іванович
ОПАРІН Сергій Олександрович
СМІРНОВА Олена Степанівна

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

Підписано до друку 08.07.10. Формат 60 × 84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф. Умовн.-друк. арк. 1,68. Облік.-вид. арк. 1,76. Зам. №. 155. Тираж 50 прим. Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000.

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

Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Студенти-заочники механічних спеціальностей за напрямком 7.090200 виконують за курсом “Основні процеси та апарати хімічних виробництв” на протязі двох семестрів три контрольні роботи за відповідними методичними вказівками. В осінньому семестрі контрольні роботи №1 та №2, у весняному - №3 і мають певний об’єм.

Виконання контрольної роботи складається з розв’язування задач і відповідей на контрольні запитання. Запитання та задачі, які входять до контрольні роботи, охоплюють всі основні розділи курсу та спряжені між собою.

На початку кожної роботи обов’язково вказується шифр, повна адреса свого місця проживання, прізвище, ім’я, по батькові, дані вибору задач і контрольних питань.

Вибір варіанта кожної контрольної роботи проводиться за таблицями варіантів у відповідності з двома останніми цифрами шифру студента.

Контрольну роботу необхідно виконувати в стандартному зошиті, залишаючи поля шириною 20-30 мм, а після розв’язування кожної задачі - п’яти – семи лінійок для заміток рецензента. Запис проводиться чорнилом синього, фіолетового або чорного кольору, рисунки і схеми виконуються на окремих аркушах и приклеюються в зошит у місцях, які відповідають розрахунку.

Перед розв’язанням кожної задачі повністю переписується її умова з цифровими даними і зображенням схеми установки, при цьому необхідно показати напрямки руху потоків стрілками, позначивши усі розміри і величини. Необхідно також звернути увагу на додаткові вимоги перед деякими розділами.

Розв’язання задачі слід супроводжувати короткими, але чіткими, поясненнями, необхідними схемами і рисунками. Всі наведені формули і числові значення параметрів та коефіцієнтів повинні мати посилання на джерело, звідки наведені дані взяті. Список використаної літератури (джерел) вказується в кінці роботи під порядковим номером.

При посиланні на дане джерело необхідно в дужках поставити його порядковий номер у наведеному списку. Потім вказати номер сторінки і таблиці, звідки взяті формули або числові значення. Наприклад: [2], стор. 18, [2], табл. 4.

Визначенню шуканих величин повинні передувати формули і рівняння в буквеному виразі.

Всі параметри, які входять у формулу, повинні мати пояснення з вказаними їх числовими значеннями і розмірностями, в яких вони підставляються в формулу, в тому ж порядку, в якому ці величини записані у формулі.

Для кожного проміжного і кінцевого результатів вказувати розмірність. Після підстановки числових значень проводять обчислення з точністю

допустимою в інженерних розрахунках. Необхідні для розв'язання задач графіки будують у визначеному масштабі.

Відповідь необхідно прокоментувати з точки зору відповідності одержаного значення з практичними умовами роботи розрахованої установки або апарата.

Чітке викладення, систематичний хід розрахунків, охайність запису є вимогами, дотримання яких веде до зменшення непродуктивних витрат часу студента і викладача.

Виконана контрольна робота надсилається в університет в терміни, вказані в особистих навчальних планах. Контрольні роботи, надіслані з запізненням, можуть бути не відрецензовані, а студент недопущений до сесії. Роботу студента кафедра повинна одержати не пізніше, ніж за два тижні до сесії. Під час екзаменаційної сесії прийом і перевірка контрольних робіт кафедрою не проводиться.

Відрецензована контрольна робота захищається на кафедрі, а студент одержує рецензію, яка видається на іспит (залік). Незарахована робота повертається на перероблення або виправлення. Не допускається виправлення помилок у попередньому тексті, який був перевірений рецензентом.

Неохайно оформлені роботи, які не мають шифру, а також не відповідають варіантам контрольної роботи, повертаються студенту без рецензії.

Таблиця вибору завдань для контрольної роботи №1

Останні дві цифри шифру	Номери задач за розділами			Номери питань за розділами		
	Гідромеханічні та механічні процеси	Теплові процеси	Штучне охолодження	Гідромеханічні та механічні процеси	Теплові процеси	Штучне охолодження
1	2	3	4	5	6	7
00	1	200	229	1	39	71
01	21	190	235	38	53	86
02	11	180	240	2	44	73
03	31	170	245	37	55	76
04	41	160	250	3	40	81
05	51	150	255	36	58	82
06	61	140	260	35	61	87
07	71	130	265	4	45	72
08	81	120	270	5	62	84
09	91	110	275	7	59	88
10	2	199	280	34	41	79
11	12	189	285	33	49	85
12	22	179	290	32	47	74
13	32	169	295	31	39	71
14	42	159	300	8	57	80

Продовження табл. 1						
1	2	3	4	5	6	7
15	52	149	201	9	58	85
16	62	139	206	30	43	74
17	72	129	211	29	50	88
18	82	119	216	10	63	82
19	92	109	221	11	48	84
20	3	198	226	28	61	76
21	13	188	231	27	42	89
22	23	178	236	12	62	75
23	33	168	241	13	53	80
24	43	158	246	26	47	79
25	53	148	251	25	54	71
26	63	138	256	14	63	85
27	73	128	261	15	44	82
28	83	118	266	24	55	84
29	93	108	271	23	66	79
30	4	197	276	16	46	72
31	14	187	281	17	69	85
32	24	177	286	22	40	81
33	34	167	291	21	59	83
34	44	157	296	18	50	78
35	54	147	202	19	70	89
36	64	137	207	20	45	80
37	74	127	212	5	54	73
38	84	117	217	9	64	85
39	94	107	222	12	57	73
40	5	196	227	15	41	88
41	15	186	232	25	60	86
42	25	176	237	35	67	74
43	35	166	242	38	48	81
44	45	156	277	1	58	80
45	55	146	252	2	46	79
46	65	136	257	36	69	82
47	75	126	262	27	52	87
48	85	116	267	22	68	72
49	95	106	272	23	43	89
50	6	195	277	17	65	85
51	16	105	282	16	44	88
52	26	194	287	19	49	76
53	36	184	292	4	53	86
54	46	174	297	6	68	83
55	56	164	203	13	54	78

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
56	66	154	208	14	60	81
57	76	144	213	3	64	83
58	86	134	218	21	39	75
59	96	124	223	24	66	87
60	7	114	227	18	67	73
61	17	104	233	31	52	75
62	27	193	238	34	68	80
63	37	183	243	7	42	75
64	47	173	248	8	55	85
65	57	163	253	10	61	84
66	67	153	258	37	49	79
67	77	143	263	32	44	86
68	87	133	268	33	65	82
69	97	123	273	11	70	74
70	8	113	278	13	48	80
71	18	103	283	15	57	77
72	28	192	288	18	40	75
73	38	182	293	20	66	89
74	48	172	298	21	50	82
75	58	162	204	26	46	84
76	68	152	209	37	66	76
77	78	142	214	19	58	83
78	88	132	219	5	69	73
79	98	122	224	9	60	71
80	9	112	228	8	41	88
81	19	102	234	15	47	80
82	29	191	239	17	56	81
83	39	181	244	27	63	72
84	49	171	249	31	43	86
85	59	161	254	32	69	73
86	69	151	259	37	53	78
87	79	141	264	29	65	79
88	89	131	269	25	52	75
89	99	121	274	23	47	82
90	10	111	279	21	7	84
91	20	101	284	16	64	85
92	30	185	289	18	45	80
93	40	175	294	10	67	88
94	50	165	299	3	49	73
95	50	155	205	14	42	77
96	70	145	210	12	62	84

Продовження табл. 1						
1	2	3	4	5	6	7
97	80	135	215	11	54	89
98	90	125	220	26	59	87
99	100	115	225	35	51	75

2. ЗАДАЧІ З РОЗДІЛІВ

2.1. Гідромеханічні і механічні процеси

Задачі 1-5

Через пиловідстійну камеру проходить запилене повітря з температурою $t, ^\circ\text{C}$ і тиском P , МПа. Знайти найменший діаметр частинок матеріалу, які можуть осісти та режим їх осадження.

Механізм осадження відповідає закону Стокса (критерій Архімеда $Ar \leq 3,6$).

№ задачі	Матеріал часток	$t, ^\circ\text{C}$	P , МПа
1	алебастр	100	0,15
2	глина	120	0,2
3	колчедан	140	0,25
4	вапняк	150	0,12
5	деревне вугілля	160	0,18

Задачі 6-10

У відстійнику безперервної дії діаметром D , м розділяється водна суспензія на осад і освітлену рідину. Вміст твердої фази в суспензії – C_n , % (мас); в шламові – C_{oc} , % кг/кг; найменший діаметр частинок матеріалу, які осідають під дією сил тяжіння d , мкм. Знайти продуктивність відстійника за суспензією з перевіркою режиму осадження. В'язкість суспензії прийняти як для води при температурі 20°C .

№ задачі	Матеріал	D , м	C_n , % (мас)	C_{oc} , % кг/кг	d , мкм
6	азбест	6	6	0.65	30
7	апатит	8	6.5	0.7	25
8	каолін	10	7	0.72	20
9	зола	12	7.5	0.75	15
10	пісок	14	8	0.78	10

Задачі 11-15

Знайти час та швидкість осадження найменших часток матеріалу A у шламбасейні діаметром D , м і глибиною h , м, із якого вивантажується G_{oc} , т/год

осаду вологістю ω_{oc} , % (мас). Суспензія подається розбавленою з концентрацією x_c , % (мас). Суцільна фаза – вода при температурі 20°C.

№ задачі	Матеріал A	D , м	h , м	G_{oc} , т/год	ω_{oc} , % мас	x_c , % мас
11	пісок	4	1,8	10	60	10
12	поташ	5	1,7	12	55	12
13	крейда	6	1,6	14	50	14
14	каолін	7	1,5	16	45	16
15	апатит	8	1,4	18	40	18

Задачі 16-20

Знайти тривалість фільтрування з постійною швидкістю в нутч-фільтрі діаметром D , м, в який завантажено G_c , кг суспензії з вмістом твердої фази x_c , кг/кг сусп. Вологість отриманого осаду ω , % (мас), густина фільтрату ρ_f , кг/м³. Швидкість фільтрування w , м³/м²с.

№ задачі	D , м	G_c , кг	x_c , кг/кг	ω , % мас	ρ_f , кг/м ³	w , м ³ /м ² с
16	0,6	250	0,10	50	1010	1,5
17	0,7	350	0,12	55	1020	1,8
18	0,8	500	0,14	60	1030	2,0
19	0,9	650	0,16	65	1040	2,2
20	1,0	750	0,18	70	1050	2,4

Задачі 21-25

Знайти тривалість операції промивки осаду на барабанному вакуум-фільтрі діаметром D , м і довжиною L , м промивною рідиною A об'ємом V , м³. Тиск всередині барабану складає P , мм рт. ст., швидкість проходу промивної рідини через шар осаду товщиною h_{oc} , мм становить w , м/с. Зона промивки займає 15% від зони фільтрування. Температура промивної рідини 20°C.

№ задачі	D , м	L , м	Рідина A	V , м ³	P , мм рт. ст.	h_{oc} , мм	w , м/с
21	1,2	9	гексан	2,0	600	15	0,08
22	1,4	8	ацетон	2,5	550	20	0,07
23	1,6	7	вода	3,0	500	25	0,06
24	1,8	6	толуол	3,5	450	30	0,05
25	2,0	5	хлороформ	4,0	400	35	0,04

Задачі 26-30

За який час пройде V , м³ фільтрату, через рамний фільтр-прес з питомим опором осаду r_{oc} , м/кг при постійному перепаді тиску ΔP , МПа, якщо константа фільтрування C , м³/м², масове співвідношення вологого осаду до сухого m , кг/кг, концентрація твердої фази в суспензії x_c , кг/кг. Фізичні властивості фільтрату прийняти для води при температурі $t = 20^\circ\text{C}$.

№ задачі	$V, \text{ м}^3$	$r_{oc}, \text{ м/кг}$	$C, \text{ м}^3/\text{м}^2$	$m, \text{ кг/кг}$	$x_c, \text{ кг/кг}$	$\Delta P, \text{ МПа}$
26	4,2	$5,1 \cdot 10^8$	0,0015	1,45	0,06	0,11
27	4,6	$4,7 \cdot 10^8$	0,002	1,5	0,08	0,12
28	5,0	$4,2 \cdot 10^8$	0,0025	1,55	0,1	0,13
29	5,4	$3,5 \cdot 10^8$	0,003	1,6	0,12	0,14
30	6,0	$2,7 \cdot 10^8$	0,0035	1,65	0,14	0,15

Задачі 31-35

Повітря з температурою $t, ^\circ\text{C}$ і надмірним тиском $P, \text{ МПа}$ в кількості $G, \text{ кг/год}$ подається на очистку від пилу в циклон типу ЦН-15. Середній розмір часток пилу $d, \text{ мкм}$, фіктивна швидкість повітря в циклоні $\omega_{ц}, \text{ м/с}$. Знайти діаметр циклону, його гідравлічний опір, а також степінь вловлювання пилу.

№ задачі	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{ МПа}$	$G, \text{ кг/год}$	$d, \text{ мкм}$	$\omega_{ц}, \text{ м/с}$
31	60	0,01	1500	15	3,2
32	70	0,015	1700	10	3,5
33	80	0,02	2000	5	3,8
34	90	0,025	2200	15	4,0
35	100	0,03	2400	10	4,2

Задачі 36-40

Знайти фактор розділення суспензії, індекс продуктивності та режим осадження у відстійній центрифугі діаметром $D, \text{ мм}$, довжиною $L, \text{ мм}$ і числом обертів $n, \text{ об/хв}$. Висота переливного борта $h = 40 \text{ мм}$. Суспензія складається з рідини A і часток матеріалу діаметром $d, \text{ мкм}$, який осаджується під дією сил тяжіння із швидкістю $\omega_{oc}, \text{ м/с}$ при температурі $t = 20^\circ\text{C}$.

№ задачі	$D, \text{ мм}$	$L, \text{ мм}$	$n, \text{ об/хв}$	Рідина A	$d, \text{ мкм}$	$\omega_{oc}, \text{ м/с}$
36	1260	1000	1420	анілін	80	0,0025
37	1160	1100	1600	бензол	75	0,0075
38	1060	1200	1800	метилацетат	70	0,1
39	960	1300	2600	фенол	65	0,04
40	860	1400	2800	хлороформ	60	0,09

Задачі 41-45

Через завислий шар каталізатора висотою $h_o, \text{ м}$ проходить газ A при температурі 30°C . Число псевдозрідження $K_\omega = 1,5$. Знайти критичну та робочу швидкості газу, а також гідравлічний опір решітки та самого шару каталізатора. Порізність нерухомого шару прийняти рівною $\varepsilon_o = 0,4$. Еквівалентний діаметр часток каталізатора $d_e, \text{ мм}$, їх густина $\rho_c, \text{ кг/м}^3$, діаметр отворів решітки $d_o = 1,2 \text{ мм}$, товщина $\delta = 3 \text{ мм}$.

№ задачі	h_o , м	d_e , мм	ρ_e , кг/м ³	Газ A
41	0,3	1,4	1900	CO ₂
42	0,35	1,6	2100	O ₂
43	0,4	1,8	2200	NH ₃
44	0,45	2,0	2350	Cl ₂
45	0,5	2,2	2400	C ₆ H ₆

Задачі 46-50

Знайти установчу потужність електродвигуна для мішалки з числом обертів n , об/хв. Температура рідини, яка змішується, складає t °С. Мішалка розміщена в чавунному корпусі діаметром D , мм і висотою H , м. ККД електродвигуна з передачею становить 0,93. Запас потужності 25%. Мішалка заповнена на 0,75 об'єму.

№ задачі	Тип мішалки	n , об/хв	рідина	t , °С	D , мм	H , м
46	Дволопатева з вертикальними лопатями	120	анілін	80	1500	1,2
47	Одностороння радіально-дискова	150	гліцерин	120	1200	1,1
48	Радіально-турбінна з 16 лопатями	180	дихлоретан	60	1000	1,3
49	Восьмилопатева з прямими лопатями	210	сірковуглець	40	800	1,4
50	Закрита турбінна з 6 лопатями	240	етилацетат	100	600	1,5

Задачі 51-55

Турбінна мішалка для емульгування в воді рідини A має діаметр d_m , мм. Знайти число обертів мішалки. Фізичні властивості суміші прийняти для води при температурі t , °С.

№ задачі	Рідина A	d_m , мм	t , °С
51	бензол	250	10
52	фенол	280	15
53	толуол	320	20
54	гексан	350	25
55	октан	380	30

Задачі 56-60

Розрахувати діаметр корпусу гідроциклону та діаметри вхідного і шламового патрубків для розділення G , т/год водної суспензії з масовим

вмістом твердої фази X_n , кг тв. фази/кг суспензії. Вміст твердих часток діаметром меншим ніж 74 мкм у зливі не більше $\beta_{жс}$, %.

№ задачі	Матеріал	G , т/год	X_n , кг/кг	$\beta_{жс}$, %
56	зола	100	0,25	60
57	кокс	80	0,21	80
58	кварц	70	0,17	65
59	крейда	90	0,15	70
60	пісок	60	0,12	75

Задачі 61-65

Розрахувати об'ємну і масову продуктивність шокової дробарки з розміром шпальта $a \times b$, мм і ходом рухомої щоки S , мм. Кут захвату α . Коефіцієнт розпушування матеріалу μ .

№ задачі	Матеріал	$a \times b$, мм	S , мм	α , град	μ
61	антрацит	900×90	15	18	0,35
62	граніт	500×80	20	19	0,45
63	крейда	600×100	25	20	0,47
64	апатит	1200×200	30	21	0,4
65	вапняк	1500×250	35	22	0,5

Задачі 66-70

Визначити необхідне число дробарок для подрібнення матеріалу розміром d_n , мм. Степінь подрібнення в одній дробарці i . Розмір подрібненого матеріалу не повинен перевищувати d_k , мм.

№ задачі	d_n , мм	i	d_k , мм
66	310	3	3,5
67	300	4	4,0
68	250	4	5,5
69	270	3	5,0
70	280	4	4,5

Задачі 71-75

Q , т/год матеріалу насипною масою ρ_n , кг/м³ за допомогою стрічкового транспортеру подається на відстань L , м на висоту H , м. Стрічка плоска, шириною B , мм. Коефіцієнт заповнення φ . Матеріал вивантажується за допомогою скидуючого ножа. Визначити потужність електродвигуна при ККД $\eta=0,85$.

№ задачі	Q , т/год	L , м	H , м	B , мм	φ
71	120	100	10	800	0,85
72	160	110	12	1000	0,88
73	140	130	14	1200	0,90
74	150	120	16	800	0,96
75	130	140	18	650	0,93

Задачі 76-80

Продуктивність горизонтального пластинчатого транспортера з бортами довжиною L , м становить Q , т/год. Швидкість руху ω , м/с, коефіцієнт заповнення φ . Насипна маса матеріалу 2100 кг/м^3 . Коефіцієнт корисної дії η . Визначити розміри перерізу стрічки транспортера та установчу потужність двигуна.

№ задачі	Q , т/год	L , м	ω , м/с	φ	η
76	16	40	0,65	0,68	0,70
77	20	42	0,66	0,71	0,75
78	18	51	0,67	0,73	0,73
79	17	47	0,71	0,81	0,72
80	19	55	0,69	0,77	0,71

Задачі 81-85

Барабан кульового млина має розміри $D \times L$ мм. Розмір кусків матеріалу: вихідного d_n , мм, а подрібненого – d_k , мкм. Насипна маса сталевих куль $\rho=4250 \text{ кг/м}^3$. Степінь заповнення барабана кулями φ . Визначити число обертів млина, діаметр куль, продуктивність і споживану потужність двигуна млина.

№ задачі	$D \times L$, мм	d_n , мм	d_k , мкм	φ
81	1500×3000	20	95	0,37
82	1500×3500	24	115	0,4
83	1500×4000	30	150	0,35
84	1600×3000	27	130	0,41
85	1600×4000	25	120	0,44

Задачі 86-90

Розрахувати масову продуктивність і потужність приводу гладковалкової дробарки, якщо максимальний розмір кусків, що завантажують, d_n , мм, необхідна степінь подрібнення $i=5$, коефіцієнт тертя $f=0,36$, коефіцієнт розпушування μ . Густина подрібненого матеріалу ρ , кг/м^3 . Довжина валка $L=5D$.

№ задачі	d_n , мм	ρ , кг/м^3	μ
86	100	2300	0,32
87	40	2800	0,25
88	85	3200	0,30
89	65	2700	0,27
90	75	2500	0,22

Задачі 91-95

Лопатева мішалка розміром $d_1=D/n_1$ замінена на меншу $d_2=D/n_2$. Перемішування в обох випадках здійснюється в умовах ламінарного режиму. Як зміниться частота обертів мішалки при тій же потужності електродвигуна?

Як зміниться витрата енергії, якщо замість води перемішувати гліцерин. Температура рідин t , °С.

№ задачі	n_1	n_2	t , °С
91	3	4	10
92	2,9	3,7	15
93	3,1	4,5	20
94	3,5	4,2	17
95	3,4	4	18

Задачі 96-100

Знайти співвідношення діаметрів частинок речовин A і B , які осаджуються з однаковою швидкістю: а) в повітрі; б) у воді, вважаючи, що осадження відбувається при температурі t_1 , °С при $Re < 0,2$. Як зміниться це співвідношення якщо температура стане рівною t_2 , °С?

№ задачі	матеріал		t_1 , °С	t_2 , °С
	A	B		
96	граніт	кокс	20	50
97	кварц	вапняк	50	20
98	мармур	крейда	15	40
99	цемент	сода кристалічна	30	60
100	фаоліт	пісок	70	30

2.2. Теплові процеси

Задачі 101-105

Необхідно випарити G , кг/год рідини, яка кипить при температурі t , °С і надходить у випарник при цій температурі. Питома теплота випаровування рідини r , кДж/кг. Температура гріючої пари повинна бути не нижче t_m , °С. Визначити витрату пари для наступних випадків:

- а) сухої насиченої при $P_{над} = 4 \text{ кг/см}^2$;
- б) перегрітої до 250°С при $P_{над} = 4 \text{ кг/см}^2$;
- в) перегрітої до 250°С при $P_{над} = 3 \text{ кг/см}^2$;

Питома теплоємність пари $c = 2140 \text{ Дж/(кгК)}$.

Параметри	№ задачі				
	101	102	103	104	105
G , кг/год	1600	1800	2000	1700	1900
t_1 , °С	137	115	120	130	120
r , кДж/кг	377	370	360	380	390
t_m , °С	150	155	158	160	160

Задачі 106-110

По сталевому трубопроводу діаметром $d \times \delta$, мм і довжиною L , м подається водяна пара під абсолютним тиском P , МПа. Зовні він покритий тепловою ізоляцією з матеріалу A товщиною δ_{iz} , мм. Температура зовнішньої поверхні ізоляції становить t_{iz} , °С, а внутрішня температура стінки труби дорівнює температурі конденсації пари. Знайти кількість тепла, яке передається від пари в навколишнє середовище через стінку труби і теплоізоляцію за одиницю часу. Чи можна знехтувати термічним опором самої труби?

Параметри	№ задачі				
	106	107	108	109	110
$d \times \delta$, мм	76×3	89×4	108×4	125×5	133×6
L , м	30	25	20	25	10
P , МПа	0,12	0,15	0,2	0,25	0,3
Матеріал A	азбест	фаоліт	шлаковата	скловата	совеліт
δ_{iz} , мм	20	25	30	35	40
t_{iz} , °С	25	30	35	40	45

Задачі 111-115

По горизонтальному паропроводу діаметром $d \times \delta$, мм і довжиною L , м проходить насичена водяна пара під абсолютним тиском P , кг/см². Визначити кількість конденсату, який утворюється за добу в неізольованому трубопроводі. Температура повітря в цеху t , °С.

Параметри	№ задачі				
	111	112	113	114	115
$d \times \delta$, мм	76×4	89×5	108×4	48×4	219×6
L , м	50	45	57	60	52
P , кг/см ²	3	4	6	5	2
t , °С	15	17	19	21	18

Задачі 116-120

В приміщенні встановлено сталевий циліндричний апарат висотою H , м і діаметром D , м, температура стінки якого становить t_l , °С. Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією складає α_k , а випромінюванням α_g . Знайти товщину теплової ізоляції із матеріалу A , якщо температура повітря в приміщенні $t_n=20$ °С, температура зовнішньої поверхні ізоляції не повинна перевищувати $t_{iz}=50$ °С.

Параметри	№ задачі				
	116	117	118	119	120
H , м	2	2,2	2,4	1,6	1,4
D , м	2,1	2,0	1,8	4,5	4
t_l , °С	150	140	130	120	110
α_k , Вт/(м ² ·К)	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0
α_g , Вт/(м ² ·К)	4,0	4,4	4,6	4,8	5,0
Матеріал A	азбест	совеліт	скловата	повстина	пінопласт

Задачі 121-125

Гліцерин, витратою G , т/год, необхідно охолоджувати від t_{1n} до $t_{1к}$ у теплообміннику з поверхнею F , м². Вода для охолодження подається з температурою t_{2n} . Коефіцієнт теплопередачі K , Вт/(м²·К); Δt_{cp} вважати, як середнє арифметичне. Скільки кубічних метрів води за годину необхідно подати в апарат при прямо- і протитечії?

Параметри	№ задачі				
	121	122	123	124	125
G , т/год	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
t_{1n} , °С	150	140	130	120	110
$t_{1к}$, °С	95	90	85	80	75
F , м ²	10	9	8	7	6
t_{2n} , °С	22	20	18	16	14
K , Вт/(м ² ·К)	300	280	260	240	220

Задачі 126-130

По горизонтальній трубі діаметром d , мм протікає бензол. Його температура на вході в трубу t_1 , витрата G , кг/год. Яку довжину повинна мати труба, щоб при температурі стінки t_{cm} температура бензолу на виході з труби дорівнювала t_2 ?

Параметри	№ задачі				
	126	127	128	129	130
d , мм	12	15	20	25	32
t_1 , °С	10	20	25	30	35
G , кг/год	500	700	1000	1200	1500
t_{cm} , °С	50	55	60	65	70
t_2 , °С	15	26	32	38	42

Задачі 131-135

По внутрішній поверхні труб вертикального теплообмінника стікає плівкою бутиловий спирт при температурі t_p , °С. Висота труб H , м, діаметр $d_в$, мм, товщина плівки b , мм. Температура стінки труби t_{cm} , °С, число Рейнольдса для плівки Re . Знайти коефіцієнт тепловіддачі від рідини до стінки труби.

Параметри	№ задачі				
	131	132	133	134	135
t_p , °С	115	110	105	100	95
H , м	4	4,5	5,0	5,5	6,0
$d_в$, мм	15	20	25	32	45
b , мм	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4
t_{cm} , °С	105	100	95	90	85
Re	1800	1900	2100	2800	3500

Задачі 136-140

Дві квадратні поверхні зі стороною a м розміщені паралельно і обмінюються теплом. Поверхні зроблені з матеріалів А та В і температура їх складає t_1 та t_2 °С, відповідно. Знайти кількість тепла, яке передається шляхом випромінювання від більш нагрітої поверхні до менш нагрітої за 0,5 годин.

Параметри	№ задачі				
	136	137	138	139	140
a , м	2	2,5	3	3,5	4
t_1 , °С	800	750	700	650	600
t_2 , °С	90	70	60	50	40
матеріал А	залізо	скло	мідь	цегла	чавун
матеріал В	алюміній	штукатурка	азбест	гіпс	мідь

Задачі 141-145

По сталій трубі довжиною L , м і діаметром d x δ мм подається 50% розчин їдкою натру в кількості V , м³/год при температурі t_1 °С. Зовні трубопровід покритий тепловою ізоляцією із совеліту товщиною δ_{iz} , мм. Коефіцієнт тепловіддачі від розчину до стінки труби $\alpha_1, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$. Знайти питомий тепловий потік, температури внутрішньої і зовнішньої стінок труби та температуру поверхні ізоляції. Питома теплоємність розчину їдкою натру $C=3,8$ кДж/(кг·К).

Параметри	№ задачі				
	141	142	143	144	145
L , м	100	110	120	130	140
d x δ , мм	45x2,5	57x3,5	79x4,5	89x4,5	108x4
V , м ³ /ГОД	6	8	10	15	20
t_1 , °С	120	110	100	90	80
δ_{iz} , мм	40	35	30	25	20
$\alpha_1, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	60	57	52	47	43

Задачі 146-150

По горизонтальному каналу квадратного перерізу, сторона якого a , мм, а довжина L , м, протікає вода зі швидкістю ω , м/с. Знайти коефіцієнт тепловіддачі від стінки каналу до води і витрату тепла (Вт), якщо середня температура води t_1 °С, а температура внутрішньої поверхні каналу t_{cm} °С.

Параметри	№ задачі				
	146	147	148	149	150
a , мм	40	45	50	55	60
L , м	160	150	200	250	300
ω , м/с	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0
t_1 , °С	40	42	45	48	50
t_{cm} , °С	90	80	85	95	100

Задачі 151-155

По трубах вертикального теплообмінника зверху вниз подається толуол. Діаметр труб $d \times \delta$, мм, їх довжина L , м. Температура і швидкість руху толуолу на вході в труби дорівнюють відповідно $t_1, ^\circ\text{C}$ і ω_1 , м/с. Знайти коефіцієнт тепловіддачі від толуолу до стінки труби і витрату тепла (Вт), яке передається через поверхню однієї труби, якщо температура стінки підтримується рівною $t_{cm}, ^\circ\text{C}$.

Параметри	№ задачі				
	151	152	153	154	155
$d \times \delta$, мм	15x1	20x2	25x2	30x3	35x3
L , м	6	5,5	5,0	4,5	4,0
ω_1 , м/с	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30
$t_1, ^\circ\text{C}$	60	65	70	75	80

Задачі 156-160

Знайти поверхню нагрівання і число секцій теплообмінника типу «труба в трубі». Вода для нагрівання рухається по внутрішній сталевій трубі діаметром $d \times \delta$, мм і має температуру на вході $t_{1n}, ^\circ\text{C}$ і витрату G_1 , кг/год. Потік води, яка нагрівається, рухається в протилежному напрямку по кільцевому каналу між трубами і нагрівається від температури t_{2n} до $t_{2к}, ^\circ\text{C}$ при витраті G_2 , кг/год. Внутрішній діаметр зовнішньої труби D , мм, довжина однієї секції L , м. Втратами тепла через зовнішню поверхню теплообмінника знехтувати.

Параметри	№ задачі				
	156	157	158	159	160
$d \times \delta$, мм	32x2,5	30x2	25x2	45x2,5	57x3,5
$t_1, ^\circ\text{C}$	98	95	92	90	87
G_1 , кг/год	1900	2000	2050	2500	3000
$t_{2к}, ^\circ\text{C}$	40	45	50	55	60
G_2 , кг/год	3200	3100	3000	2900	2800
D , мм	48	45	40	60	75
L , м	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
$t_{2n}, ^\circ\text{C}$	20	22	25	24	26

Задачі 161-165

Розрахувати коефіцієнт тепловіддачі при конденсації насиченої водяної пари з тиском P , МПа на зовнішній поверхні однієї горизонтальної труби діаметром d , мм. Питоме теплове навантаження складає q , Вт/м². Скільки тепла віддає пара поверхні труби, якщо її довжина складає L , м.

Параметри	№ задачі				
	161	162	163	164	165
P , МПа	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
d , мм	100	89	76	57	45
q , Вт/м ²	4100	4300	4500	4800	5000
L , м	9	8	7	6	5

Задачі 166-170

Пароводяний кожухотрубний теплообмінник складається з n вертикальних труб діаметром d , мм, які зсередини охолоджуються водою так, що температура їх зовнішньої поверхні становить $t_{cm}, ^\circ\text{C}$. На поверхні труб конденсується водяна пара при тискові P , МПа. Висота труб H , м. Знайти коефіцієнт тепловіддачі при конденсації пари та питоме теплове навантаження апарата.

Параметри	№ задачі				
	166	167	168	169	170
n , шт	91	127	169	217	244
d , мм	20	25	32	38	45
$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	100	165	160	155	150
P , МПа	0,2	0,9	0,8	0,7	0,6
H , м	6	5,5	5,0	4,5	4,0

Задачі 171-175

У котлі нагрівається рідина A в умовах вільної конвекції гарячою водою, яка подається через n вертикальних труб діаметром $d \times \delta$, мм, довжиною 4 м і температурою зовнішньої стінки $t_{cm}, ^\circ\text{C}$. Коефіцієнт тепловіддачі для води складає $\alpha_1, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Яку кількість тепла необхідно внести в апарат з водою, щоб температура рідини становила $t_p, ^\circ\text{C}$.

Параметри	№ задачі				
	171	172	173	174	175
рідина A	ацетон	бензол	гексан	нітробензол	толуол
n , шт	7	13	19	37	61
$d \times \delta$, мм	38x3	32x2,5	25x2,5	20x2	15x2
$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	45	50	55	60	65
$\alpha_1, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	600	650	700	750	800
$t_p, ^\circ\text{C}$	40	45	50	55	60

Задачі 176-180

Знайти поверхню підігрівача розчину, який нагрівається від t_{2n} до $t_{2к}, ^\circ\text{C}$ за рахунок тепла, що віддається, тим же розчином при початковій температурі $t_{1n}, ^\circ\text{C}$. Витрата розчину $G_1=G_2$, т/год; коефіцієнт теплопередачі K Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$).

Поверхню теплообміну розрахувати як для прямотечії так і для протитечії. Навести температурну схему теплового процесу.

Параметри	№ задачі				
	176	177	178	179	180
розчин	анілін	нітробензол	толуол	гліцерин	октан
$t_{2n}, ^\circ\text{C}$	5	10	15	20	25
$t_{2к}, ^\circ\text{C}$	40	45	50	55	60
$t_{1n}, ^\circ\text{C}$	80	85	90	95	100
$G_1=G_2$, т/ГОД	3,5	4	4,5	5,0	5,5
K , Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)	400	470	500	520	550

Задачі 181-185

Знайти коефіцієнт тепловіддачі в пропелерній мішалці для приготування 20% розчину хлористого натрію при температурі $t_p, ^\circ\text{C}$. Діаметр корпусу мішалки D , мм, діаметр мішалки d , мм, число обертів n , об/хв. Температура стінки корпусу становить $t_{cm}, ^\circ\text{C}$. Тип апарату з мішалкою вказаний в таблиці.

Параметри	№ задачі				
	181	182	183	184	185
$t_p, ^\circ\text{C}$	105	100	95	90	85
D , мм	1500	1400	1300	1200	1100
d , мм	600	500	450	400	350
n , об/хв	100	120	140	160	180
$t_{cm}, ^\circ\text{C}$	95	90	85	80	75
тип апарату	із змійовиком	із оболонкою	із змійовиком	із оболонкою	із змійовиком

Задачі 186-190

В багатоходовому кожухотрубчатому теплообміннику, що має чотири ходи у трубному просторі і один хід у міжтрубному, рідина охолоджується водою від t_{1n} до $t_{1k}, ^\circ\text{C}$ Вода, що проходить по трубах, нагрівається від t_{2n} до $t_{2k}, ^\circ\text{C}$. Визначити середній температурний напір в апараті.

Параметри	№ задачі				
	186	187	188	189	190
$t_{1n}, ^\circ\text{C}$	120	115	107	112	117
$t_{1k}, ^\circ\text{C}$	40	42	38	35	43
$t_{2n}, ^\circ\text{C}$	10	12	13	14	15
$t_{2k}, ^\circ\text{C}$	31	33	34	35	36

Задачі 191-195

Визначити коефіцієнт тепловіддачі від вертикальної стінки посудини до рідини А при вільній конвекції, якщо її температура становить $t_p, ^\circ\text{C}$. Висота стінки H , м, а її температура $t_c, ^\circ\text{C}$.

Параметри	№ задачі				
	191	192	193	194	195
рідина А	ацетон	бензол	вода	толуол	етиловий спирт
H , м	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
$t_c, ^\circ\text{C}$	60	50	70	75	60
$t_p, ^\circ\text{C}$	21	23	40	45	36

Задачі 196-200

По змійовику проходить G , т/год толуолу, який охолоджується від t_{1n} до $t_{1к}$, °С. Охолодження (протитоком) проводиться водою, котра нагрівається від t_{2n} до $t_{2к}$, °С. Труба змійовика стальна, діаметром $d \times \delta$, мм, діаметр витка D , мм. Коефіцієнт тепловіддачі для води $\alpha \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$. Визначити необхідну довжину змійовика та витрату води. Врахувати термічний опір забруднень.

Параметри	№ задачі				
	196	197	198	199	200
G , т/год	1,5	1,1	1,2	1,4	1,6
t_{1n} , °С	100	95	90	85	80
$t_{1к}$, °С	40	25	27	30	35
t_{2n} , °С	15	12	17	20	18
$t_{2к}$, °С	45	40	41	37	38
$d \times \delta$, мм	57x3,5	45x2,5	50x2,5	54x3	60x4
α , $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	530	560	580	600	640
D , мм	400	350	360	450	520

2.3. Штучне охолодження

У цьому розділі наведені задачі по помірному та глибокому охолодженню. При розв'язанні даних задач необхідно дотримуватись наступних вимог.

Для випадку помірного охолодження необхідно:

- зобразити схему установки;
- нанести цикл роботи установки на діаграму $T-S$ або $lgP-i$ (схематично);
- визначити температурний режим установки та тиск в апаратах;
- визначити питому холодопродуктивність установки q_0 та витрату холодоагента;
- визначити теплове навантаження холодильника-конденсатора та витрату води в ньому;
- визначити теоретичну потужність компресора;
- визначити коефіцієнт холодопродуктивності та термодинамічний ККД.

В задачі по глибокому охолодженню необхідно:

- зобразити схему установки;
- нанести цикл роботи установки на діаграму $T-S$;
- визначити частку скрапленого повітря;
- визначити продуктивність компресора і детандера (у відповідних циклах);
- визначити потужність, споживану компресором та потужність, яка виробляється в детандері;
- визначити питому витрату енергії на скраплення 1 кг повітря;
- визначити ККД циклу.

Задачі 201-205

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює за сухим способом з переохолодженням. Переохолодження холодоагента в конденсаторі на 5 градусів. Холодоагент – аміак. Загальна холодопродуктивність установки Q_0 , кВт. Температура охолоджуючої води t_6 , °С, температура середовища, що охолоджується – t_c , °С. В конденсаторі вода нагрівається на 7 градусів.

№ задачі	Q_0 , кВт	t_6 , °С	t_c , °С
201	6	30	-10
202	8	25	-15
203	10	20	-20
204	12	15	-25
205	14	10	-22

Задачі 206-210

Розрахувати цикл високого тиску (Лінде) з попереднім хладоновим охолодженням, який здійснюється за таких умов: початкові параметри повітря – $P_1=0,1$ МПа, $T_1=293$ К; параметри стисненого повітря – $P_2=20$ МПа, $T_2=293$ К; різниця температур недорекуперації – Δt , К, теплоприплив через ізоляцію – $q_{із}=11 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$; продуктивність по рідкому повітря – G , кг/год; холодильний коефіцієнт холодної установки – $\varepsilon=2,7$, в її випарнику повітря охолоджується від T_n , К до T_k , К; ізотермічний коефіцієнт корисної дії компресора – 0,59, електромеханічний ККД – 0,9.

№ задачі	Δt , К	G , кг/год	T_n , К	T_k , К
206	5	300	255	220
207	4	400	250	225
208	3,5	250	253	221
209	3	350	247	228
210	4,5	310	258	226

Задачі 211-215

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по сухому способу. Холодоагент – аміак. Температура охолоджуючої води t_6 , °С, температура середовища, що охолоджується t_c , °С. Загальна холодопродуктивність Q_0 , Вт. В конденсаторі вода нагрівається на Δt градусів.

№ задачі	Q_0 , Вт	t_6 , °С	t_c , °С	Δt , град
211	50000	25	-10	5
212	90000	20	-15	5
213	130000	30	-25	7
214	170000	15	-12	6
215	210000	10	-17	6

Задачі 216-220

Розрахувати цикл високого тиску з детандер-машиною (цикл Гейландта), призначений для скраплення повітря, продуктивністю 300 кг/год. Стан повітря на вході в компресор: тиск 1атм, температура $t, ^\circ\text{C}$. Кінцевий тиск $P_k=20\text{МПа}$. Частина дросельованого повітря M . Різниця температур недорекуперації $\Delta t, \text{K}$, теплоприплив через ізоляцію $q_{iz} \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ стисненого повітря. Ізотермічний ККД компресора $\eta_{iz}=0,59$, адіабатичний ККД детандера $\eta_d=0,72$, електромеханічний ККД машин $\eta_m=0,9$.

№ задачі	$t, ^\circ\text{C}$	M_g	$\Delta t, \text{K}$	$q_{iz}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
216	15	0,4	3	7
217	20	0,45	3,5	7,3
218	17	0,5	3,8	7,7
219	25	0,47	4	8
220	18	0,48	3,2	7,9

Задачі 221-225

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по мокрому способу з переохолодженням на 6°C . Холодоагент – аміак. Загальна холодопродуктивність $Q_0, \text{Вт}$. Температура середовища, що охолоджується $t_c, ^\circ\text{C}$, температура охолоджуючої води $t_b, ^\circ\text{C}$. Вода нагрівається на 6 градусів.

№ задачі	$Q_0, \text{Вт}$	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_b, ^\circ\text{C}$
221	70000	-15	15
222	80000	-17	20
223	90000	-22	17
224	100000	-25	25
225	120000	-20	23

Задачі 226-230

Розрахувати цикл середнього тиску з детандером (цикл Клода) призначений для скраплення повітря. Початковий тиск $P_n=0,1\text{МПа}$, кінцевий $P_k, \text{атм}$, температура повітря на вході в компресор $t, ^\circ\text{C}$, частка повітря, яке направляєється в детандер $I-M$. Продуктивність по рідкому повітряю $G, \text{кг/с}$. Механічний ККД детандера 0,8, тепловий – 0,67.

№ задачі	$P_k, \text{атм}$	$t, ^\circ\text{C}$	M	$G, \text{кг/с}$
226	47	10	0,23	0,12
227	52	15	0,24	0,15
228	58	17	0,24	0,13
229	60	22	0,25	0,14
230	55	25	0,25	0,11

Задачі 231-235

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по мокрому способу. Холодоагент – аміак. Загальна холодопродуктивність Q_0 , кВт. Температура охолоджуючої води t_6 , °С, температура середовища, що охолоджується t_c , °С. Вода в конденсаторі нагрівається на Δt градусів.

№ задачі	t_6 , °С	t_c , °С	Q_0 , кВт	Δt , град
231	10	-18	90	6
232	12	-16	100	5
233	15	-20	75	7
234	17	-17	80	5
235	20	-15	70	6

Задачі 236-240

Розрахувати цикл низького тиску з турбодетандером (цикл Капіці) для скраплення повітря з початковими параметрами: тиск 1 атм, температура 20 °С; кінцевий тиск P , МПа; частка повітря, яке надходить на дроселювання M , а його температура на виході із детандера 85 К; ізотермічний ККД компресора $\eta_k=0,6$, адіабатичний ККД турбодетандера η_d , електромеханічний ККД приводу дорівнює 0,9. Різниця температур недорекуперації 3 К, теплоприплив через ізоляцію $q_{из}$, $\frac{кДж}{кг}$ повітря. Продуктивність по скрапленому повітрю G , кг/с.

№ задачі	G , кг/с	P , МПа	M	η_d	$q_{из}$, $\frac{кДж}{кг}$
236	0,18	0,60	0,1	0,75	8
237	0,15	0,70	0,19	0,77	7
238	0,06	0,65	0,17	0,81	10
239	0,09	0,63	0,13	0,79	9
240	0,12	0,67	0,15	0,76	11

Задачі 241-245

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по сухому способу з переохолодженням на 6 градусів. Середовище охолоджується до температури t_c , °С. Кінцевий тиск в компресорі P , МПа. Вода в конденсаторі нагрівається на Δt градусів. Холодоагент – хладон-12. Загальна холодопродуктивність Q_0 , Вт.

№ задачі	t_c , °С	P , МПа	Δt , град	Q_0 , Вт
241	-40	0,8	5	110000
242	-35	0,85	6	130000
243	-30	0,9	7	150000
244	-25	0,95	8	170000
245	-20	1,0	9	140000

Задачі 246-250

Розрахувати цикл високого тиску з детандером (цикл Гейландта) призначений для скраплення повітря продуктивністю G , кг/с. Початковий тиск $P_n=0,1$ МПа, кінцевий тиск P_k , МПа. Температура повітря на вході в компресор 20 °С. Адіабатичний ККД детандера η_d , механічний ККД машин η_m .

№ задачі	G , кг/с	P_k , МПа	η_d	η_m
246	0,015	20	0,75	0,9
247	0,025	19	0,73	0,88
248	0,03	19,5	0,71	0,86
249	0,035	18,5	0,70	0,84
250	0,04	20	0,74	0,82

Задачі 251-255

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по мокрому способу з переохолодженням на 5 градусів. Холодоагент – хладон-12, який стискається в компресорі до кінцевого тиску P , МПа. Загальна холодопродуктивність Q_0 , кВт. Вода в конденсаторі нагрівається на 7 градусів. Температура середовища, що охолоджується, t_c , °С.

№ задачі	P , МПа	Q_0 , кВт	t_c , °С
251	0,9	200	-25
252	0,8	170	-20
253	0,7	250	-40
254	0,6	300	-30
255	0,5	350	-35

Задачі 256-260

Розрахувати цикл Лінде з циркуляцією повітря високого тиску, призначений для скраплення повітря. Початковий тиск $P_n=0,1$ МПа, проміжний тиск P_{np} , МПа, кінцевий тиск $P_k=20$ МПа. Температура повітря перед компресором T , К. Частина повітря при другому дроселюванні M . Продуктивність по рідкому повітряю G , кг/год.

№ задачі	P_{np} , МПа	T , К	M	G , кг/год
256	3,5	283	0,38	200
257	4,2	287	0,41	250
258	5,4	295	0,27	350
259	5,1	290	0,36	400
260	4,9	300	0,32	430

Задачі 261-265

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по сухому способу. Загальна холодопродуктивність Q_0 , кВт. Температура середовища, що охолоджується t_c , °С. Температура води, яка подається в конденсатор t_6 , °С, нагрівається на 4 градуси. Холодоагент – двоокис вуглецю.

№ задачі	$Q_0, \text{кВт}$	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_b, ^\circ\text{C}$
261	50	-30	5
262	60	-30	6
263	70	-35	7
264	80	-40	8
265	90	-45	9

Задачі 266-270

Розрахувати цикл середнього тиску з детандер-машиною (цикл Клода) для одержання G , кг/с скрапленого повітря. Вихідне повітря має температуру 20°C при тискові 1 атм. Кінцевий тиск P , МПа. Частка повітря, що відводиться в детандер $(1-M)$ при температурі T_δ , К. Різниця температур недорекуперації 5 градусів, теплоприплив через ізоляцію q_{iz} , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ стиснутого повітря. Адіабатичний ККД детандера $\eta_\delta=0,7$, електромеханічний ККД машин – 0,9.

№ задачі	G , кг/с	P , МПа	$1-M$	T_δ , К	$q_{iz}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
266	0,12	4,0	0,8	200	4
267	0,08	5,0	0,78	192	5
268	0,09	6,0	0,76	190	6
269	0,11	4,5	0,77	194	5,5
270	0,10	5,5	0,75	197	4,5

Задачі 271-275

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по мокрому способу. Холодоагент – двоокис вуглецю. Температура охолоджуючої води $t_b, ^\circ\text{C}$, температура середовища, що охолоджується $t_c, ^\circ\text{C}$. Загальна холодопродуктивність установки Q_0 , Вт. Вода в конденсаторі нагрівається на 7 градусів.

№ задачі	$t_b, ^\circ\text{C}$	$t_c, ^\circ\text{C}$	$Q_0, \text{Вт}$
271	5	-25	140000
272	6	-30	120000
273	5	-35	100000
274	6	-40	90000
275	4	-45	80000

Задачі 276-280

Розрахувати цикл середнього тиску з детандером (цикл Клода) для одержання 300 кг/год скрапленого повітря. Свіже повітря перед компресором має тиск 0,1 МПа і температуру 300 К. Кінцевий тиск P_2 , атм. Різниця температур недорекуперації $\Delta t=5\text{K}$, теплоприплив через ізоляцію q_{iz} , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ стисненого повітря. Температура повітря на вході в детандер T_δ , К. Частина повітря, що йде на дроселювання $M=0,25$. Електромеханічні ККД машин $\eta_\delta=0,6$, $\eta_\kappa=0,65$.

№ задачі	P_2 , атм	T_0 , К	$q_{из}, \frac{кДж}{кг}$
276	40	190	4
277	45	197	5
278	50	193	8
279	55	200	7
280	60	195	6

Задачі 281-285

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по мокрому способу. Холодоагент – хладон-12. Загальна холодопродуктивність установки Q_0 , Вт. Температура охолоджуючої води t_6 , °С, яка нагрівається в конденсаторі на 7 градусів. Температура середовища, що охолоджується t_c , °С.

№ задачі	Q_0 , Вт	t_6 , °С	t_c , °С
281	150000	10	-25
282	160000	12	-40
283	190000	15	-35
284	180000	13	-30
285	170000	14	-45

Задачі 286-290

Розрахувати цикл низького тиску з турбодетандером (цикл Капіци) для одержання 300 кг/год скрапленого повітря з початковими параметрами: тиск 0,1 МПа, температура 25°С, кінцевий тиск 6 атм. Частина повітря, яке надходить в детандер (1–М), а його температура на виході з детандера T_0 , К. Різниця температур недорекуперації Δt_n , К, теплоприплив через ізоляцію $q_{из}, \frac{кДж}{кг}$ стисненого повітря. Адіабатичний ККД компресора 0,62, електромеханічний – 0,9.

№ задачі	$1-M$	T_0 , К	Δt_n , К	$q_{из}, \frac{кДж}{кг}$
286	0,83	88	2,5	12,0
287	0,87	95	4,1	11,5
288	0,91	90	3,8	11,7
289	0,85	80	3,2	12,1
290	0,84	85	2,7	11,9

Задачі 291-295

Розрахувати компресійно-холодильну установку, яка працює по сухому способу. Холодоагент – хладон-12. Температура середовища, що охолоджується t_c , °С. Вода в конденсаторі нагрівається від t_1 , °С до t_2 , °С. Загальна холодопродуктивність Q_0 , кВт.

№ задачі	Q_0 , кВт	t_c , °C	t_1 , °C	t_2 , °C
291	120	-20	10	17
292	140	-23	12	20
293	150	-25	15	22
294	170	-27	17	25
295	190	-30	20	25

Задачі 296-300

Розрахувати простий регенеративний цикл високого тиску (Лінде) з попереднім аміачним охолодженням для скраплення повітря, яке має початкову температуру t , °C. Різниця температур недорекуперації Δt , К, теплоприплив через ізоляцію $q_{із}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ стисненого повітря. Холодильний коефіцієнт аміачної установки $\varepsilon=2,5$, в її випарнику повітря охолоджується від T_n до T_k , К. Продуктивність по рідкому повітря G , кг/год. Ізотермічний та електромеханічний ККД компресора $\eta_{із}$ і $\eta_{ем}$.

№ задачі	t , °C	Δt , К	T_n , К	T_k , К	G , кг/год	$\eta_{із}$	$\eta_{ем}$	$q_{із}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
296	15	3	250	240	200	0,62	0,89	10
297	17	5	255	240	300	0,71	0,91	12
298	20	4	253	237	350	0,68	0,90	14
299	23	5	260	245	400	0,65	0,88	11
300	25	3	257	237	250	0,63	0,92	13

3. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Класифікація неоднорідних систем.
2. Методи розділення неоднорідних систем.
3. Матеріальний баланс процесу розділення неоднорідних систем.
4. Відстоювання. Використання. Швидкість вільного та стисненого осадження.
5. Продуктивність та поверхня осадження відстійників. Методи інтенсифікації процесу.
6. Навести схеми апаратів для відстоювання емульсій, суспензій та пилу.
7. Фільтрування. Використання. Стадії процесу.
8. Швидкість фільтрування. Від чого залежить? Опір осаду та фільтрувальної перегородки.
9. Фільтрувальні перегородки. Класифікація, вимоги до них.
10. Рівняння фільтрування при постійній різниці тисків. Аналіз.
11. Рівняння фільтрування при постійній швидкості фільтрування. Аналіз.
12. Центрифугування. Використання. Класифікація центрифуг по різним ознакам.

13. Процеси розділення у відстійних і фільтруючих центрифугах.
14. Фактор розділення та індекс продуктивності центрифуг.
15. Циклонування. Використання. Способи утворення відцентрової сили.
16. Мокра очистка газів. Використання. Основні типи апаратів.
17. Електрична очистка газів. Використання. Ступінь очистки. Схеми трубчатого та пластинчатого електрофільтрів.
18. Перемішування рідин в хімічній технології. Способи перемішування.
19. Якість та інтенсивність перемішування. Чим визначається?
20. Механічне перемішування рідин. Використання. Витрата енергії.
21. Пневматичне та циркуляційне перемішування рідин. Використання. Витрата енергії.
22. Способи подрібнення матеріалів. Ступінь подрібнення.
23. Гіпотези подрібнення. Робота подрібнення. Витрата енергії.
24. Класифікація подрібнювачів в залежності від способу та класу подрібнення.
25. Щокова дробарка. Конструкції. Принцип дії. Переваги та недоліки.
26. Конусні дробарки. Конструкції. Принцип дії. Переваги та недоліки.
27. Валкові дробарки. Конструкції. Принцип дії. Переваги та недоліки.
28. Барабанні млини. Конструкції. Принцип дії. Переваги та недоліки.
29. Ударно-відцентрові дробарки. Конструкції. Принцип дії. Переваги та недоліки.
30. Кольцові млини. Конструкції. Принцип дії. Переваги та недоліки.
31. Схеми циклів подрібнення.
32. Пластинчаті та стрічкові транспортери. Конструкції. Принцип дії. Переваги та недоліки.
33. Скребкові транспортери. Будова.
34. Пневматичний жолоб. Устрій. Використання.
35. Змішування твердих матеріалів. Якість змішування.
36. Навести класифікацію змішувачів твердих матеріалів.
37. Класифікація матеріалів за допомогою грохотів. Схеми розділення.
38. Повітряна класифікація матеріалів. Сутність. Використання.
39. Теплопередача. Способи передачі тепла. Рівняння теплового балансу.
40. Теплопровідність. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності.
41. Диференційне рівняння теплопровідності. Аналіз.
42. Рівняння теплопровідності плоскої одно- і багат шарової стінки.
43. Рівняння теплопровідності циліндричної одно- і багат шарової стінки.
44. Теплове випромінювання. Закони Стефана-Больцмана та Кірхгофа.
45. Взаємне випромінювання двох твердих тіл. Визначення кількості тепла, яке передається.
46. Випромінювання газових тіл. Визначення кількості тепла, яке передається.
47. Конвективна передача тепла. Види. Закон охолодження Ньютона. Коефіцієнт тепловіддачі.
48. Диференційне рівняння конвективного теплообміну Фур'є-Кірхгофа та його аналіз.

49. Фізичний зміст критеріїв теплової подібності: Нусельта, Фур'є, Пекле, Прандтля, Грасгофа.
50. Критеріальні рівняння при вимушеній конвекції без зміни агрегатного стану теплоносіїв та їх аналіз.
51. Критеріальні рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі у випадку конденсації.
52. Критеріальні рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі у випадку кипіння.
53. Теплопередача при постійних температурах для плоскої одно- і багат шарової стінки.
54. Теплопередача при постійних температурах для циліндричної одно- і багат шарової стінки.
55. Види напрямку взаємного руху теплоносіїв. Порівняльний аналіз.
56. Визначення середнього температурного напору у випадку прямого руху теплоносіїв.
57. Визначення середнього температурного напору у випадку протитоку теплоносіїв.
58. Теплопередача при нестационарному режимі теплообміну.
59. Нагрівання водяною парою. Способи. Визначення витрати пари.
60. Нагрівання димовими газами. Визначення витрати палива.
61. Нагрівання проміжними теплоносіями. Схеми нагрівання. Промислові теплоносії.
62. Нагрівання електричним струмом. Способи. Аналіз.
63. Охолодження природними теплоносіями.
64. Поверхнева конденсація. Стадії. Визначення витрати холодного теплоносія і температур по зонам.
65. Конденсація змішуванням. Визначення витрати холодного теплоносія.
66. Кожухотрубчасті теплообмінники, одно- і багатходові. Будова, принцип роботи.
67. Закріплення труб в трубних решітках.
68. Теплові компенсатори в трубчастих теплообмінниках.
69. Пластинчаті теплообмінники. Будова, принцип роботи.
70. Теплообмінні пристрої реакційних апаратів.
71. Термодинамічні основи одержання штучного холоду (помірне охолодження).
72. Холодоагенти. Вимоги до них.
73. Цикл ідеальної холодильної машини. Коефіцієнт холодопродуктивності.
74. Компресійно-холодильна установка. Схема, принцип роботи. Зображення циклу на діаграмі $T-S$. Визначення параметрів вузлових точок (мокрый спосіб).
75. КХМ. Схема, принцип роботи. Зображення циклу на діаграмі $T-S$. Визначення параметрів вузлових точок (сухий спосіб).
76. КХМ з переохолодженням. Зображення циклу на діаграмі $T-S$. Визначення параметрів вузлових точок (мокрый спосіб).

77. Відмінність роботи реальної холодильної установки від ідеальної. Тепловий ККД.
78. Абсорбційно-холодильна установка. Схема, принцип роботи.
79. Абсорбційно-холодильна установка. Матеріальний баланс.
80. Абсорбційно-холодильна установка. Тепловий баланс.
81. Методи одержання глибокого холоду. Дросельний ефект і його визначення за допомогою діаграми $T-S$.
82. Детандерування. Зображення процесу на діаграмі $T-S$: теоретичного і дійсного.
83. Простий регенеративний цикл високого тиску (цикл Лінде). Схема установки, зображення циклу на діаграмі $T-S$. Визначення частки скрапленого повітря.
84. Цикл високого тиску з попереднім аміачним охолодженням. Схема установки, зображення циклу на діаграмі $T-S$. Визначення частки скрапленого повітря.
85. Цикл Капіці. Схема установки, зображення циклу на діаграмі $T-S$. Визначення частки скрапленого повітря.
86. Цикл середнього тиску з детандер-машиною (цикл Клода). Схема установки, зображення циклу на діаграмі $T-S$. Визначення частки скрапленого повітря.
87. Цикл високого тиску з детандер-машиною (цикл Гейландта). Схема установки, зображення циклу на діаграмі $T-S$. Визначення частки скрапленого повітря.
88. Визначення питомих енерговитрат на скраплення повітря в циклі Гейландта.
89. Визначення питомих енерговитрат на скраплення повітря в циклі Клода.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – 9-е изд., пер. и доп. – М.: Химия, 1973. – 754 с.
2. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. – 5-е изд. Стереотипное. – М.: Химия, 1968. – 874 с.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – 10-е изд., пер. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 575 с.
4. Коузов П.А., Мальгин А.Д., Скрыбин Г.М. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности. – Л.: Химия, 1982. – 256 с.
5. Справочник химика. 1-3. – 2-е изд. – М., Л.: Химия, 1964.
6. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Химия, 1977. – 368 с.

ЗМІСТ

1. Загальні вказівки до виконання контрольних робіт.....	3
2. Задачі з розділів.....	7
2.1. Гідромеханічні та механічні процеси.....	7
2.2. Теплові процеси.....	13
2.3. Штучне охолодження.....	20
3. Контрольні запитання.....	27
Список літератури	30

