

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 хімічної технології»
для студентів ІУ курсу
технологічних спеціальностей заочного факультету

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

Завдання до контрольної роботи № 1 з курсу “Процеси та апарати хімічної технології” для студентів ІУ курсу технологічних спеціальностей заочного факультету / Укл.: В.М. Задорожній, О.С. Смірнова, С.О. Опарін. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2010. – 40 с.

Укладачі: В.М. Задорожній, канд. техн. наук
О.С. Смірнова, канд. техн. наук
С.О. Опарін, канд. техн. наук

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

Навчальне видання
Завдання до контрольної роботи № 1 з курсу
«Процеси та апарати хімічної технології» для студентів ІV курсу технологічних спеціальностей заочного факультету

Укладачі: ЗАДОРЖНИЙ Володимир Михайлович
СМІРНОВА Олена Степанівна
ОПАРІН Сергій Олександрович

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

Підписано до друку 24.06.10 Формат 60×84 ¹/₁₆. Папір ксерокс. Друк різнограф.
Ум.-друк. арк. 1,76. Обл.-вид. арк. 1,86. Тираж 100 прим. Зам. № 168.
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 технологічних спеціальностей виконують за курсом “Основні процеси та апарати хімічної технології” протягом двох семестрів три контрольні роботи за відповідними методичними вказівками. В осінньому семестрі контрольні роботи № 1 та № 2, у весняному – № 3.

Запитання та задачі, які входять у контрольні роботи, обіймають всі основні розділи курсу процесів та апаратів, який викладається в ДВНЗ УДХТУ для студентів заочної форми навчання.

Виконання контрольної роботи зводиться до розв’язування задач і відповідей на контрольні запитання.

Вибір варіанта кожної контрольної роботи проводиться за таблицею 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 і приклеюються в зошит у місцях, які відповідають розрахунку.

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

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.

Розв’язання задачі слід супроводжувати короткими, але чіткими, поясненнями, необхідними схемами і рисунками. Всі наведені формули і числові значення параметрів і 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 буквенному виразі.

Всі параметри, які входять у формулу, повинні мати пояснення з указаними 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 вказати розмірність. Після підстановки числових значень проводять обчислення з точністю, яка є припустимою в інженерних задачах. 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 у терміни, вказані в особистих планах. Контрольні роботи, вислані 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			
	Гідравліка	Гідравлічні машини	Гідромеханічні процеси	Теплові процеси	Гідравліка	Гідравлічні машини	Гідромеханічні процеси	Теплові процеси
1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1	200	229	384	1	23	60	73
01	21	190	235	389	15	29	37	76
02	11	180	240	394	2	36	59	77
03	31	170	245	399	14	24	61	65
04	41	160	250	305	3	35	58	78
05	51	150	255	310	13	34	38	79
06	61	140	260	315	4	33	57	80
07	71	130	265	320	12	25	62	66
08	81	120	270	325	22	32	39	81
09	91	110	275	330	5	30	56	82
10	2	199	280	335	16	29	63	67
11	12	189	285	340	11	26	40	83
12	22	179	290	345	6	36	64	84
13	32	169	295	350	21	35	51	68
14	42	159	300	355	17	27	41	85
15	52	149	201	360	7	34	37	86

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	62	139	206	365	18	31	50	87
17	72	129	211	370	8	22	38	69
18	82	119	216	375	10	28	42	88
19	92	109	221	380	20	33	55	89
20	3	198	226	385	18	32	39	70
21	13	188	231	390	9	31	40	90
22	23	178	236	395	19	29	49	81
23	33	168	241	400	17	23	43	71
24	43	158	246	301	7	32	41	79
25	53	148	251	306	10	24	42	78
26	63	138	256	311	6	25	43	98
27	73	128	261	316	20	30	44	72
28	83	118	266	321	16	26	61	76
29	93	108	271	326	5	27	54	75
30	4	197	276	331	12	33	62	83
31	14	187	281	336	4	28	45	90
32	24	177	286	341	15	29	48	73
33	34	167	291	346	3	34	63	89
34	44	157	296	351	11	30	64	88
35	54	147	202	356	21	31	46	104
36	64	137	207	361	2	32	59	74
37	74	127	212	366	22	33	58	86
38	84	117	217	371	13	35	47	103
39	94	107	222	376	10	34	45	84
40	5	196	227	381	1	23	52	75
41	15	186	232	386	19	24	46	83
42	25	176	237	391	11	36	48	93
43	35	166	242	396	8	25	47	101
44	45	156	277	302	14	32	53	81
45	55	146	252	307	12	26	36	80
46	65	136	257	312	18	27	49	97
47	75	126	262	317	13	23	37	74
48	85	116	267	322	15	28	38	73
49	95	106	272	327	9	24	50	99
50	6	195	277	332	14	33	51	102
51	16	105	282	337	16	34	52	80
52	26	194	287	342	1	25	32	72
53	36	184	292	347	13	29	47	71
54	46	174	297	352	12	30	53	94
55	56	164	203	357	2	26	40	96
56	66	154	208	362	17	31	41	70

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
57	76	144	213	367	3	27	46	79
58	86	134	218	372	11	32	42	90
59	96	124	223	377	4	35	54	91
60	7	114	227	382	10	33	43	69
61	17	104	233	387	5	23	64	89
62	27	193	238	392	18	24	45	68
63	37	183	243	397	6	28	63	83
64	47	173	248	303	15	25	55	88
65	57	163	253	308	9	26	62	87
66	67	153	258	313	16	36	61	67
67	77	143	263	318	7	27	44	86
68	87	133	268	323	19	31	60	84
69	97	123	273	328	18	29	56	80
70	8	113	278	333	19	32	59	66
71	18	103	283	338	8	23	58	78
72	28	192	288	343	17	33	43	85
73	38	182	293	348	21	30	37	65
74	48	172	298	353	20	34	57	89
75	58	162	204	358	22	35	38	65
76	68	152	209	363	1	24	42	66
77	78	142	214	368	2	23	39	86
78	88	132	219	373	7	26	40	67
79	98	122	224	378	11	31	58	68
80	9	112	228	383	12	27	45	69
81	19	102	234	388	21	28	41	87
82	29	191	239	393	13	29	46	70
83	39	181	244	398	14	25	59	71
84	49	171	249	304	6	23	47	72
85	59	161	254	309	15	32	48	88
86	69	151	259	314	16	24	40	92
87	79	141	264	319	5	25	49	74
88	89	131	269	324	17	36	50	75
89	99	121	274	329	18	26	60	89
90	10	111	279	334	22	32	51	76
91	20	101	284	339	19	33	52	77
92	30	185	289	344	1	29	39	100
93	40	175	294	349	20	30	53	90
94	50	165	299	354	2	27	61	79
95	50	155	205	359	21	31	64	80
96	70	145	210	364	9	34	62	95

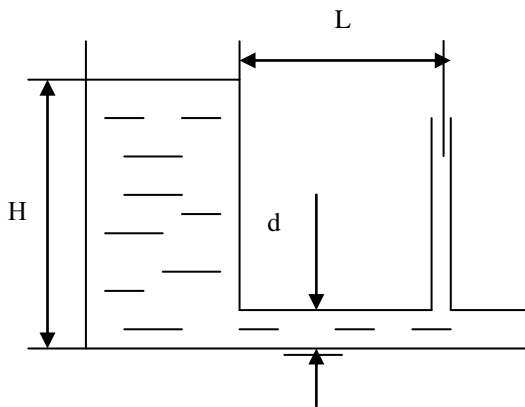
Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
97	80	135	215	369	3	35	38	82
98	90	125	220	374	8	36	63	83
99	100	115	225	379	4	28	37	88

2. ЗАДАЧІ З РОЗДІЛІВ

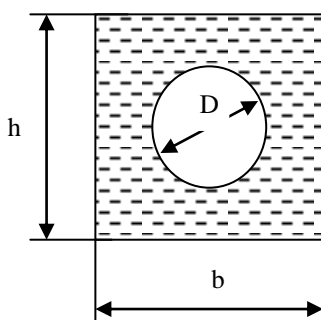
2.1. Гідравліка

ЗАДАЧА 1-10



З резервуару по горизонтальній трубі діаметром d , мм протікає рідина при температурі t , $^{\circ}\text{C}$ з витратою M , кг/год. На який рівень підніметься вона в п'єзометрі, встановленому на відстані L від резервуара, якщо він має постійний рівень H , м? Опором входу рідини в трубу знехтувати, трубу вважати гідравлічно гладкою.

№ задачі	Рідина	d , мм	t , $^{\circ}\text{C}$	M , кг/год	L , м	H , м
1	аміак	12	10	140	45	4
2	анілін	15	20	150	50	4,5
3	ацетон	18	25	180	55	5,0
4	бензол	20	30	200	60	5,5
5	вода	25	35	220	65	6
6	гексан	32	40	250	70	6,5
7	гліцерин	38	45	300	75	7,0
8	метиловий спирт	45	50	350	80	7,5
9	нітробензол	55	55	600	85	8
10	хлороформ	60	60	650	90	8,5



ЗАДАЧА 11-20

По димовому каналу прямокутного перерізу розміром $b \times h$, мм проходить повітря з домішкою газу (об. %) при температурі t , $^{\circ}\text{C}$, тискові P , МПа зі швидкістю ω , м/с. В середині каналу знаходиться труба діаметром D , мм. Знайти режим руху повітря.

№ задачі	Домішка газу, об. %	$b \times h$, мм	t , °C	P , МПа	ω , м/с	D , мм
11	30%CO ₂	60×80	160	0,12	50,0	45
12	25%CO	70×80	150	0,14	47,0	57
13	10%SO ₂	50×60	140	0,16	45,0	28
14	40% H ₂ O	70×70	120	0,18	40,0	55
15	15%Cl ₂	90×100	100	0,2	38,0	80
16	13%NH ₃	50×70	80	0,22	34,0	32
17	20%C ₆ H ₆	70×90	60	0,24	30,0	50
18	12%C ₂ H ₆	60×70	50	0,26	25,0	40
19	35%CH ₄	80×90	40	0,28	22,0	60
20	18%НС1	50×55	30	0,3	15,0	35

ЗАДАЧА 21-30

Визначити втрати напору на тертя в трубопроводі довжиною 1 км і діаметром 200 мм, при різній витраті рідини Q , м³/год. Температура рідини 10⁰С. Побудувати графік залежності втраченого напору від швидкості та зробити висновок. Труби вважати гідравлічно гладкими.

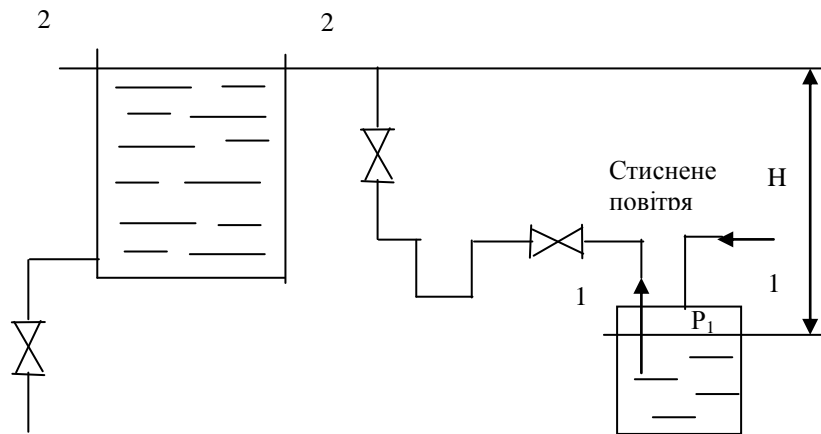
№ задачі	Рідина	Витрата, Q , м ³ /год				
		60	20	10	2	1
21	анілін	60	20	10	2	1
22	ацетон	58	22	12	2,2	1,1
23	бензол	55	18	8	1,8	0,9
24	вода	50	16	7	3	1,2
25	гексан	52	17	9	2,5	0,8
26	гліцерин 50%	54	20	11	2,6	1,3
27	діетиловий ефір	56	19	10,5	1,9	1,1
28	нітробензол	59	21	9	2,1	0,85
29	толуол	61	23	14	3,5	1,5
30	хлороформ	53	15	11,5	2,9	0,75

ЗАДАЧА 31-40

В ємність, розміщену на висоті H , м, по трубопроводу діаметром d , мм, загальною довжиною L , м подається рідина із бака за допомогою стиснутого повітря під тиском P_1 . Густина рідини ρ , кг/м³, в'язкість μ , Па·с, витрата Q , м³/год.

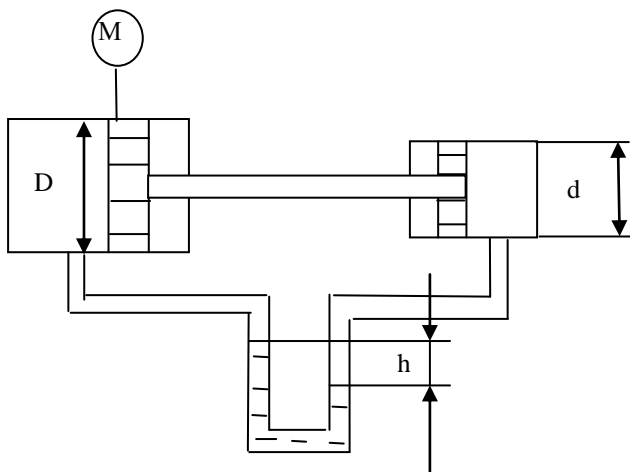
На трубопроводі розміщено 7 колін під кутом 90⁰ при $R = 2d$ і два прямоочних вентиля. Використовуючи рівняння Бернуллі, знайти необхідний

тиск у баці P_1 і час, за який перекачається V , м^3 рідини, та режим її руху. Коефіцієнт тертя прийняти рівним 0,03.



№ задачі	H , м	d , мм	L , м	$\mu \cdot 10^3$, Па·с	ρ , кг/м ³	Q , м ³ /год	V , м ³
31	10	30	18	4,0	1340	9	10
32	12	35	22	2,2	1100	10	15
33	14	38	24	2,1	1000	15	20
34	16	30	30	1,8	980	13	25
35	18	32	35	1,6	950	12	20
36	20	25	40	4,3	810	5	8
37	22	28	42	3,9	750	7	9
38	24	32	45	0,8	860	8	25
39	26	45	32	1,0	910	20	30
40	28	50	29	1,1	870	11	35

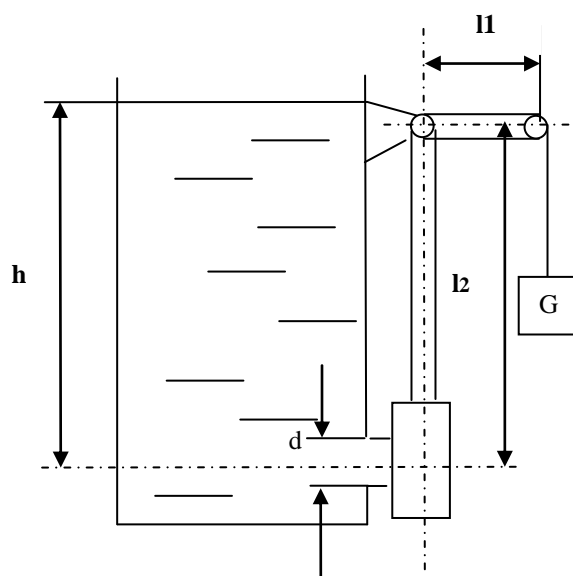
ЗАДАЧА 41-50



Знайти показання диференціального манометра в системі із двох поршнів, надітих на один шток, який буде знаходитися в рівновазі, якщо в обох циліндрах залита рідина при температурі t , $^{\circ}\text{C}$, а в коліні дифманометра – ртуть (густина $\rho=13600$ кг/м³). Надмірний тиск, який показує манометр M дорівнює P , атм. Діаметр більшого циліндра D , мм, меншого d , мм. Тертям поршнів об стінки циліндра знехтувати.

№ задачі	Рідина	P, атм.	D, м	d, мм	t ⁰ C
41	ацетон	0,2	300	100	-10
42	анілін	0,4	310	90	0
43	гліцерин	0,6	320	105	10
44	вода	0,8	330	110	15
45	дихлоретан	1,0	340	112	20
46	нітробензол	1,2	350	120	25
47	сірковуглець	1,1	290	95	30
48	хлорбензол	0,9	280	125	35
49	толуол	0,7	345	115	40
50	бензол	0,5	355	125	45

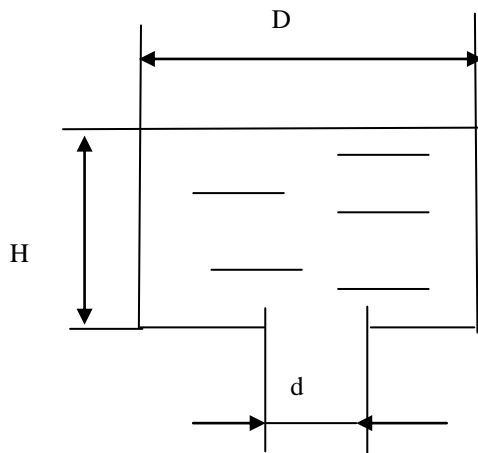
ЗАДАЧА 51-60



Клапан, який закриває отвір діаметром d , мм у вертикальній стінці бака, розміщений на глибині h , м від поверхні суміші рідин. Температура t , °C. Знайти мінімальну вагу вантажу G , кг, який врівноважує тиск на клапан, якщо плече важеля має довжину l_1 , мм, а відстань від шарніру до центра клапана l_2 , мм. Власною вагою клапана і важелів знехтувати.

№ задачі	Рідина, мас. %	d, мм	H, м	l ₁ , мм	l ₂ , мм	t, °C
51	30% C ₆ H ₆ та 70% CS ₂	38	4,8	800	200	10
52	40% CH ₃ OH та 60% H ₂ O	45	4,2	1000	250	15
53	10% HNO ₃ та 90% H ₂ O	50	3,2	1200	300	20
54	15% CHCl ₃ та 85% CS ₂	52	4,4	1200	400	25
55	20% CCl ₄ та 80% CHCl ₃	57	3,6	1400	350	30
56	35% HCl та 65% HNO ₃	32	5,1	1100	450	40
57	45% C ₂ H ₅ OH та 55% C ₆ H ₆	30	5,3	1000	520	45
58	50% CH ₃ COOH та 50% CHCl ₃	28	4,5	950	420	20
59	60% C ₆ H ₅ CH ₃ та 40% C ₆ H ₆	35	4,9	750	250	15
60	70% CH ₃ COCH ₃ та 30% NH ₃	48	4,7	900	300	10

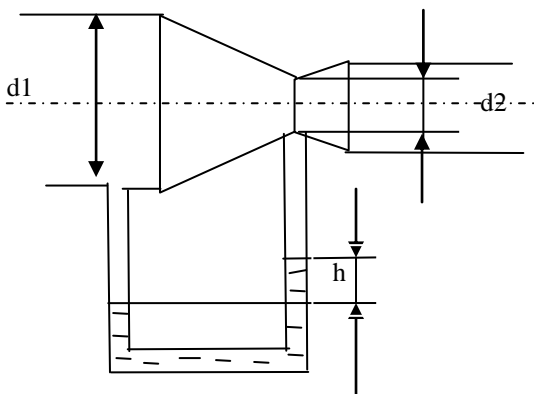
ЗАДАЧА 61-70



Із отвору діаметром d , мм у дні циліндричного резервуара діаметром D , м під дією постійного напору H , м витікає V , л/год рідини. Знайти коефіцієнт витрати і через який час спорожніє резервуар, якщо припинити подачу в нього рідини.

№ задачі	d , мм	D , м	H , м	V , л/год
61	50	1,5	0,9	27
62	70	2,0	0,2	18
63	40	1,3	0,25	16
64	60	2,1	0,3	22
65	80	1,8	0,4	44
66	50	1,6	0,38	17
67	30	1,4	0,5	12
68	35	1,9	0,32	15
69	65	2,5	0,7	39
70	75	3,0	0,47	58

ЗАДАЧА 71-80



На трубопроводі діаметром d_1 , мм встановлений витратомір “труба Вентурі”, внутрішній діаметр звуженої частини якого дорівнює d_2 , мм. По трубі проходить газ під абсолютним тиском P , кг/см² при температурі t , °С. Знайти швидкість у звуженій частині трубопроводу, об’ємну та масову витрати газу, якщо дифманометр показує перепад h , мм вод. ст., а коефіцієнт витрати $\alpha=0,95$.

№ задачі	Газ	d_1 , мм	d_2 , мм	P , кг/см ²	t , °C	h , мм вод. ст.
71	азот	250	60	1,0	80	10
72	аміак	220	55	1,2	70	15
73	аргон	210	50	1,4	60	20
74	ацетилен	200	45	1,6	50	25
75	водень	260	65	1,8	40	30
76	повітря	280	70	2,0	30	35
77	гелій	290	75	2,1	20	40
78	кисень	300	80	2,3	15	45
79	метан	230	57	2,5	35	30
80	пропан	290	62	2,7	25	15

ЗАДАЧА 81-90

Із ресивера, в якому тиск газу складає P_n , кг/см², по трубопроводу діаметром d , мм подається газ у кількості Q , м³/год. На трубопроводі встановлено 10 поворотів під кутом 90° з радіусом вигину $R_0 = 4 d$, мм, 2 діафрагми з отвором d_0 , мм, 4 вентилі та 2 пробкових крани.

Знайти, який тиск буде в трубопроводі в Па на відстані L , м, якщо коефіцієнт тертя складає λ .

№ задачі	Газ	P_n , кг/см ²	d , мм	Q , м ³ /год	d_0 , мм	L , м	λ
81	азот	1,5	30	30	15	200	0,015
82	аміак	2,0	32	35	19	250	0,012
83	ацетилен	2,5	38	50	23	280	0,025
84	бензол	3,0	45	80	27	300	0,028
85	бутан	3,5	50	100	30	350	0,03
86	повітря	4,0	70	180	42	400	0,032
87	водень	4,5	80	250	48	450	0,035
88	метан	5,0	90	320	54	500	0,038
89	пропан	5,5	100	400	60	550	0,04
90	хлор	6	120	600	72	600	0,042

ЗАДАЧА 91-100

Знайти діаметр трубопроводу для транспортування газу на відстань L , м при масовій витраті M , кг/год. Допустиме падіння тиску в трубопроводі складає ΔP , мм вод. ст. Температура газу складає t , °C, надмірний тиск P , кг/см², коефіцієнт тертя λ .

№ задачі	Газ	L, м	M, кг/год	ΔP , мм вод. ст.	t, °C	P, кг/см ²	λ
91	азот	900	80	100	20	1,0	0,015
92	аміак	950	85	110	30	1,5	0,02
93	ацетилен	1000	90	120	40	1,8	0,025
94	бензол	1100	95	130	50	2,0	0,028
95	кисень	1200	100	140	60	2,2	0,03
96	метан	1300	110	150	70	2,4	0,032
97	пропан	1400	115	160	80	2,6	0,035
98	хлор	1500	120	170	90	1,8	0,038
99	сірководень	1600	125	180	100	3,0	0,04
100	повітря	1700	130	190	110	3,2	0,042

2.2. Гідравлічні машини

ЗАДАЧА 101-110

У поршневному насосі простої дії з діаметром поршня D , мм кривошип радіусом r , мм обертається з частотою n , об/хв. Знайти потужність двигуна насоса при перекачці рідини в бак, який знаходиться на висоті H_r , м, по трубі довжиною L , м, діаметром d , мм, якщо коефіцієнт тертя в ньому λ . ККД насосної установки прийняти 0,85. Температура рідини 20°C, коефіцієнт подачі $\eta_v = 0,95$.

№ задачі	Рідина	D, мм	r, мм	n, об./хв	H_r , м	L, м	d, мм	λ
101	азотна кислота	90	120	150	10	100	40	0,015
102	аміак рідкий	95	125	145	15	120	50	0,02
103	ацетон	100	130	140	20	150	60	0,025
104	бензол	105	135	135	25	180	65	0,028
105	вода	110	140	130	30	200	70	0,03
106	гексан	115	145	125	35	220	75	0,032
107	гліцерин	120	150	120	40	240	80	0,035
108	дихлоретан	125	155	115	45	250	90	0,038
109	нітробензол	130	160	110	50	270	100	0,04
110	толуол	135	165	100	55	300	10	0,042

ЗАДАЧА 111-120

Знайти висоту всмоктування відцентрового насоса, який встановлений на висоті H , м над рівнем моря і перекачує воду з температурою t , °C. Гідравлічний опір у всмоктуючому трубопроводі складає ΔP , кПа при

продуктивності Q , м³/год і числі оборотів n , об./хв. Врахувати втрати напору на кавітацію.

№ задачі	H, м	t °C	ΔP, кПа	Q, м ³ /год	n, об./хв
111	0	90	5,5	140	900
112	100	80	5,3	135	1000
113	200	70	5,1	130	1100
114	300	60	4,9	125	1200
115	400	50	4,7	120	1300
116	500	40	4,5	115	1400
117	600	30	4,4	110	1450
118	700	20	3,0	100	1500
119	1000	10	2,5	95	1550
120	1500	0	2,0	90	1050

ЗАДАЧА 121-130

Визначити напір насоса, який встановлений на висоті $H_{вс}$, м над рівнем перекачуваної рідини, що перебуває під абсолютним тиском $P_1 = 0,1$ МПа. Напірний бак знаходиться на висоті H_n , м від осі насоса і надмірний тиск у ньому P_2 , кг/см². Втрати тиску у всмоктуючому трубопроводі $\Delta P_{вс}$, кг/см², а в напірному ΔP_n , кг/см². Як зміниться напір насоса, якщо двигун з числом оборотів $n_1 = 1800$ об./хв замінити двигуном з числом оборотів $n_2 = 2000$ об./хв? Температура рідини t , °C.

№ задачі	Рідина	$H_{вс}$, м	H_n , м	P_2 , кг/см ²	$\Delta P_{вс}$, кг/см ²	ΔP_n , кг/см ²	t, °C
121	аміак	0,8	50	1,8	0,08	0,06	10
122	анілін	1,2	47	2,0	0,1	0,08	15
123	ацетон	1,6	44	2,2	0,12	0,1	20
124	бензол	1,8	40	2,4	0,14	0,12	25
125	вода	2,0	38	2,6	0,16	0,13	30
126	гексан	2,2	36	2,8	0,18	0,14	25
127	гліцерин	2,4	34	3,0	0,2	0,15	20
128	дихлоретан	2,6	32	3,1	0,22	0,16	15
129	нітробензол	2,8	30	3,2	0,24	0,17	10
130	толуол	3,0	28	3,3	0,24	0,18	0

ЗАДАЧА 131-140

Поршневий насос з діаметром поршня D , мм і ходом S , мм подає рідину в кількості M , кг/год з температурою t , $^{\circ}\text{C}$. Показання вакуумметра на всмоктуючому трубопроводі $P_{\text{в}}$, мм рт. ст., а манометра на нагнітальному $P_{\text{м}}$, кг/см 2 . Відстань між місцем установки приладів складає h , мм.

Яку частоту обертання повинен мати насос і якої потужності необхідно встановити двигун, якщо коефіцієнт подачі $\eta_{\text{в}} = 0,85$, коефіцієнт корисної дії насоса $\eta_{\text{н}} = 0,8$, а двигуна $\eta_{\text{дв}} = 0,95$?

№ задачі	Рідина	D , мм	S , мм	M , кг/год	t , $^{\circ}\text{C}$	$P_{\text{в}}$, мм рт. ст	$P_{\text{м}}$, кг/см 2	h , мм
131	аміак рідкий	90	120	8000	-20	15	2,8	400
132	ацетон	95	140	9000	0	18	3,0	350
133	бензол	100	150	10000	5	21	3,2	300
134	гліцерин 50%	105	160	11000	20	23	3,4	250
135	діоксид сірки (рідкий)	110	170	12000	15	26	3,6	200
136	ксилол	115	180	13000	20	29	3,8	250
137	сірковуглець	120	190	14000	25	31	4,0	300
138	хлороформ	125	200	15000	30	34	4,2	350
139	етилацетат	130	210	16000	35	37	4,4	400
140	хлорбензол	135	220	17000	40	40	4,6	450

ЗАДАЧІ 141-150

Відцентровий насос подає рідину на висоту $H_{\text{г}}$, м і при випробуванні показав такі результати:

Q , дм 3 /с	0	9,1	19,7	28,1	38,7	47,4
H , м	23,3	25,5	25,1	21,6	16,8	13,0
N , кВт	4,4	5,2	9,5	13,3	19,8	31,3
$h_{\text{вт}}$, м	0	0,9	4,8	7,0	10,4	15,1

Гідравлічний опір мережі складає при цьому $h_{\text{вт}}$, м.

Розрахувати ККД для кожної продуктивності, побудувати графічну характеристику насоса та знайти його максимальну продуктивність при роботі на дану мережу. Температура рідини t , $^{\circ}\text{C}$.

№ задачі	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
рідина	аміак рідкий	анілін	ацетон	бензол	вода	гексан	ксилол	нітробензол	толуол	хлороформ
H _г , м	2	2,5	3	3,5	4	5	6	6,5	7	7,5
t, °C	-10	0	-20	20	45	30	60	30	80	40

ЗАДАЧА 151-160

Визначити, на скільки збільшиться подача рідини в мережу в порівнянні з нормальною подачею насоса № 1 при включенні двох насосів № 1 та № 2 послідовно. Зробити висновки.

$$\text{Рівняння характеристики мережі: } H = H_g + KQ^2$$

Характеристика мережі:

№ задачі	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
H _г , м	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
K	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011
№ насосу	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2

Характеристика насосів:

Насос № 1	Q, л/с	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	H, м	29	28	27	25	22,5	20	17	12,5	7,5
Насос № 2	Q, л/с	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	H, м	27	28	29	29,5	29,0	27,5	25	22,5	17

ЗАДАЧА 161-170

Треступневий компресор продуктивністю V, м³/год стискає адіабатично газ від початкового стану P_о, МПа і t_о, °C до кінцевого тиску P_к, атм. Привід здійснюється від електродвигуна через ремінну передачу з ККД η_{пер}. Коефіцієнт, що враховує втрати тиску між ступенями ψ=1,1. Знайти степінь стиснення газу, його температуру після кожного ступеня та настановну потужність двигуна, якщо його ККД η_{дв} = 0,95.

№ задачі	Газ	V, м ³ /год	P ₀ , МПа	t ₀ , °С	P _к , атм.	η _{пер}
161	азот	320	0,02	0	7,1	0,87
162	аміак	340	0,03	5	10,0	0,89
163	ацетилен	360	0,04	10	12,0	0,91
164	бутан	380	0,05	15	14,0	0,93
165	повітря	400	0,06	20	57	0,95
166	водень	420	0,07	25	62	0,87
167	гелій	440	0,08	30	65	0,89
168	кисень	460	0,1	35	67	0,91
169	метан	480	0,12	40	80	0,93
170	хлор	500	0,015	45	4,0	0,95

ЗАДАЧА 171-180

Одноступінчатий компресор простої дії з діаметром циліндра D, мм і ходом поршня S, мм стискує повітря від початкового тиску P₁ = 1 атм і температури t₁ = 20⁰С до кінцевого тиску P₂, атм.

Об'єм шкідливого (мертвого) простору складає 5% від об'єму, який описується поршнем. Продуктивність компресора Q, м³/год.

Знайти число оборотів, потужність і температуру повітря після стиснення. ККД компресора η = 0,8; стиснення – адіабатичне.

№ задачі	D, мм	S, мм	P ₂ , атм.	Q, м ³ /год
171	600	550	6	500
172	500	650	5,8	480
173	450	480	5,6	350
174	400	450	5,2	300
175	350	380	5,0	270
176	340	350	4,8	260
177	320	340	4,6	240
178	300	320	4,4	220
179	280	300	4,2	210
180	250	280	4,0	200

ЗАДАЧА 181-190

Знайти необхідне число ступенів стиснення поршневого компресора, який повинен стискати газ від P₀, атм. і t, °С до кінцевого тиску P_к, атм., якщо припустима температура в кінці стиснення після кожного ступеня не повинна бути більшою t₂=80⁰С. Процес стиснення адіабатичний. Коефіцієнт втрати тиску між ступенями прийняти Ψ = 1,15.

№ задачі	Газ	P_0 , атм.	t , °C	P_k , атм.
181	азот	0,7	0	12
182	аміак	0,8	10	30
183	ацетилен	0,9	15	50
184	бутан	1,0	40	60
185	повітря	2,0	15	55
186	водень	3,1	18	70
187	гелій	1,3	22	80
188	кисень	2,0	24	28
189	метан	3,0	30	40
190	хлор	4,0	5	400

ЗАДАЧА 191-200

Знайти потужність, яка витрачається вентиляційною установкою на переміщення газу із сховища, де абсолютний тиск P_1 , кПа в апарат з надмірним тиском P_2 , мм рт. ст. Втрати тиску у всмоктуючій та нагнітальній лініях становлять ΔP_v і ΔP_n , мм вод. ст., відповідно. Різниця висот між місцем нагнітання та всмоктування Z , м. Швидкість газу на виході із мережі складає ω , м/с, діаметр трубопроводу d , мм, температура газу 30° . Загальний ККД вентиляційної установки $\eta = 0,6$.

№ задачі	Газ	P_1 , кПа	P_2 , мм рт. ст.	ΔP_v , мм вод. ст.	ΔP_n , мм вод. ст.	Z , м	ω , м/с	d , мм
191	азот	99,0	810	20	100	1,8	10	300
192	аміак	99,2	815	22	95	2,0	12	280
193	ацетилен	99,4	820	24	90	2,2	14	260
194	бутан	99,6	825	26	85	2,4	16	250
195	повітря	100,0	830	28	80	2,6	18	230
196	водень	103,0	835	30	75	2,8	20	210
197	гелій	105,0	840	32	70	3,0	22	200
198	кисень	106,0	850	34	65	3,2	24	180
199	метан	108,0	860	36	60	3,4	26	160
200	хлор	110,0	865	38	55	3,6	28	140

2.3 Гідромеханічні процеси

ЗАДАЧА 201-205

Через пиловідстійну камеру проходить запилене повітря з температурою t , °C і тиском P , МПа. Знайти найменший діаметр частинок матеріалу, які можуть осісти і режим їх осідання.

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

№ задачі	Матеріал часток	Температура, t, °С	Тиск, P, МПа
201	алебастр	100	0,15
202	глина	120	0,2
203	колчедан	140	0,25
204	вапняк	150	0,12
205	деревне вугілля	160	0,18

ЗАДАЧА 206-210

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

№ задачі	Матеріал	D , м	C_H , мас.%	C_{oc} , кг/кг	d , мкм
206	азбест	6	6	0,65	30
207	апатит	8	6,5	0,7	25
208	каолін	10	7	0,72	20
209	зола	12	7,5	0,75	15
210	пісок	14	8	0,78	10

ЗАДАЧА 211-215

Знайти час та швидкість осідання 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 $t = 20^\circ\text{C}$.

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

ЗАДАЧА 216-220

Знайти тривалість фільтрування з постійною швидкістю в нутч-фільтрі діаметром D м, в який завантажено G_c кг суспензії з вмістом твердої фази $x_c, \frac{\text{кг.тв.ф.}}{\text{кг.сусп.}}$. Вологість отриманого осаду ω , мас.% густина фільтрату $\rho_{\text{ф}}$, кг/м³; швидкість фільтрування w , м³/м²с.

№ задачі	D , м	G_c , кг	$x_c, \frac{\text{кг.тв.ф.}}{\text{кг.сусп.}}$	ω , мас.%	$\rho_{\text{ф}}$, кг/м ³	w , м ³ /м ² с $\cdot 10^4$
216	0,6	250	0,10	50	1010	1,5
217	0,7	350	0,12	55	1020	1,8
218	0,8	500	0,14	60	1030	2,0
219	0,9	650	0,16	65	1040	2,2
220	1,0	750	0,18	70	1050	2,4

ЗАДАЧА 221-225

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 барабана складає P , мм рт. ст., швидкість проходу промивної рідини через шар осаду товщиною $h_{\text{ос}}$ становить w , м/с. Зона промивки займає 15% від зони фільтрування. Температура промивної рідини 20⁰С.

№ задачі	D , м	L , м	Рідина A	V , м ³	P , мм рт. Ст..	$h_{\text{ос}}$, мм	w , м/с
221	1,2	9	гексан	2,0	600	15	0,08
222	1,4	8	ацетон	2,5	550	20	0,07
223	1,6	7	вода	3,0	500	25	0,06
224	1,8	6	толуол	3,5	450	30	0,05
225	2,0	5	хлороформ	4,0	400	35	0,04

ЗАДАЧА 226-230

За який час пройде V , м³ фільтрату, через рамний фільтрпрес з питомим опором осаду $\tau_{\text{ос}}$, м/кг при постійному перепаді тиску ΔP , МПа, якщо константа фільтрування S , 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 $t = 20^0\text{C}$.

№ задачі	$V, \text{ м}^3$	$\tau_{\text{ос}}, \text{ м/кг}$	$C, \text{ м}^3/\text{м}^2$	$m, \text{ кг/кг}$	$x_c, \text{ кг/кг}$
226	4,2	$5,1 \cdot 10^8$	0,0015	1,45	0,06
227	4,6	$4,7 \cdot 10^8$	0,002	1,5	0,08
228	5,0	$4,2 \cdot 10^8$	0,0025	1,55	0,1
229	5,4	$3,5 \cdot 10^8$	0,003	1,6	0,12
230	6,0	$2,7 \cdot 10^8$	0,0035	1,65	0,14

ЗАДАЧА 231-235

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 $\omega_{\text{ц}}, \text{ м/с}$. Знайти діаметр, гідравлічний опір та степінь вловлювання пилу.

№ задачі	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{ МПа}$	$G, \text{ кг/год}$	$d, \text{ мкм}$	$\omega_{\text{ц}}, \text{ м/с}$
231	60	0,1	1500	15	3,2
232	70	0,15	1700	10	3,5
233	80	0,2	2000	5	3,8
234	90	0,25	2200	15	4,0
235	100	0,3	2400	10	4,2

ЗАДАЧА 236-240

Знайти довжину ротора відстійної центрифуги з ножовим пристроєм для розвантаження осаду при розділенні водяної суспензії матеріалу A в кількості $V, \text{ м}^3/\text{год}$ з діаметром часток $d, \text{ мкм}$, якщо число оборотів $n, \text{ об./хв}$. Цикл роботи складає: $\tau, \text{ хв}$ – завантаження суспензії і 2 хв – розвантаження осаду. Внутрішній діаметр центрифуги $D, \text{ мм}$, висота шару осаду $h_{\text{ос}}, \text{ мм}$, температура суспензії $t = 20^\circ\text{C}$. Який при цьому буде фактор розділення?

№ задачі	матеріал A	$V, \text{ м}^3/\text{год}$	$d, \text{ мкм}$	$n, \text{ об./хв}$	$\tau, \text{ хв}$	$D, \text{ мм}$	$h_{\text{ос}}, \text{ мм}$
236	азбест	10	1,2	900	50	1200	16
237	гіпс	8	1,0	800	45	1150	18
238	каолін	6	0,8	960	30	1100	20
239	апатит	2	0,65	1000	25	1000	22
240	кокс	0,5	0,55	1200	20	900	24

ЗАДАЧА 241-245

Знайти необхідне число центрифуг для розділення водяної суспензії матеріалу A з розміром часток d , мкм, у кількості V , м³/год та об'ємною долею твердої фази φ . Діаметр та довжина зливного барабана D , м та L , м, число обертів n , об./хв. Густина суспензії прийняти для води при $t = 20^{\circ}\text{C}$. Центрифуга горизонтальна, розвантажується шнеком.

№ задачі	матеріал A	d , мкм	V , м ³ /год	φ , %	D , м	L , м	n , об./хв
241	антрацит	8	155	8,5	0,9	0,65	900
242	апатит	6	180	12	0,8	0,7	800
243	земля	10	200	14	0,7	0,8	950
244	вапняк	5	170	16	0,65	0,85	1000
245	пісок	12	250	18	0,6	0,9	1100

ЗАДАЧА 246-250

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

№ задачі	D , мм	L , мм	n , об./хв	Рідина A	d , мкм	ω_{oc} , м/с
246	1260	1000	1420	анілін	80	0,0025
247	1160	1100	1600	бензол	75	0,0075
248	1060	1200	1800	метилацетат	70	0,01
249	960	1300	2600	фенол	65	0,04
250	860	1400	2800	хлороформ	60	0,09

ЗАДАЧА 251-255

Знайти продуктивність трубчатої надцентрифуги та режим осідання матеріалу A з розміром часток $d = 1$ мкм, якщо внутрішній діаметр барабана D , мм, діаметр зливного порога D_0 , мм, довжина робочої частини барабана L , м, число обертів n , об./хв. Температура суспензії $t = 20^{\circ}\text{C}$.

№ задачі	матеріал A	D , мм	D_0 , мм	L , м	n , об./хв
251	гіпс	300	180	1,2	600
252	граніт	280	150	1,0	8000
253	вапняк	250	120	0,9	9000
254	кокс	230	100	0,8	10000
255	крейда	200	80	0,7	12000

ЗАДАЧА 256-260

Через завислий шар каталізатора висотою h_0 , м проходить газ А при температурі 30°C . Число псевдозрідження $K_0=1,5$. Зайти критичну та робочу швидкість газу, а також гідравлічний опір решітки та самого каталізатора. Порозність нерухомого шару прийняти рівною $\varepsilon_0 = 0,4$. Еквівалентний діаметр часток каталізатора d_e , мм, їх густина ρ_r , кг/м^3 , діаметр отворів решітки $d_0 = 1,2$ мм, товщина $\delta = 3$ мм.

№ задачі	h_0 , м	d_e , мм	ρ_r , кг/м^3	газ А
256	0,3	1,4	1900	CO_2
257	0,35	1,6	2100	O_2
258	0,4	1,8	2200	NH_3
259	0,45	2,0	2350	Cl_2
260	0,5	2,2	2400	C_6H_6

ЗАДАЧА 261-265

Нерухомий матеріал у сушарці з киплячим шаром має висоту h_0 , м і діаметр часток d , мм. Температура повітря в апараті становить t , $^{\circ}\text{C}$. Знайти швидкість зависання та висоту завислого шару матеріалу, якщо його порозність $\varepsilon = 0,7$.

№ задачі	Матеріал	h_0 , м	d , мм	t , $^{\circ}\text{C}$
261	кокс	0,3	1,5	100
262	гіпс	0,35	1,3	95
263	апатит	0,4	1,0	90
264	сода	0,45	0,8	85
265	селітра	0,5	0,6	80

ЗАДАЧА 266-270

Знайти установчу потужність електродвигуна для мішалки з числом оборотів n об./хв. Температура змішуваної рідини А складає t , $^{\circ}\text{C}$. Мішалка розміщена в чавунному корпусі діаметром D , мм. ККД електродвигуна з передачею становить 0,93. Запас потужності 25%.

№ задачі	Тип мішалки	n, об./хв	Рідина А	t, °С	D, мм
266	дволопатева з вертикальними лопатями	120	анілін	80	1500
267	одностороння радіально-дискова	150	гліцерин	120	1200
268	радіальна турбінна з 16 лопатями	180	дихлоретан	60	1000
269	восьмилопатева з прямими лопатями	210	сірко-вуглець	40	800
270	закрита турбінна з 6 лопатями	240	етилацетат	100	600

ЗАДАЧА 271-275

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

№ задачі	Рідина А	d_m , мм	t , °С
271	бензол	250	10
272	фенол	280	15
273	толуол	320	20
274	гексан	350	25
275	октан	380	30

ЗАДАЧА 276-280

Знайти число елементів батарейного циклона для очищення Q , м³/год запиленого газу при температурі t , °С. Перепад тиску в циклоні ΔP , Па, коефіцієнт опору ξ . Діаметр циклона вибрати в рекомендованих межах (150-250 мм). Навести схему апарата.

№ задачі	Газ	Q , м ³ /год	t , °С	ΔP , Па	ξ
276	аміак	15000	50	450	60
277	повітря	18900	45	500	120
278	метан	22600	40	400	140
279	етилен	27200	35	600	160
280	ацетилен	31600	30	650	250

ЗАДАЧА 281-285

Знайти діаметр корпусу гідроциклона, а також діаметр вхідного і шламового патрубків для розділення G , т/год водяної суспензії матеріалу A з масовим вмістом твердої фази x , $\frac{кг}{кг.сusp.}$.

Концентрація твердих частинок діаметром менше 74 мкм в освітленій рідині не повинна перевищувати β_{74} %.

№ задачі	Матеріал А	G, т/год	$x, \frac{кг}{кг.сusp.}$	β_{74} %
281	Зола	65	0,08	80
282	Азбест	70	0,1	75
283	Каолін	75	0,12	70
284	Вапняк	80	0,14	65
285	Крейда	85	0,16	60

*При розв'язанні задач 286-300 користуватися посібником [4]. 6,7.

ЗАДАЧА 286-290

Знайти газове навантаження та фільтруючу поверхню фільтра з імпульсною продувкою і рукавами із лавсану для очищення V , м³/год повітря від пилу з концентрацією C , г/м³. Розмір часток пилу складає δ , мкм, температура t , °C. Витратою газу, який подається на регенерацію, знехтувати. Повітря подається на очистку після млинів, сушильних камер та систем пневмотранспорту.

№ задачі	Вид пилу	V, м ³ /год	C, г/м ³	δ , мкм	t , °C
286	борошно	800	100	150	20
287	азбест	1000	80	100	40
288	глинозем	1200	60	50	60
289	кокс	1400	40	10	80
290	технічний вуглець	1600	20	3	100

ЗАДАЧА 291-295

Через пластинчатий електрофільтр з поверхнею осідання F , м² проходить V , м³/год газу з середнім діаметром частинок пилу δ , мкм. Напруженість електричного поля E , В/м. Електрофільтр працює на випрямленому струмі напругою U , кВ. Знайти швидкість дрейфу частинок пилу в напрямку до осаджувального електрода, питому поверхню осадження, степінь очищення

газу та споживану потужність. Втратами на механізм струшування та нагрівання елементів апарата знехтувати. В'язкість газу $\mu = 0,02 \cdot 10^{-3}$ Па·с. ККД електроагрегата 0,95.

№ задачі	F, м ²	V, м ³ /год	x ₁ , кг/м ³	x ₂ , кг/м ³	δ, мкм.	E, В/м	U, кВ
291	420	30000	0,02	0,0002	0,4	10000	40
292	630	40000	0,25	0,0002	1,0	15000	50
293	940	50000	0,03	0,00025	2,0	20000	60
294	1690	70000	0,35	0,0003	10,0	25000	70
295	2250	90000	0,04	0,00035	20,0	30000	80

ЗАДАЧА 296-300

Підібрати номер коагуляційного мокрого пиловловлювача (КМП) та степінь очищення запиленого газу, витрата якого становить V, м³/год. Медіанний діаметр пилу δ₅₀, мкм, відхилення розмірів часток пилу σ, гідравлічний опір апарата ΔP, Па, питома витрата води m, л/м³. Температура 40⁰С. Навести схему розрахунку.

№ задачі	Вид пилу	V, м ³ /год	δ ₅₀ , мкм	σ	ΔP, Па	m, л/м ³
296	кокс	11000	35	1,5	2000	0,6
297	кварц	16000	30	2,5	2100	0,5
298	вапняк	23000	25	3,5	1600	0,4
299	агломерат	32000	20	5,0	1200	0,3
300	кварц	50000	15	7,0	2500	0,2

2.4 Теплові процеси

ЗАДАЧА 301-305

Стінка печі виготовлена з вогнетривкої цегли товщиною δ_{ст.}, мм і нагріта зсередини до температури t_{ст1}, а зовні до t_{ст2}. Розміри печі b × ℓ × h, м. Знайти втрати тепла з 1 м² зовнішньої поверхні неізолюваної стінки і порівняти з ізолюваним матеріалом А при товщині ізоляції δ_{із.}

Параметри	№ задачі				
	301	302	303	304	305
1	2	3	4	5	6
δ _{ст.} , мм	300	350	400	450	500
t _{ст1} , °С	600	700	800	900	1000

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
$t_{cr2}, ^\circ C$	40	45	50	55	60
$b \times \ell \times h, m$	$3 \times 10 \times 2$	$4 \times 10 \times 2$	$4 \times 10 \times 2,5$	$5 \times 10 \times 3$	$6 \times 10 \times 3$
матеріал А	азбест	шлаковата	совеліт	скловата	пінопласт
δ_{iz}, mm	30	35	40	50	60

ЗАДАЧА 306-310

По трубопроводу діаметром $d \times \delta$, мм і довжиною L , м подається водяна пара під тиском P , МПа. Зовні трубопровід покритий тепловою ізоляцією із матеріалу А товщиною δ_{iz} , мм. Температура поверхні ізоляції становить t_{iz} , $^\circ C$, а внутрішня температура стінки труби дорівнює температурі конденсації пари.

Знайти кількість тепла, яке передається від пари в навколишнє середовище через стінку труби і теплоізоляцію. Чи можна знехтувати термічним опором самої труби?

Параметри	№ задачі				
	306	307	308	309	310
$d \cdot \delta, mm$	76 x 3	89 x 4,5	108 x 4	125 x 5	133 x 6
L, m	30	25	20	15	10
$P, MПа$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
матеріал А	азбест	фаоліт	шлаковата	скловата	совеліт
δ_{iz}, mm	20	25	30	35	40
$t_{iz}, ^\circ C$	25	30	35	40	45

ЗАДАЧА 311-315

Стінка печі зроблена з вогнетривкої цегли товщиною δ_1 , мм, ізоляційної цегли товщиною δ_2 , мм і зовні покрита сталевим кожухом товщиною δ_3 , мм. Температура в середині печі дорівнює $t_1, ^\circ C$. Температура повітря $t_2, ^\circ C$. Коефіцієнти тепловіддачі з внутрішньої і зовнішньої сторони печі α_1 та $\alpha_2, \frac{Вт}{m^2 \cdot K}$. Знайти коефіцієнт теплопередачі, втрати тепла з $1 m^2$ поверхні стінки печі, її загальний термічний опір та температури стінок сталевих кожуха: зовнішню і внутрішню.

Параметри	№ задачі				
	311	312	313	314	315
1	2	3	4	5	6
δ_1, mm	100	110	120	130	140
δ_2, mm	150	140	130	120	110

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
$\delta_3, \text{мм}$	4	5	6	7	8
$t_1, ^\circ\text{C}$	1000	950	900	850	800
$t_2, ^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30
$\alpha_1, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	90	85	80	75	70
$\alpha_2, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	8	10	12	14	16

ЗАДАЧА 316-320

Знайти коефіцієнт теплопередачі від газу, який рухається по сталевому трубопроводу діаметром $d \times \delta$, мм, до зовнішнього повітря. З середини трубопроводу футерований вогнетривкою цеглою товщиною δ , мм. Коефіцієнт тепловіддачі від газу до стінки α_1 , від поверхні зовнішньої стінки в повітря $\alpha_2, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Як зміниться коефіцієнт теплопередачі, якщо трубопровід зовні покрити ізоляцією із матеріалу А товщиною $\delta_{\text{із}}$, мм?

Параметри	№ задачі				
	316	317	318	319	320
$d \times \delta, \text{мм}$	1600×20	1400×16	1300×14	1200×12	1000×10
$\delta, \text{мм}$	80	75	70	65	60
$\alpha_1, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	80	85	80	75	70
$\alpha_2, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	20	18	16	14	12
матеріал А	пінопласт	азбест	совеліт	шлаковата	фаоліт
$\delta_{\text{із}}, \text{мм}$	50	45	40	35	30

ЗАДАЧА 321-325

По сталевій трубі, довжиною L , м і діаметром $d \times \delta$, мм подається 50% розчин їдкою натру в кількості V , м³/год при температурі t_1 , °C. Зовні трубопровід покритий тепловою ізоляцією із совеліту товщиною $\delta_{\text{із}}$, мм. Коефіцієнт тепловіддачі від розчину до стінки труби $\alpha, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Знайти питомий тепловий потік, температури внутрішньої і зовнішньої стінок труби та

температуру поверхні ізоляції. Питома теплоємність розчину їдкого натру – 3,8 кДж/кг·К.

Параметри	№ задачі				
	321	322	323	324	325
L, м	100	110	120	130	140
$d \times \delta$, мм	45×2,5	57×3,5	79×4,5	89×4,5	108×4
V, м ³ /ГОД	6	8	10	15	20
t_1 , °С	120	110	100	90	80
$\delta_{із}$, мм	40	35	30	25	20
α , $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	60	57	52	47	43

ЗАДАЧА 326-330

Дві квадратні поверхні із стороною a , м розміщені паралельно і обмінюються теплом. Поверхні зроблені з матеріалу А та В і температура їх складає t_1 та t_2 °С, відповідно. Знайти кількість тепла, яке випромінюється від більш нагрітої поверхні до менш нагрітої.

Параметри	№ задачі				
	326	327	328	329	330
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	дерево

ЗАДАЧА 331-335

У приміщенні встановлено сталевий циліндричний апарат висотою H , м і діаметром D , м, температура стінки якого становить t_1 °С. Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією складає α_k , а випромінюванням α_v . Знайти товщину теплової ізоляції із матеріалу А, якщо температура повітря в приміщенні $t_n=20$ °С, а температура зовнішньої поверхні ізоляції не повинна перевищувати $t_{із}=50$ °С.

Параметри	№ задачі				
	331	332	333	334	335
H, м	2	2,2	2,4	1,6	1,4
D, м	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4
t_1 , °С	150	140	130	120	110

$\alpha_k \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0
$\alpha_в \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	4,0	4,4	4,6	4,8	5,0
матеріал А	азбест	совеліт	скловата	повстина	пінопласт

ЗАДАЧА 336-340

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

Параметри	№ задачі				
	336	337	338	339	340
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
$t_{ст}$, °С	90	80	85	95	100

ЗАДАЧА 341-345

По трубах вертикального теплообмінника зверху вниз подається толуол. Діаметр труб d , мм, їх довжина L , м. Температура і швидкість руху толуолу на вході в труби дорівнюють відповідно t_1 , °С і ω_1 , м/с. Знайти коефіцієнт тепловіддачі від толуолу до стінки труби і кількість тепла, яка передається в одній трубі, якщо температура стінки підтримується рівною $t_{ст}$.

Параметри	№ задачі				
	341	342	343	344	345
d , мм	15	20	25	30	35
L , м	6	5,5	5,0	4,5	4,0
ω , м/с	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
t_1 , °С	10	15	20	25	30
$t_{ст}$, °С	60	65	70	75	80

ЗАДАЧА 346-350

Знайти поверхню нагрівання і число секцій теплообмінника типу “труба в трубі”. Вода для нагрівання рухається по внутрішній сталевій трубі діаметром $d \times \delta$, мм має температуру на вході $t_{1п}$, °C і витрату G_1 , кг/год. Потік води, який нагрівається, рухається в протилежному напрямку по кільцевому каналу між трубами і нагрівається від температури $t_{2п}$ до $t_{2к}$ при витраті G_2 , кг/год. Внутрішній діаметр зовнішньої труби D , мм довжина однієї секції L , м.

Втратами тепла через зовнішню поверхню теплообмінника знехтувати. Кінцеву температуру води для нагрівання вибрати обґрунтовано.

Параметри	№ задачі				
	346	347	348	349	350
$d \times \delta$, мм	32·2,5	30·2	25·2	45·2,5	57·3,5
t_1 , °C	98	95	92	90	87
G_1 , кг/ГОД	1900	2000	2050	2500	3000
$t_{2п}$, °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

ЗАДАЧА 351-355

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 $t_{ст}$ температура бензолу на виході із труби дорівнювала t_2 ?

Параметри	№ задачі				
	351	352	353	354	355
d , мм	12	15	20	25	32
t_1 , °C	10	20	25	30	35
G кг/ГОД	500	700	1000	1200	1500
$t_{ст}$, °C	50	55	60	65	70
t_2 , °C	15	26	32	38	42

ЗАДАЧА 356-360

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

Параметри	№ задачі				
	356	357	358	359	360
$t_p, ^\circ\text{C}$	115	110	105	100	95
H, м	4	4,5	5,0	5,5	6
d, мм	15	20	25	32	45
b, мм	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4
$t_{\text{ст}}, ^\circ\text{C}$	105	100	95	90	85
Re	1800	1900	2100	2800	3500

ЗАДАЧА 361-365

Знайти коефіцієнт тепловіддачі в пропелерній мішалці для приготування 20% розчину, хлористого натрію при температурі t_p . Діаметр корпусу мішалки D, мм діаметр d, мм при числі обертів n, об./хв. Температура стінки корпусу становить $t_{\text{ст}}$. Тип охолодження корпусу мішалки вказаний у таблиці.

Параметри	№ задачі				
	361	362	363	364	365
$t_p, ^\circ\text{C}$	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
$t_{\text{ст}}, ^\circ\text{C}$	95	90	85	80	75
тип охолодження	через змійовик	через оболонку	через змійовик	через оболонку	через змійовик

ЗАДАЧА 366-370

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 трубі, якщо її довжина складає L, м.

Параметри	№ задачі				
	366	367	368	369	370
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

ЗАДАЧА 371-375

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

Параметр	№ задачі				
	371	372	373	374	375
n , шт	91	127	169	217	244
d , мм	20	25	32	38	45
t_{ct} , °C	170	165	160	155	150
P , МПа	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
H , м	6	5,5	5,0	4,5	4,0

ЗАДАЧА 376-380

У трубах випарного апарата розміром 38×4 , мм кипить речовина А при температурі t_2 . У міжтрубний простір подається насичена водяна пара при тискові P , МПа, коефіцієнт тепловіддачі якої складає α .

Знайти коефіцієнт теплопередачі, враховуючи термічний опір стінки і забруднень, температура яких складає t_{ct} .

Параметри	№ задачі				
	376	377	378	379	380
матеріал А	анілін	гексан	гліцерин	толуол	хлороформ
t_2 , °C	100	110	125	140	145
P , МПа	0,16	0,2	0,4	0,6	0,8
$\alpha_1 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	10000	11000	12000	13000	14000
t_{ct} , °C	108	115	135	150	160

ЗАДАЧА 381-385

У котлі нагрівається рідина А в умовах вільної конвекції гарячою водою, яка подається через n вертикальних труб діаметром $d \times \delta$, мм, довжиною 4, м і температурою стінки t_{ct} . Коефіцієнт тепловіддачі для води складає α_1 . Яку кількість тепла необхідно вносити в апарат з водою, щоб температура рідини становила t_p ?

Параметри	№ задачі				
	381	382	383	384	385
рідина А	ацетон	бензол	гексан	нітробензол	толуол
n, шт	7	13	19	37	61
d×δ мм	38×3	32×2,5	25×2,5	20×2	15×2
t _{ст} , °С	45	50	55	60	65
$\alpha, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	600	650	700	750	800
t _р , °С	40	45	50	55	60

ЗАДАЧА 386-390

Знайти поверхню підігрівача розчину, який нагрівається від t_{2п} до t_{2к} за рахунок тепла, що віддається, тим же розчином при початковій температурі t_{1п}. Витрата розчину G₁=G₂, т/год; коефіцієнт теплопередачі К, Вт/м²·К.

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

Параметри	№ задачі				
	386	387	388	389	390
розчин	анілін	нітробензол	толуол	гліцерин	октан
t _{2п} , °С	5	10	15	20	25
t _{2к} , °С	40	45	50	55	60
t _{1п} , °С	80	85	90	95	100
G ₁ =G ₂ , т/ГОД	3,5	4	4,5	5,0	5,5
К, Вт/м ² ·К	400	470	500	520	550

ЗАДАЧА 391-395

Нагріта рідина в кількості G, т знаходиться в апараті, в якому є змійовик, через який пропускають воду протягом τ, год. Рідина при цьому охолоджується від t_{1п} до t_{1к}, а вода нагрівається від t_{2п} до t_{2к}. Знайти час охолодження рідини τ і витрату води, якщо поверхня теплопередачі F, м², коефіцієнт теплопередачі К Вт/м²·К.

Параметри	№ задачі				
	391	392	393	394	395
1	2	3	4	5	6
рідина	октан	нітробензол	толуол	анілін	гліцерин
G, т	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
t _{1п} , °С	110	105	100	125	130

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6
$t_{1к}, ^\circ\text{C}$	30	28	26	2	20
$t_{2п}, ^\circ\text{C}$	20	18	16	12	10
$t_{2к}, ^\circ\text{C}$	25	24	21	18	15
$F, \text{м}^2$	6	5,5	5,0	4,5	4,0
$K, \text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	250	300	350	400	450

ЗАДАЧА 396-400

Гліцерин, витратою G , т/год необхідно охолоджувати від $t_{1п}$ до $t_{1к}$ у теплообміннику з поверхнею F , м^2 . Вода для охолодження подається з температурою $t_{2п}$. Коефіцієнт теплопередачі K $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$; $\Delta t_{ср}$ вважати, як середнє арифметичне. Скільки кубічних метрів води за годину необхідно подати в апарат при прямо- і протитечії?

Параметри	№ задачі				
	396	397	398	399	400
G , т/год	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6
$t_{1п}, ^\circ\text{C}$	150	140	130	120	110
$t_{1к}, ^\circ\text{C}$	95	90	85	80	75
F , м^2	10	9	8	7	6
$t_{2п}, ^\circ\text{C}$	22	20	18	16	14
K , $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$	300	280	260	240	220

3. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Навести класифікацію основних процесів хімічної технології на підставі законів, як визначають швидкість їх протікання?
2. Класифікація процесів хімічної технології в залежності від способу їх організації.
3. Класифікація процесів узалежності від зміни їх параметрів з часом.
4. Рівняння матеріального балансу процесу та для якої мети його складають?
5. Енергетичний баланс процесу. З якою метою його складають?
6. Інтенсивність процесів та апаратів.
7. Суть і мета моделювання та оптимізації процесів та апаратів.
8. У чому полягає сутність теорії подібності?
9. Навести основні теореми подібності.
10. Які види подібності використовують при вивченні явищ?
11. Назвати та пояснити основні критерії гідродинамічної подібності.

12. Класифікація рідин та їх властивості: густина, питома вага, поверхневий натяг. Одиниці виміру.
13. Тиск, що діє на рідину. Надмірний, абсолютний, розрідження. Одиниці виміру.
14. Поняття про в'язкість. Закон внутрішнього тертя Ньютона. Одиниці виміру. Як розрахувати в'язкість суміші рідин та газів?
15. Диференційне рівняння рівноваги Ейлера. Аналіз.
16. Основне рівняння гідростатики. Аналіз, Закон Паскаля.
17. Принцип сполучних посудин та його застосування.
18. Гідростатичні машини.
19. Тиск рідини на дно і стінку посудини.
20. Основні характеристики руху рідин: швидкість і витрата, гідравлічний радіус і еквівалентний діаметр, стаціонарний та нестаціонарний потоки.
21. Режими руху рідини. Критерій Рейнольдса. Розподіл швидкостей по перерізу потоку при різних режимах.
22. Рівняння нерозривності (суцільності) потоку. Аналіз.
23. Рівняння Бернуллі для ідеальної та реальної рідин. Аналіз. Принцип вимірювання швидкості і витрати рідини. Назвати основні типи дросельних приладів.
24. Витікання рідини через отвори в дні посудини при постійному рівні.
25. Визначення часу витікання та опорожнення посудини при змінному рівні рідини.
26. Втрати напору по довжині трубопроводу. Коефіцієнти тертя та опору тертя. Їх визначення для різних випадків (принципи вибору).
27. Втрати напору на місцевих опорах. Визначення коефіцієнтів місцевих опорів (принципи вибору).
28. Класифікація насосів для переміщення рідин.
29. Основні параметри роботи насосів.
30. Теоретичний напір, який створює насос. Аналіз.
31. Висота всмоктування насоса. Аналіз.
32. Принцип дії та типи відцентрових насосів.
33. Основне рівняння відцентрових машин Ейлера. Аналіз.
34. Закони пропорційності відцентрових насосів.
35. арактеристики відцентрових насосів.
36. Характеристика гідравлічної мережі. Підбір насоса для роботи на дану мережу.
37. Послідовна та паралельна робота насосів на мережу.
38. Принцип дії та типи поршневих насосів.
39. Продуктивність та характеристики поршневих насосів.
40. Нерівномірність подачі поршневих насосів. Методи усунення (зменшення) нерівномірності.
41. Індикаторна діаграма поршневого насоса.
42. Порівняти роботу і застосування поршневих та відцентрових насосів.
43. Класифікація машин для стиснення газів. Типи компресорів.

44. Термодинамічні процеси стиснення газів.
45. Робота стиснення газів.
46. Споживана потужність при стисненні газів.
47. Поршневі компресори. Типи. Одноступеневе стиснення.
48. Індикаторна діаграма поршневого компресора.
49. Продуктивність поршневого компресора. Коефіцієнт подачі та об'ємний коефіцієнт.
50. Межа одноступеневого стискання.
51. Турбокомпресори. У чому особливість їх конструкції?
52. Порівняльна характеристика компресорних машин різних типів.
53. Дати характеристику неоднорідних систем та способів їх розділення.
54. Осідання. Матеріальний баланс. Опір рухові тіл у рідині.
55. Осідання під дією сил тяжіння. Швидкість вільного та стисненого осідання.
56. Відстійник періодичної та безперервної дії. Будова. Принцип дії. Продуктивність та поверхня осідання.
57. Фільтрування. Стадії процесу. Класифікація фільтрів для суспензій.
58. Швидкість фільтрування. Повний та питомий опір осаду і від чого він залежить?
59. Фільтрувальні перегородки. Будова нутч-фільтра.
60. Рівняння фільтрування при постійній різниці тисків і при постійній швидкості фільтрування.
61. Центрифугування. Класифікація центрифуг. Фактор розділення.
62. Процеси розділення у відстійних та фільтруючих центрифугах.
63. Фільтруючі та відстійні центрифуги. Будова. Принцип дії.
64. Рідинний сепаратор і трубчата надцентрифуга. Будова. Принцип дії.
65. Мокре розділення. Гідроциклони. Будова. Принцип дії. Переваги та недоліки.
66. Методи розділення неоднорідних газових систем. Гравітаційна очистка газів. Пиловідстійна камера.
67. Очистка газів під дією інерційних та відцентрових сил. Будова апаратів. Принцип дії.
68. Очистка газів фільтруванням. Будова основних апаратів. Принцип дії.
69. Мокра очистка газів. Принцип дії та будова апаратів.
70. Електрична очистка газів. Ступінь очистки. Схема трубчастого та пластинчастого електрофільтрів.
71. Порівняльна характеристика газоочисних апаратів.
72. Перемішування в хімічній технології. Інтенсивність перемішування.
73. Як класифікуються мішалки за типом потоку рідини, який створюється в апараті? Лопатеві мішалки.
74. Порівняльна характеристика пропелерних та турбінних мішалок.
75. Як знаходиться число оборотів мішалок?
76. Теплопередача. Способи передачі тепла. Рівняння теплопередачі. Рівняння теплового балансу.

77. Теплопровідність. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності, фізичний зміст.
78. Диференційне рівняння теплопровідності. Фізичний зміст. Як його перетворити в рівняння теплопровідності плоскої, циліндричної одно- і багат шарової стінки.
79. Взаємне випромінювання твердих та газових тіл. Кількість тепла, яке передається шляхом випромінювання.
80. Конвективна передача тепла. Закон тепловіддачі Ньютона. Коефіцієнт тепловіддачі, фізичний зміст.
81. Диференційне рівняння конвективного теплообміну. Закон Фур'є-Кіргофа та його фізичний зміст?
82. Теплова подібність, теореми подібності: (Ньютона, Бекінгема, Кирпичова).
83. Фізичний зміст критеріїв теплової подібності: Нусельта, Фур'є, Пекле, Прандтля, Грасгофа.
84. Який вигляд має критеріальне рівняння при конвективній тепловіддачі для турбулентного, перехідного та ламінарного рухів без зміни агрегатного стану теплоносіїв?
85. Критеріальне рівняння при тепловіддачі ззовні прямих труб без зміни агрегатного стану теплоносіїв.
86. Критеріальне рівняння для теплообміну в апаратах з мішалками, при рухові теплоносія у вигляді тонкої плівки.
87. Тепловіддача при вільній конвекції.
88. Як розрахувати коефіцієнт тепловіддачі при конденсації пари на горизонтальній і вертикальній поверхнях та для киплячої рідини?
89. Теплопередача при сталих температурах для плоскої та циліндричної, одно- і багат шарової стінок.
90. Теплопередача при змінних температурах. Види напрямку руху теплоносіїв. Рівняння теплопередачі для прямо- і протитечії.
91. Аналіз та вибір взаємного напрямку руху теплоносіїв.
92. Теплопередача при нестационарному режимі теплообміну.
93. Способи нагрівання в хімічній технології. Промислові теплоносії та їх коротка характеристика.
94. Способи охолодження. Витрата води на охолодження.
95. Способи нагрівання водяною парою. Витрата "глухої" та "гострої" пари.
96. Конденсація пари. Поверхневі конденсатори. Будова. Принцип дії.
97. Класифікація теплообмінних апаратів. Як знайти поверхню нагрівання та теплове навантаження?
98. Конденсатори змішування. Будова, принцип дії.
99. Кожухотрубчасті теплообмінники. Будова, принцип дії. Коли застосовують одно- і багатходові апарати? Як закріплюють труби в трубних решітках?
100. Кожухотрубчасті теплообмінники з компенсуючими пристроями. Будова. Принцип дії.

101. Двотрубні та змійовикові теплообмінники. Будова. Принцип дії.
102. Пластинчатий та спіральний теплообмінники. Будова. Принцип дії.
103. Теплообмінні пристрої реакційних апаратів. Будова. Принцип дії.

4. 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., Коган 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., Скрябин 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. 289 с.

З М І С Т

1. Загальні вказівки до виконання контрольних робіт	3
2. Задачі з розділів	7
2.1. Гідравліка	7
2.2. Гідравлічні машини	13
2.3. Гідромеханічні процеси	18
2.4. Теплові процеси	26
3. Контрольні запитання	35
4. Список літератури	39