Л. С. ДОНИН

СПРАВОЧНИК ПО ВЕНТИЛЯЦИИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

МОСКВА
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
1977

УДК 697.9:664 (031)

В справочнике рассматриваются вопросы проектирования, монтажа и эксплуатации систем вентиляции, аспирации и кондиционирования воздуха на хлебопекарных, макаронных, кондитерских, пивобезалкогольных, винодельческих, консервных, крахмало-паточных и дрожжевых предприятиях.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников пищевой промышленности и проектных организаций.

Рецензенты: канд. техн. наук В. В. МУХИН, инж. Л. П. РИФ.

Д $\frac{31701-019}{044(01)-77}$ 19—77

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основная цель, которую ставил перед собой автор, создавая настоящий справочник, — это систематизировать и конкретизировать расчеты вентиляционных систем, конструкторские требования, способы выбора вентиляционного оборудования и указания по монтажу и эксплуатации вентиляционных устройств применительно к отраслям пищевой промышленности.

На предприятиях пищевой промышленности при внедрении новой техники и прогрессивной технологии, а также при проведении мероприятий по дальнейшему улучшению условий труда вентиляционные системы подвергаются реконструкции. В большинстве случаев такая реконструкция осуществляется силами инженерно-технических работников предприятий. В помощь им и предназначен справочник. Кроме того, он может быть использован инженерно-техническими работниками проектных организаций.

В справочнике приведены упрощенные формулы и примеры расчетов. Большая часть расчетных данных сведена в таблицы, что облегчает проведение расчетов.

При рассмотрении вопросов монтажа и эксплуатации систем вентиляции использован опыт специализированных наладочных организаций, а также Укргипропищепрома (г. Киев).

Материалы справочника основаны на положениях «Строительных норм и правил» (СНиП) и «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий 245—71» (СН 245—71).

Размерность величин в СНиП и СН 245—71 принята по системе МКГСС. В связи с этим в справочнике величины, связанные со СНиП и СН 245—71, приведены в системах единиц измерения СИ и МКГСС. Остальные величины даны в СИ. Во всех необходимых

случаях приводится перевод из одной системы в другую.

Автор выражает благодарность за большую помощь по сбору данных и оформлению рукописи инженерам Ф. М. Вайнман, Б. С. Дробнеру, А. И. Сидорчук и М. П. Тимофееву.

Автор признателен рецензентам канд. техн. наук В. В. Мухину и инженеру Л. П. Риф за ценные советы и предложения, сделанные при рецензировании рукописи.

Отзывы о «Справочнике по вентиляции в пищевой промышленности» и пожелания просьба направлять по адресу: 113035, Москва, 1-й Кадашевский пер., 12, издательство «Пищевая промышленность».

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Глава I. ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА

Параметры наружного воздуха

Параметры наружного воздуха приведены в главе СНиП II—А.6—72 «Строительная климатология и геофизика». Вместе с тем в 1973 и 1974 гг. в журнале «Бюллетень строительной техники» опубликованы дополнения и изменения к этой главе.

С целью облегчения расчетов для некоторых населенных пунктов составлена табл. I—1 параметров наружного воздуха, в которой учтены все дополнения и изменения к главе СНиП II—А.6—72.

Параметры наружного воздуха для расчетов отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха следует принимать по табл. I—1, используя следующие соответствующие данные:

1. Для расчета отопления любых зданий и сооружений по всем отраслям промышленности:

среднюю температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки (графа 6, табл. I—1);

число дней отопительного периода (графа 14);

среднюю температуру отопительного периода (графа 15);

среднюю скорость ветра в январе (графа 16);

2. Для расчета общеобменной вентиляции в холодный период года по всем отраслям промышленности:

а) при наличии местных отсосов или при значительной влажности в помещении — среднюю температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки (графа 6);

б) в других случаях среднюю температуру наружного воздуха наиболее холодного периода (графа 8);

в) во всех случаях — среднюю относительную влажность наружного воздуха в 13 ч наиболее холодного месяца (графа 12) и среднюю скорость ветра в январе (графа 16).

3. Для расчета общеобменной вентиляции в теплый период года по всем отраслям промышленности:

среднюю температуру наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца (графа 5);

среднюю относительную влажность наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца (графа 13);

среднюю скорость ветра в июле (графа 17).

4. Для расчета систем кондиционирования в холодный период года:

среднюю температуру наружного воздуха наиболее холодного периода (графа 8) — на макаронных и кондитерских фабриках;

среднюю температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки (графа 6) — на табачных фабриках, винодельческих, пивоваренных заводах и заводах безалкогольных напитков;

Город	Барометрическое давление		Средняя температура наружного воздуха, °С					
			в 13 ч					
	кПа	мм рт. ст.	наиболее холодного месяца $t_н^{х.м}$	наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$	наиболее холодной пятидневки $t_н^{х.п}$	наиболее холодных суток $t_н^{х.с}$	наиболее холодного периода $t_н^{х}$	за июль $t_н^{и}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Алма-Ата	93	700	— 4,8	27,6	—25	—28	—10	23,3
Архангельск	101	760	—12,0	18,6	—32	—36	—19	15,6
Астрахань	101	760	— 4,0	29,5	—22	—26	— 8	25,3
Ашхабад	97	730	4,7	36,0	—11	—14	— 2	30,7
Баку	101	760	5,1	28,3	— 4	— 6	1	25,7
Барнаул	99	745	—15,0	23,9	—39	—43	—23	19,7
Батуми	101	760	8,5	25,9	— 1	— 2	4	22,6
Бийск	97	730	—14,2	24,2	—38	—42	—24	18,9
Боровичи	99	745	— 8,4	21,1	—28	—33	—13	17,4
Братск	97	730	—21,1	22,5	—43	—46	—30	18,2
Брянск	98	745	— 7,1	22,5	—24	—29	—13	18,4
Великие Луки	99	745	— 6,5	21,7	—27	—31	—12	17,2
Вентспилс	99	745	— 2,2	18,4	—18	—23	— 7	16,5
Вильнюс	99	745	— 4,5	21,6	—23	—25	— 9	18,0
Винница	97	730	— 3,9	23,0	—21	—26	—10	18,7
Витебск	99	745	— 6,8	21,6	—26	—31	—12	18,0
Владивосток	99	745	—10,7	23,6	—25	—26	—16	20,0
Владимир	99	745	—10,7	21,4	—27	—33	—16	18,1
Вологда	99	745	—10,8	21,1	—31	—35	—16	19,9
Волгоград	99	745	— 8,2	28,6	—22	—29	—13	24,2
Воронеж	99	745	— 8,1	24,2	—25	—30	—14	19,9
Вышний Волочек	99	745	— 8,6	21,0	—29	—34	—14	17,4
Горький	99	745	—11,4	21,2	—30	—33	—16	18,1
Грозный	99	745	— 1,4	28,8	—16	—23	— 5	23,8
Даугавпилс	101	760	— 5,5	21,2	—27	—30	—10	17,8
Джамбул	101	760	— 2,3	29,4	—24	—31	— 9	23,3
Днепропетровск	99	745	— 4,4	26,5	—24	—26	— 9	22,3
Донецк	99	745	— 4,8	26,4	—24	—29	—10	21,6
Ейск	101	760	— 2,8	26,3	—21	—26	— 7	24,2
Енисейск	99	745	—20,1	22,3	—47	—50	—28	18,4
Ереван	91	685	— 1,5	29,7	—19	—20	— 8	25,1
Жданов	101	760	— 3,4	26,6	—23	—28	— 9	22,7
Запорожье	101	760	— 3,8	27,1	—23	—28	— 9	22,7
Иваново	99	745	—10,4	22,2	—28	—33	—16	17,4
Иркутск	95	715	—17,8	22,7	—38	—40	—25	17,6
Казань	99	745	—12,7	22,8	—30	—35	—18	19,0

Таблица 1

Абсолютная температура наружного воздуха, °С		Средняя относительная влажность наружного воздуха φ в 13 ч		Отопительный период		Средняя скорость ветра, v, м/с		Максимальная амплитуда колебания температуры наружного воздуха в июле $A_{t_н}$, °С	Климатическая зона для расчетов систем кондиционирования воздуха
максимальная $t_{н}^{а.м}$	минимальная	наиболее холодного месяца	наиболее жаркого месяца	число дней	средняя температура, °С	в январе	в июле		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
42	—38	68	35	166	— 2,1	1,9	0	9,7	VII
34	—45	88	63	251	— 4,7	5,9	4,0	9,75	[illegible]
40	—34	66	37	172	— 1,6	4,8	3,6	10,0*	VIII
47	—24	65	21	111	3,9	2,8	2,4	12,15	[illegible]
40	—13	72	46	119	5,1	8,4	4,0	6,85	I
38	—52	76	54	219	— 8,3	5,9	0	11,05	[illegible]
40	— 9	70	73	115	7,6	—	—	9,25	I
39	—53	79	55	222	— 8,7	4,7	2,8	11,05*	[illegible]
35	—54	83	58	219	— 3,2	—	—	10,0*	IV
37	—58	78	56	246	—10,3	3,4	0	11,6*	[illegible]
38	—42	84	53	206	— 2,6	6,3	0	—	IV
35	—46	87	60	209	— 2,6	6,1	0	10,6	V
35	—32	84	77	207	— 0,7	9,7	4,9	—	V
35	—37	84	58	194	— 0,9	5,5	0	9,35*	V
38	—36	81	54	189	— 1,1	3,6	2,8	11,15	V
36	—41	85	59	205	— 1,6	5,9	3,6	9,55	V
36	—31	58	79	201	— 4,8	9,0	4,7	8,35	V
37	—48	85	57	217	— 4,4	4,5	2,9	—	V
35	—48	84	61	228	— 4,8	6,0	3,7	10,95*	[illegible]
42	—36	83	33	182	— 3,4	—	—	11,1*	VI
41	—38	83	47	199	— 3,4	5,4	3,3	9,90	VI
35	—48	83	58	217	— 3,3	4,3	3,3	9,90	IV
37	—41	84	56	218	— 4,7	5,1	0	8,75	IV
41	—33	84	47	164	0,4	3,5	0	11,65	IV
36	—43	83	56	203	— 1,5	5,1	0	10,5	V
44	—41	68	30	167	— 1,1	3,0	0	13,0	IV
40	—34	83	43	175	— 1,0	5,5	0	9,6	VI
40	—37	88	43	183	— 1,8	6,2	3,4	9,75*	VI
39	—31	85	58	166	0,5	7,4	5,0	11,45*	VI
37	—59	78	57	245	— 9,8	3,7	0	11,45	[illegible]
41	—31	69	34	139	0,5	2,5	0	10,8	IV
39	—31	84	46	177	— 0,8	—	—	10,8*	VI
41	—34	82	42	175	— 0,7	5,4	3,5	10,8*	VI
38	—46	84	56	217	— 4,4	4,9	2,8	—	VII
36	—50	78	58	241	— 8,9	2,8	0	13,1	[illegible]
38	—47	83	53	218	— 5,7	5,7	3,6	9,55	VII

Город	Барометрическое давление		Средняя температура наружного воздуха, °С					
			в 13 ч					
	кПа	мм рт. ст.	наиболее холодного месяца $t^{х.м}_{н}$	наиболее жаркого месяца $t^{ж.м}_{н}$	наиболее холодной пятидневки $t^{х.п}_{н}$	наиболее холодных суток $t^{х.с}_{н}$	наиболее холодного периода $t^{х}_{н}$	за июль $t^{и}_{н}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Калинин	99	745	— 8,4	21,7	—29	—33	—15	17,2
Калуга	99	745	— 8,2	22,4	—26	—31	—14	17,6
Камышин	101	760	— 9,7	26,6	—26	—30	—15	23,8
Караганда	75	715	—12,9	25,1	—32	—35	—20	20,3
Каунас	99	745	— 4,0	21,2	—20	—24	— 8	17,9
Кемерово	99	745	—17,1	21,8	—39	—42	—25	18,4
Кемь	101	760	—10,2	16,8	—27	—32	—15	14,4
Керчь	101	760	0,3	26,0	—15	—19	— 4	23,6
Киев	99	745	— 4,7	23,7	—21	—26	—10	19,8
Киров	99	745	—13,6	20,9	—31	—35	—19	17,8
Кишинев	89	745	— 1,9	26,0	—15	—20	— 7	21,5
Конотоп	99	745	— 5,9	24,0	—23	—29	—11	19,5
Кострома	99	745	—11,2	21,1	—30	—36	—16	17,6
Краснодар	101	760	0,3	28,6	—19	—23	— 5	23,2
Красноярск	97	730	—15,8	22,5	—40	—44	—22	18,7
Куйбышев	99	745	—12,7	24,3	—27	—36	—18	19,0
Курск	97	730	— 7,7	22,9	—24	—29	—14	19,3
Кутаиси	99	745	7,7	27,4	— 3	— 4	— 3	23,2
Ленинабад	95	715	0,7	34,4	—13	—16	— 4	27,4
Ленинакан	84	630	— 6,4	24,8	—23	—26	—14	19,0
Ленинград	101	760	— 7,0	20,6	—25	—28	—11	17,8
Лиепая	99	745	— 1,2	18,3	—18	—23	— 6	16,7
Липецк	99	745	— 8,4	24,4	—26	—32	—15	20,2
Львов	97	730	— 2,2	22,1	—19	—23	— 7	18,8
Магнитогорск	97	730	—14,2	22,8	—34	—37	—22	18,3
Махачкала	101	760	0,8	26,9	—14	—19	— 2	24,7
Минск	99	745	— 6,0	21,2	—25	—30	—10	17,8
Мичуринск	99	745	— 9,2	24,4	—26	—32	—15	20,0
Москва	99	745	— 8,7	22,3	—25	—32	—14	19,3
Мурманск	101	760	— 9,9	14,7	—28	—34	—18	12,4
Нижнеудинск	95	715	—18	23,0	—39	—43	—24	17,7
Нижний Тагил	97	730	14,2	21,5	—34	—39	—21	16,0
Николаев	101	760	— 2,2	27,9	—19	—22	— 7	23,0
Николаевск-на-Амуре	101	760	—21,6	19,6	—35	—38	—25	16,5
Новгород	101	760	— 7,6	20,8	—27	—31	—12	17,3
Новороссийск	101	760	4,2	26,7	—13	—19	— 2	23,7

Абсолютная температура наружного воздуха, °С		Средняя относительная влажность наружного воздуха φ в 13 ч		Отопительный период		Средняя скорость ветра, v, м/с		Максимальная амплитуда колебания температуры наружного воздуха в июле A_t, °С	Климатическая зона для расчетов систем кондиционирования воздуха
максимальная $t^{а.м}_{н}$	минимальная	наиболее холодного месяца	наиболее жаркого месяца	число дней	средняя температура, °С	в январе	в июле		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
38	—50	85	59	219	—3,7	6,2	0	10,0	IX
38	—46	84	59	214	—3,5	5,0	3,0	12,65*	VIII
42	—37	83	39	189	—4,5	8,5	4,6	9,05*	VIII
40	—49	77	40	212	—7,5	7,7	0	10,5	X
35	—36	85	60	192	—0,5	4,8	3,0	9,45	VI
38	—55	81	56	232	—8,8	6,8	0	11,3	X
35	—43	87	71	256	—3,7	—	—	10,0	IX
37	—26	83	52	153	2,2	7,5	4,1	10,9*	V
39	—32	82	52	187	—1,1	4,3	0	9,2	VII
37	—45	87	56	231	—5,8	5,3	4,0	2,65	X
39	—32	76	45	166	0,6	—	—	10,95	III
37	—37	85	53	193	—2,2	5,2	0	9,5	VI
37	—46	84	61	224	—4,5	5,8	3,8	10,15	X
42	—36	79	46	152	1,5	3,6	2,7	11,25	III
38	—53	72	52	235	—7,2	6,2	0	9,9	X
39	—43	84	48	206	—6,1	5,4	3,2	9,25	VIII
37	—38	86	53	198	—3,0	5,3	3,6	9,1	VI
42	—17	60	58	121	6,8	8,0	0	9,3	II
45	—26	66	19	130	2,6	8,6	5,7	11,65	I
36	—41	75	39	191	—2,7	—	—	12,05	VI
33	—36	85	59	219	—2,2	4,2	0	8,25	VI
34	—33	84	74	202	0,8	8,6	5,7	7,9	VI
39	—38	84	51	199	3,9	—	—	—	VIII
37	—34	80	58	183	0,3	6,4	0	9,65	V
39	—46	78	49	218	—7,9	8,1	0	12,75	X
37	—26	80	57	151	2,6	7,0	4,9	8,95	III
35	—39	85	56	203	—1,2	5,4	3,8	10,5	VI
40	—37	85	52	202	—4,3	5,4	0	11,1	VIII
38	—40	83	50	205	—3,2	4,9	3,4	9,25	IX
33	—38	85	63	281	—3,3	7,5	3,8	10,6	IX
37	—54	72	55	246	—9	—	—	13,95	X
37	—49	75	56	238	—6,6	—	—	12,75	X
40	—30	84	43	168	0,4	5,4	3,2	—	V
35	—47	76	70	246	—9,8	4,5	0	9,8	X
34	—45	85	61	220	—2,6	6,6	3,8	—	IX
39	—24	72	53	134	4,4	6,7	2,9	8,2	III

Город	Барометрическое давление		Средняя температура наружного воздуха, °С					
			в 13 ч					
	кПа	мм рт. ст.	наиболее холодного месяца $t_н^{х.м}$	наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$	наиболее холодной пятидневки $t_н^{х.п}$	наиболее холодных суток $t_н^{х.с}$	наиболее холодного периода $t_н^{х}$	за июль $t_н^{и}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Новосибирск	99	745	—17,1	22,7	—39	—42	—24	18,7
Одесса	101	760	— 1,4	25,0	—17	—21	— 6	22,5
Омск	99	745	—17,5	22,4	—37	—41	—23	18,3
Орджоникидзе	93	700	— 1,6	23,8	—17	—19	— 5	19,7
Орел	99	745	— 8,4	23,1	—25	—30	—13	18,8
Оренбург	99	745	—13,5	26,9	—29	—35	—20	21,9
Пенза	99	745	—11	21,8	—27	—38	—17	19,8
Пермь	99	745	—14,2	21,8	—34	—38	—20	18,1
Петрозаводск	101	760	—10,1	18,6	—29	—33	—14	16,6
Полоцк	99	745	— 6,3	21,4	—26	—30	—11	17,7
Полтава	99	745	— 5,8	24,5	—22	—27	—11	20,6
Псков	101	760	— 6,5	20,6	—26	—31	—11	17,6
Пярну	99	745	— 4,6	20,0	—22	—26	— 9	14,4
Пятигорск	101	760	— 1,4	26,3	—18	—21	— 8	21,7
Рига	101	760	— 4,1	20,3	—20	—25	— 9	17,1
Ростов-на-Дону	99	745	— 4,6	27,3	—22	—27	— 8	22,9
Рязань	99	745	—10	22,8	—27	—33	—16	18,8
Самарканд	91	685	3,8	32,3	—13	—17	— 3	25,5
Саранск	99	745	—10,8	23,5	—28	—34	—17	19,3
Саратов	99	745	—11,1	25,4	—25	—34	—16	22,1
Свердловск	97	730	—13,7	20,7	—31	—38	—20	17,4
Севастополь	101	760	3,9	25	—11	—14	— 0	22,4
Семипалатинск	97	730	—13,7	27	—38	—39	—21	22,2
Симферополь	97	730	2,2	26,1	—16	—20	— 4	21,8
Славянск	99	745	— 5	27,1	—25	—30	—10	21,8
Смоленск	99	745	— 8	20,8	—26	—33	—13	17,6
Сургут	99	745	—21,2	19,6	—40	—48	—26	16,9
Таллин	101	760	— 4,2	19	—21	—25	— 9	16,6
Тамбов	99	745	— 9,3	24,5	—27	—32	—15	20,2
Тарту	99	745	— 5,9	20,8	—23	—29	—10	17,3
Ташкент	95	715	2,4	33,2	—15	—18	— 6	26,9
Тбилиси	95	715	3,9	28,8	— 7	—10	0	24,4
Тернополь	97	730	— 3,9	22,1	—21	—25	— 9	18,4
Тобольск	99	745	—17,7	21,2	—36	—42	—22	18,0
Томск	99	745	—17,7	21,7	—40	—44	—25	18,1
Тула	99	745	— 9	22,2	—28	—31	—14	18,4

Продолжение табл. I—

Абсолютная температура наружного воздуха, °С		Средняя относительная влажность наружного воздуха φ в 13 ч		Отопительный период		Средняя скорость ветра v, м/с		Максимальная амплитуда колебания температуры наружного воздуха в июле $A_{t_н}$, °С	Климатическая зона для расчетов систем кондиционирования воздуха
максимальная $t^{а.м}_{н}$	минимальная	наиболее холодного месяца	наиболее жаркого месяца	число дней	средняя температура, °С	в январе	в июле		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
38	—50	77	56	227	— 9,1	5,7	0	11,25	I
38	—29	81	55	165	1	8,5	3,9	7,35	V
40	—49	80	52	220	— 7,7	5,1	3,6	11,25	I
37	—34	77	61	175	— 0,4	3,0	0	9,8	V
38	—39	86	52	207	— 3,3	6,5	3,8	9,85	VII
42	—42	78	40	201	— 8,1	6,1	3,9	11,35	VII
38	—43	85	52	206	— 5,1	5,6	0	9,2	I
37	—45	83	57	226	— 6,4	—	—	9,6	I
35	—40	86	63	237	— 2,9	5,9	3,2	—	I
36	—39	84	59	209	— 1,2	—	—	10,3	I
38	—37	85	48	187	— 1,9	6,2	4,4	8,9	VI
36	—41	85	59	212	— 2	4,8	3,3	10,45	I
35	—35	85	67	211	— 0,8	8,6	2,5	8,50	V
41	—33	75	48	175	0,0	6,3	0	—	IV
34	—35	83	63	205	— 0,6	4,5	0	9,65	V
40	—33	84	41	175	— 1,1	6,5	3,6	10,3*	VI
38	—41	84	54	212	— 4,2	7,3	4,1	10,15	VII
44	—30	61	25	132	2,8	2,7	0	12,6	
38	—44	83	51	210	— 4,9	6,9	0	10,2	VII
40	—41	83	41	198	— 5	6,0	3,7	10,2	VII
38	—43	77	54	228	— 6,4	5,0	0	10,05	I
38	—22	74	62	137	4,4	6,4	2,3	7,75	II
42	—49	73	40	202	— 8	4,3	0	13,4	I
40	—29	73	45	158	1,9	6,0	2,8	10,9	II
41	—38	79	44	181	—45	—	—	—	VII
35	—41	88	60	210	— 2,7	6,8	3,2	10,65*	I
34	—55	78	59	257	— 9,7	5,3	3,9	10,9	I
33	—32	85	71	221	— 0,8	7,7	4,9	8,4	V
40	—39	83	49	202	— 4,2	4,7	2,5	10,2	VII
35	—35	86	60	214	— 1,5	6,6	4,6	10,05	VII
44	—30	62	24	130	2,4	1,7	1,2	11,85	
40	—23	59	39	152	4,2	3,9	0	9,95	
37	—34	81	56	190	— 0,5	5,1	0	9,65*	V
38	—46	81	58	229	— 7	6,3	3,6	9,9	I
36	—55	78	59	234	— 8,8	5,6	0	10,2	I
38	—42	82	54	207	— 3,8	4,9	3,4	11,15	I

Город	Барометрическое давление		Средняя температура наружного воздуха, °С					
			в 13 ч					
	кПа	мм рт. ст.	наиболее холодного месяца $t^{х.м}_{н}$	наиболее жаркого месяца $t^{ж.м}_{н}$	наиболее холодной пятидневки $t^{х.п}_{н}$	наиболее холодных суток $t^{х.с}_{н}$	наиболее холодного периода $t^{х}_{н}$	за июль $t^{и}_{н}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тургай	99	745	—14,8	29	—32	—36	—22	24,1
Туркестан	97	730	— 2,2	34,4	—19	—26	— 8	28,3
Тюмень	99	745	—15,2	22,4	—35	—41	—21	18,6
Ужгород	99	745	— 1	24,2	—18	—22	— 6	20,5
Улан-Удэ	93	700	—22,4	23,7	—38	—42	—28	19,4
Ульяновск	99	745	—11,8	23,8	—31	—36	—18	19,6
Умань	99	745	— 4,4	24,1	—21	—26	— 9	19,5
Уральск	101	760	—12,4	28,1	—30	—33	—18	22,6
Уфа	99	745	—13,4	23,4	—29	—36	—19	19,3
Фергана	93	700	0,1	32,2	—15	—16	— 7	26,8
Фрунзе	93	700	— 1,4	28,9	—23	—27	— 9	24,1
Хабаровск	99	745	—19,3	24,1	—32	—34	—23	21,1
Харьков	99	745	— 5,9	25,1	—23	—28	—11	20,8
Херсон	101	760	— 1	29	—18	—22	— 7	23,0
Целиноград	97	730	—15,2	24,9	—35	—39	—22	20,2
Чарджоу	97	730	4,5	35,2	—13	—17	— 2	29,2
Чебоксары	99	745	—11,8	22,9	—32	—35	—18	18,6
Челябинск	99	745	—13,3	22,8	—29	—35	—20	18,8
Чернигов	99	745	— 5,3	23,2	—22	—27	—10	19,4
Чита	93	700	—22,5	26	—38	—41	—30	18,8
Шадринск	99	745	—14,4	23,3	—34	—40	—21	18,9
Якутск	99	745	—41,2	23	—55	—58	—45	18,7
Ялта	101	760	5,8	26,3	— 6	— 8	1	23,7
Ярославль	99	745	—10	21,6	—31	—35	—16	17,2

Примечания: 1. Для пунктов, отсутствующих в таблице, СНиП II—А.6—72 «Строительная климатология и геофизика» и жур № 1, 2, 3 и 8.

2. В графе 18 показано значение $A_{t_н} = \frac{A'_{t.н}}{2}$, где $A'_{t.н}$ вели дочкой, приняты по ближайшим пунктам той же географической зоны.

3. Прочерк в графах таблицы указывает на отсутствие данных.

Абсолютная температура наружного воздуха, °С		Средняя относительная влажность наружного воздуха φ в 13 ч		Отопительный период		Средняя скорость ветра v, м/с		Максимальная амплитуда колебания температуры наружного воздуха в июле $A_{t_н}$, °С	Климатическая зона для расчетов систем кондиционирования воздуха
максимальная $t^{а.м}_н$	минимальная	наиболее холодного месяца	наиболее жаркого месяца	число дней	средняя температура, °С	в январе	в июле		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
43	—44	79	32	196	— 8,3	—	—	11,4	I
46	—38	72	17	151	— 0,6	3,7	4,9	13,55	IV
40	—50	78	58	220	— 5,7	3,9	2,7	11,05	I
40	—28	76	52	162	— 1,6	3,6	0	11,25	I
40	—51	70	50	235	—10,6	2,8	0	12,6	I
40	—48	81	49	213	— 5,7	—	—	10,8	I
38	—37	83	49	186	— 1	5,8	0	10,95	VI
42	—43	82	37	199	— 6,5	6,8	0	12,3	VII
40	—42	82	53	211	— 6,4	—	—	9,5	I
43	—28	68	30	134	1,3	2,0	0	11,7	
42	—38	64	28	157	— 0,9	2,4	0	11,65	IV
40	—43	71	67	205	—10,1	5,9	0	8,5	I
39	—36	81	49	189	— 2,1	5,0	0	11	VI
39	—32	83	41	167	0,6	6,2	0	9,9	V
42	—52	80	42	215	— 8,7	7,7	5,0	12,65	I
45	—24	62	23	119	3,2	—	—	—	
38	—44	84	57	217	— 5,4	—	—	—	I
39	—45	78	54	216	— 7,1	4,5	3,2	10,05	I
39	—34	84	52	191	— 1,7	4,2	3,5	9,1	VI
41	—49	64	53	240	—11,6	3,9	0	12,65	I
39	—47	76	54	218	— 7,4	—	—	—	I
38	—64	72	44	254	—19,5	2,6	0	13,2	I
39	—15	71	55	126	5,2	4,4	2,4	8,45	I
36	—46	82	58	222	— 4,5	4,4	3,7	9,2*	II

параметры наружного воздуха следует определять по материалам нала «Бюллетень строительной техники», 1973 г. № 12 и 1974 г.

чина, приведенная в СНиП II—А.6—72. Значения, помеченные звез

среднюю относительную влажность наружного воздуха в 13 ч наиболее холодного месяца (графа 12) — во всех случаях.

5. Для расчета систем кондиционирования воздуха в теплый период года:

среднюю температуру наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца (графа 5) и среднюю относительную влажность наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца (графа 13) — на макаронных, табачных и кондитерских фабриках;

абсолютную максимальную температуру наружного воздуха (графа 10) и среднюю относительную влажность наружного воздуха наиболее жаркого месяца в 13 ч (графа 13) — на пивоваренных и винодельческих заводах, заводах безалкогольных напитков;

параметры наружного воздуха по табл. I—2 на солодовенных заводах и солодорастильных отделениях пивоваренных заводов.

Таблица I—2

Параметры наружного воздуха в теплый период года для расчета систем кондиционирования воздуха *

Город	Температура $t_н$, °С	Энтальпия I	
		кДж/кг	ккал/кг
Алма-Ата	31,2	54,4	13
Архангельск	24,5	55,3	13,2
Астрахань	33	64,4	15,4
Ашхабад	39	62,8	15
Баку	31,7	68,7	16,4
Барнаул	28,3	55,7	13,3
Батуми	29,6	71,6	17,1
Бийск	28,6	55,3	13,2
Боровичи	25,8	52,8	12,6
Братск	27,7	53,2	12,7
Брянск	27,3	53,2	12,7
Великие Луки	25,7	53,2	12,7
Вентспилс	22,6	51,5	12,3
Вильнюс	26,1	53,2	12,7
Винница	27,3	57	13,6
Витебск	25,7	53,2	12,7
Владивосток	24,8	61,6	14,7
Вологда	27,2	55,3	13,2
Волгоград	33	57,8	13,8
Воронеж	28,9	54,9	13,1
Вышний Волочек	25,6	52,8	12,6
Горький	26,8	54,9	13,1
Грозный	34,9	66,6	15,9
Даугавпилс	24,1	52,8	12,6
Джамбул	33,5	56,5	13,5
Днепропетровск	31	57,4	13,7
Ейск	30,8	61,1	14,6
Енисейск	27,7	52,8	12,6
Ереван	34,8	62,8	15
Жданов	31,8	60,7	14,5

Продолжение табл. I—

Город	Температура $t_н$, °С	Энтальпия I	
		кДж/кг	ккал/кг
Запорожье	31,2	59,1	14
Иваново	27	52,8	12,
Иркутск	26,9	53,6	12,
Казань	27,3	54,9	13,
Калинин	26,6	52,8	12,
Калуга	26,3	53,6	12,
Камышин	31	57,4	13,
Каунас	24,2	52,8	12,
Кемерово	27,3	53,2	12,
Кемь	21,3	46,5	11,
Керчь	30,3	62,8	15
Киев	28,7	56,2	13,
Киров	28,1	57,0	13,
Кишинев	30,2	59,9	14,
Конотоп	28	55,7	13,
Кострома	25,8	53,6	12,
Краснодар	30,8	63,7	15,
Красноярск	29,7	55,3	13,
Курск	27,8	53,6	12,
Кутаиси	31,7	69,1	16,
Ленинабад	37,6	60,7	14,
Ленинакан	30	64,4	15,
Ленинград	24,8	51,5	12,
Лиепая	22,8	52,4	12,
Липецк	28,7	54,9	13,
Львов	26,4	57,4	13,
Магнитогорск	27,4	52,4	12,
Махачкала	31,6	67	16
Минск	25,9	53,6	12,
Мичуринск	29	54,4	13
Москва	28,5	54	12,
Мурманск	22	42,7	10,
Нижнеудинск	27,7	53,2	12,
Нижний Тагил	26,3	50,2	12
Николаев	31	62	14,
Николаевск-на-Амуре	23,9	52,4	12,
Новгород	24,5	52,8	12,
Новороссийск	30,1	65,8	15,
Новосибирск	26,4	54,9	13,
Одесса	28,6	62	14,
Омск	27,7	53,6	12,
Орджоникидзе	31,1	64,8	15,
Орел	27,7	53,6	12,
Оренбург	31,4	54,4	13
Пенза	28,4	54	12,
Пермь	26,3	53,2	12,
Петрозаводск	23,1	50,2	12

Продолжение табл. I—

Город	Температура $t_н$, °С	Энтальпия I	
		кДж/кг	ккал/кг
Полоцк	25,8	52,8	12,6
Полтава	29,4	64,8	15,-
Псков	25,6	51,9	12,4
Пярну	24,3	51,1	12,2
Пятигорск	30,6	63,7	15,2
Рига	24,3	51,1	12,2
Ростов-на-Дону	31,9	60,7	14,5
Рязань	27,3	53,6	12,8
Самарканд	35	62,8	15
Саранск	27,7	54,4	13
Саратов	30,5	56,5	13,5
Свердловск	28,7	51,1	12,2
Севастополь	29,4	64,4	15,4
Семипалатинск	32	54	12,9
Симферополь	31,8	63,2	15,
Славянск	31,2	58,2	13,9
Смоленск	25,3	53,2	12,7
Сургут	26,2	53,2	12,7
Таллин	23,5	51,1	12,2
Тамбов	28,9	54,4	13
Тарту	25,3	52,8	12,6
Ташкент	35,7	62,8	15
Тбилиси	34,7	62,8	15
Тернополь	26,8	57,4	13,7
Тобольск	26,4	54,4	13
Томск	25,9	52,8	12,6
Тула	27	53,6	12,8
Тургай	32,8	51,9	12,4
Туркестан	39,4	54	12,9
Тюмень	28	55,3	13,2
Ужгород	28,1	59,1	14
Улан-Удэ	29,7	54	12,9
Ульяновск	28,5	54,4	13
Умань	28,7	57,8	13,8
Уральск	32,8	57	13,6
Уфа	28	54,1	13
Фергана	36,2	65,8	15,7
Фрунзе	34,4	79,9	18,8
Хабаровск	28,4	64,4	15,4
Харьков	29,4	56,2	13,4
Херсон	30,6	61,6	14,7
Целиноград	31	51,1	12,2
Чарджоу	39,5	62,8	15
Чебоксары	27	54,4	13
Челябинск	27,3	52,4	12,5
Чернигов	27,8	54,4	13
Чита	25,2	53,2	12,7

Город	Температура $t_н$, °С	Энтальпия I	
		кДж/кг	ккал/кг
Шадринск	27,8	52,4	12,5
Якутск	28,6	52,4	12,5
Ялта	30,5	64,6	15,4
Ярославль	25,8	52,8	12,6

Примечание. Таблица составлена по СНиП II—33—75.

---

* Параметры соответствуют температуре воздуха, более высокое значение которой в данном городе наблюдается не более 220 ч в году, и энтальпии воздуха, более высокое значение которой наблюдается не более 200 ч в году (в среднем по многолетним наблюдениям); при этом общая продолжительность периода расчетных условий для параметров составляет не более 200 ч в год.

Пример 1. Определить параметры наружного воздуха для проектирования общеобменной вентиляции на консервном заводе в Харькове. В производственных помещениях повышенная влажность и имеются местные отсосы от оборудования.

По табл. I—1, и руководствуясь указаниями, изложенными выше, находим:

в холодный период $t_н^{х.п} = -23°$ С; $\varphi = 81\%$;

в теплый период $t_н^{ж.м} = 25{,}1°$ С; $\varphi = 49\%$;

средняя скорость ветра

в январе $v = 5$ м/с;

в июле $v = 0$ м/с;

продолжительность отопительного периода 189 дней;

средняя температура отопительного периода $t_{ср} = -2{,}1°$ С.

Параметры внутреннего воздуха

Расчетные параметры воздуха в рабочей зоне производственных помещений по предприятиям пищевой промышленности указаны в табл. I—3 и I—4.

Таблица I—3

Параметры воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Производственное помещение	Холодный период года при $t_н$ ниже 10° С			Теплый период года при средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$			
				от 10 до 25° С		выше 25° С	
	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с
Хлебозаводы							
Склады тарного и бестарного хранения муки, просеивательное отделение, бункерная	18	55	—	Не нормируется			
Экспедиция, экспедиторская, дозировочная	18	65	—	»			
Тестомесильное, тесторазделочное, дрожжевое или заквасочное отделения	20	60	0,5	($t_н$+3), но не более 28	—	($t_н$+3), но не более 31	—
Пекарный зал и топочное отделение (тупиковые печи)	22	60	0,8	($t_н$+5), но не более 28	1,0	($t_н$+5), но не более 33	1,0
Пекарный зал (сквозные печи), хлебохранилище	20	60	0,5	($t_н$+3), но не более 28	0,8	($t_н$+3), но не более 31	0,8
Помещение отделки и укладки пирожных	18	55	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Макаронные фабрики							
Помещение для подготовки муки и яичных обогатителей	18	55	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Тестоформовочное и упаковочное отделения, экспедиция	18	55	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Сушильное отделение	20	60	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,8	($t_н$+5), но не более 33	0,8

Производственное помещение	Холодный период года при $t_н$ ниже 10° С			Теплый период года при средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$			
				от 10 до 25° С		выше 25° С	
	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с
Крахмалосушильные заводы							
Оборотный склад сырья	18	60	Не нормируется				
Моечное отделение, отделение замачивания кукурузы и выделения зародыша	18	70	0,5	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Отделение измельчения картофеля или кукурузы и отмывания и промывания крахмала, отделение обработки ловушечного крахмала, отделение осушающих центрифуг	18	70	0,5	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Отделения сушки, подработки сухого крахмала, отделение упаковки и хранения крахмала	20	60	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,8	($t_н$+5), но не более 33	0,8
Заводы по производству патоки							
Склад сырого крахмала	5	Не нормируется					
Отделение гидролиза крахмала, нейтрализации, фильтрационное отделение, отделение регенерации угля	20	70	0,5	($t_н$+3), но не более 28	0,7	($t_н$+3), но не более 31	0,7
Выпарное отделение	20	60	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,7	($t_н$+5), но не более 33	0,7
Склад патоки	18	Не нормируется					

Производственное помещение	Холодный период года при $t_н$ ниже 10° С			Теплый период года при средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$			
				от 10 до 25° С		выше 25° С	
	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с
Заводы по производству хлебопекарных дрожжей							
Дрожжерастильное отделение	18	70	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Отделение турбовоздуходувок	18	50	0,3	То же	0,5	То же	0,5
Экспедиция, отделение расфасовки сушеных дрожжей	18	50	0,3	»	0,5	»	0,5
Склад сухих дрожжей, склад тары	14	50	Не нормируется				
Формовочное и упаковочное отделения, отделение разведения дрожжей, отделение сборников дрожжевого концентрата	18	50	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Сушильный цех	20	60	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,7	($t_н$+5), но не более 31	0,7
Отделение вакуумфильтров, сепараторное отделение, цех чистых культур, отделение приготовления питательной среды	18	70	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Приготовительное отделение	18	50	0,3	То же	0,5	То же	0,5
Склад химикатов	12	Не нормируется					
Бункерное помещение для шлама	16	»					

Производственное помещение	Холодный период года при $t_н$ ниже 10° С			Теплый период года при средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$			
				от 10 до 25° С		выше 25° С	
	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с
Консервные заводы							
Подготовительное отделение, отделение обработки сырья, отделение мойки инвентаря и тары, цех утилизации отходов, замочное и квасильное отделения	18	70	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Отделение укладки, расфасовки и упаковки, закрытое сульфитационное отделение	18	55	0,3	То же	0,5	То же	0,5
Варочное и сиропное отделения, выстоечное отделение, выпарная станция, фруктовый цех, обжарочное отделение, овощной цех, соусное отделение	22	70	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,8	($t_н$+5), но не более 33	0,8
Стерилизационное отделение, сушильное отделение	22	60	0,5	То же	0,8	То же	0,8
Склады сырья (сахара, соли, муки, крупы, жиров), склад готовой продукции	12	Не нормируется					
Цехи производства деревянной, картонной и жестяной тары, лакировочный цех, цех литографии, отделение калибровки стеклянной тары	18	55	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5

Производственное помещение	Холодный период года при $t_н$ ниже 10° С			Теплый период года при средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$			
				от 10 до 25° С		выше 25° С	
	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с
Кондитерские фабрики							
Варочные отделения	20	70	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,8	($t_н$+5), но не более 33	0,8
Протирочное отделение, отделения подготовки сырья и роспуска крошек, моечное отделение	18	70	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Отделения обжарки и размола какао бобов	20	50	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,8	($t_н$+5), но не более 33	0,8
Отделения приготовления, измельчения и отделки шоколадных масс	18	60	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Пудрильное и рецептурное отделения, отделения отливки и выборки корпусов конфет	18	55	0,3	То же	0,5	То же	0,5
Паточная и сиропная станции, фруктоварочное отделение	20	70	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,8	($t_н$+5), но не более 33	0,8
Отделение пекарных и вафельных печей	22	60	0,5	То же	0,8	То же	0,8
Отделение приема сырья	14	Не нормируется					
Упаковочное отделение, цехи гофрированной и деревянной тары, литографии, хроматографии, тарный цех	16	55	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5

Производственное помещение	Холодный период года при $t_н$ ниже 10° С			Теплый период года при средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$			
				от 10 до 25° С		выше 25° С	
	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с
Винодельческие заводы							
Бродильное отделение, отделения доображивания и хранения виноматериалов, отпускное отделение	18	70	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Отделение приема виноматериалов на заводах городского типа, отделение мойки бутылок, цех розлива	18	70	0,3	То же	0,5	То же	0,5
Цех посуды	14	Не нормируется					
Биохимическое отделение цеха шампанизации	18	60	0,8	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Пивоваренные заводы							
Отделение подработки ячменя и солода	18	50	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Отделение замачивания ячменя	18	70	0,3	То же	0,5	То же	0,5
Помещение солодосушилок	22	60	0,5	»	0,5	»	0,5
Варочный цех, машинное отделение варочного цеха	22	60	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,8	($t_н$+5), но не более 33	0,8
Цехи сепарации и осветления сусла, отделения бутылочного и бочкового розлива, мойки бочек и бутылок	18	70	0,3	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Склад бутылок и бочек, материальный склад	14	Не нормируется					
Осмолочная мастерская	14	»					

Производственное помещение	Холодный период года при $t_н$ ниже 10° С			Теплый период года при средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$			
				от 10 до 25° С		выше 25° С	
	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с	$t_{вн}$, °С	v, м/с
Заводы безалкогольных напитков							
Сироповарочное отделение	20	70	0,5	($t_н$+5), но не более 28	0,8	($t_н$+5), но не более 33	0,8
Купажное, заторное, вакуум-выпарное, бродильное и водоочистное отделения	18	70	0,8	($t_н$+3), но не более 28	0,5	($t_н$+3), но не более 31	0,5
Отделения мойки бутылок и бочек, розлива в бутылки и бочки, регенерации щелочи	18	70	0,3	То же	0,5	То же	0,5
Склад бутылок и бочек	41	Не нормируется					

Примечания: 1. Принятые обозначения: $t_н$ и $t_{вн}$ — соответственно температура наружного и внутреннего воздуха; φ — относительная влажность воздуха; v — скорость движения воздуха.

2. Относительную влажность воздуха в теплый период года принимать по табл. I—4.

3. Таблица составлена по материалам СН 245—71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

Таблица I—4

Относительная влажность воздуха в производственных помещениях в теплый период года

$t_{вн}$, °С	Допускаемая относительная влажность φ, %, не более		
	при наличии только тепловыделений	при одновременном выделении тепла и влаги и тепловлажностном отношении	
		$>1 \div <2$	<1
28 и выше	55	60	65
27	60	65	75
26	65	70	75
25	70	75	75
24 и ниже	75	75	75

В табл. I—5 и I—6 даны параметры воздуха для производственных помещений и участков, требующих кондиционирования воздуха.

Таблица 1—

Параметры воздуха для производственных помещений, требующи. кондиционирования воздуха

Производственное помещение, оборудование	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность, φ, %	Скорость воздуха в ра бочей зоне v, м/с
Кондитерские фабрики			
Узкий и двухъярусный транспортеры для охлаждения карамели			
поступающий воздух	12	55	—
отработанный воздух	16	50	—
Отделение дражировки, завертки, укладки и расфасовки карамели			
холодный период года	18—20	55	0,3
теплый период года	22—25	50	0,5
Отделение укладки и завертки шоколада			
холодный период года	18—20	55	0,[illegible]
теплый период года	22—25	50	0,[illegible]
Отделение производства различных сортов шоколада			
холодный период года	18—20	55	0,[illegible]
теплый период года	22—25	50	0,[illegible]
Отделение конвеерных печей бисквитного цеха			
холодный период года	20	60	0,[illegible]
теплый период года	24	55	0,[illegible]
Охлаждающий транспортер для печенья	18	60	—
Отделение изготовления тортов и пирожных			
холодный период года	18—20	55	0,[illegible]
теплый период года	22—25	50	0,[illegible]
Размазной конвейер для конфет, машина для формовки леденцов с охлаждающим транспортером, транспортер для охлаждения вафель	15	65	—

Производственное помещение, оборудование	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность, φ, %	Скорость воздуха в рабочей зоне v, м/с
Конвеерная установка для непрерывной выстойки конфет с ленточным наклонным транспортером	10	—	—
Винодельческие заводы первичного виноделия			
Винохранилища марочных вин			
в деревянной таре	12—15	75—80	До 0,5
в металлической или другой таре	12—15	50—55*	—
Винохранилища столовых вин			
в деревянной таре	12—15	75—80	До 0,5
в металлической или другой таре	12—15	50—55*	—
Винохранилища крепких и десертных вин			
в деревянной таре	16—18	70—75	До 0,5
в металлической или другой таре	16—18	50—55*	—
Винодельческие заводы городского типа			
Винохранилища			
с деревянной тарой	12—15	75—80	До 0,5
с металлической или другой тарой	12—15	50—55*	—
Склад готовой продукции	16—18	50—55*	До 0,5
Заводы шампанских вин (при бутылочном методе)			
Винохранилище и отделение выдержки виноматериалов			
в деревянной таре	12—15	75—80	До 0,5
в металлической или другой таре	12—15	50—55*	—

Производственное помещение, оборудование	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность, φ, %	Скорость воздуха в рабочей зоне v, м/с
Бродильное отделение, отделение выдержки шампанского в бутылках, склад готовой продукции	16—18	50—55*	—
Контрольный склад	18—20	50—55*	—
Пивоваренные заводы			
Солодорастильное отделение			
воздух, поступающий в слой солода	12	95	—
воздух, выходящий из слоя солода	16	80	—
Бродильные цехи, дрожжевые отделения	1	<70	0,5
Отделения с закрытым брожением	6	<70	0,5
Склады хмеля	1	<70	0,5
Цехи дображивания и фильтрации в условиях «закрытой» схемы для жигулевского пива при 11 сут дображивания	4	<70	0,5
То же, в остальных случаях	1	<70	0,5
Экспедиция (для бутылочного и бочкового розлива)	12	<60	0,5
Заводы безалкогольных напитков			
Экспедиция и склад готовой продукции производства газированных вод	12	<60	0,5

* Относительная влажность воздуха в указанных помещениях не нормируется, в таблице показаны лишь ее желательные пределы.

Таблица I—6

Параметры воздуха в рабочей зоне производственных помещений табачных фабрик, требующих кондиционирования воздуха

Производственное помещение	Холодный период года при $t_н$ ниже 10° С			Теплый период года при средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м}$					
				от 10 до 23° С			выше 23° С		
	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с	$t_{вн}$, °С	φ, %	v, м/с
Прицеховые склады листового и резаного табака, готовой продукции	18	70	—	—	—	—	—	—	—
Отделение увлажнения, расщипки и резки табака	18	70	0,5	24	70	0,5	26	70	0,5
Папиросонабивной и сигаретный цехи	18	65	0,5	24	65	0,5	26	70	0,5
Участок изготовления папирос высшего сорта	18	65	0,5	24	65	0,5	26	70	0,5
Табачные склады для длительного хранения листового табака	20	75	0,5	26	70	0,5	28	70	0,5

Примечания: 1. При установке в складах резаного табака осадительных камер параметры принимать те же, что и для отделения увлажнения, расщипки и резки табака.

2. В некондиционируемых складах табака предусматривается периодическое естественное проветривание (в зависимости от параметров наружного воздуха) преимущественно в ночное время. Температура в таких складах 15° С, влажность не нормируется.

Глава II. ТОЛЩИНА И КОНСТРУКЦИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Принятые по условиям прочности конструкция и толщина наружных ограждений должны быть проверены по теплотехническим показателям в соответствии с требованиями главы СНиП II—А.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o из условий недопущения конденсации влаги на внутренней поверхности ограждений должно быть не менее требуемого $R_o^{тр}$, определяемого по формулам и исходным данным, приведенным в указанной главе СНиП.

Конструкция и толщина наружных ограждений помещений винодельческих и пивоваренных заводов, требующих кондиционирования воздуха, выбираются, как было сказано, из условий недопущения конденсации влаги на внутренней поверхности ограждений в холодный период года, а также минимального расхода холода в теплый период года в зависимости от климатической зоны, в которой находится данный населенный пункт. Характеристика климатических зон дана в табл. II—1.

Из табл. I—1 можно узнать, к какой климатической зоне относятся некоторые города.

Таблица II—1

Характеристика климатических зон для расчета установок по кондиционированию воздуха

Определяющая характеристика		Климатические зоны				
		I	II	III	IV	V
$t_н^{х.п}$, °С	от	—10,1	—5,1	—10,1	—15,1	—15,1
	до	—15,0	—10,0	—15,0	—20,0	—20,0
$\frac{t_н^{ж.м} + t_н^{а.м}}{2}$, °С	от	35,1	30,1	30,1	35,1	30,1
	до	40,0	35,0	35,0	40,0	35,0

Продолжение табл. II—1

Определяющая характеристика		Климатические зоны				
		VI	VII	VIII	IX	X
$t_н^{х.п}$, °С	от	—20,1	—20,1	—25,1	—25,1	—30,1
	до	—25,0	—25,0	—30,0	—30,0	—40,0
$\frac{t_н^{ж.м} + t_н^{а.м}}{2}$, °С	от	25,1	30,1	30,1	25,1	25,1
	до	30,0	35,0	35,0	30,0	30,0

Примечания: 1. $t_н^{х.п}$ — средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки (графа 6, табл. I—1).

2. $t_н^{ж.м}$ — средняя температура наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца (графа 5, табл. I—1), $t_н^{а.м}$ — абсолютная максимальная температура наружного воздуха (графа 10, табл. I—1).

Таблица II—2

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_o^{тр}$ для производственных и подсобных помещений

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Сплошная кладка из штучных материалов на любом растворе — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.п}$, °С: −10	−15	−20	−25	−30	−35	−40	Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С: −15	−20	−25
Хлебозаводы												
Склады тарного и бестарного хранения муки, просеивательное отделение, бункерная	18	▲55	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,478 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Экспедиция, экспедиторская, дозировочная, отделение солерастворителей	18	65	0,60 0,70	0,60 0,70	0,67 0,78	0,755 0,88	0,84 0,98	0,93 1,08	1,01 1,18	0,585 0,68	0,67 0,78	0,755 0,88
Тестомесильное, тесторазделочное,	20	60	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,645 0,75	0,72 0,84	0,79 0,92	0,86 1,0	0,50 0,58	0,575 0,67	0,645 0,75

дрожжевое и заквасочное отделения												
Пекарный зал и топочное отделение (тупиковые печи)	22	60	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,68 0,79	0,75 0,87	0,815 0,95	0,885 1,03	0,582 0,62	0,60 0,70	0,68 0,79
Пекарный зал и (сквозные печи) хлебохранилище	20	60	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,645 0,75	0,72 0,84	0,79 0,92	0,86 1,0	0,50 0,58	0,575 0,67	0,645 0,75
Помещение отделки и укладки пирожных, кладовые кондитерских изделий	18	55	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,473 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Макаронные фабрики												
Склады муки тарного и бестарного хранения, бункерная	18	55	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,473 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Помещение для подготовки муки и яичных обогатителей	18	55	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,473 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С				Покрытия — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С						
			−30	−35	−40	−45	−15	−20	−25	−30	−35	−40	−45
Хлебозаводы													
Склады тарного и бестарного хранения муки, просеивательное отделение, бункерная	18	55	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,63	0,62 / 0,78	0,705 / 0,82	0,782 / 0,91	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,03 / 1,20
Экспедиция, экспедиторская, дозировочная, отделение солерастворителей	18	65	0,85 / 0,99	0,93 / 1,08	1,02 / 1,19	1,62 / 1,89	0,687 / 0,80	0,79 / 0,92	0,895 / 1,04	1,0 / 1,16	1,10 / 1,28	1,21 / 1,41	1,31 / 1,53
Тестомесильное, тесторазделочное,	20	60	0,72 / 0,84	0,79 / 0,92	0,86 / 1,0	0,93 / 1,08	0,575 / 0,67	0,653 / 0,76	0,74 / 0,86	0,815 / 0,95	0,905 / 1,01	0,98 / 1,14	1,07 / 1,24

дрожжевое и заквасочное отделения												
Пекарный зал и топочное отделение (тупиковые печи)	22	60	0,75 0,87	0,815 0,95	0,885 1,03	0,955 1,11	0,60 0,70	0,69 0,80	0,775 0,90	0,87 1,01	0,95 1,10	1,01 1,18	1,11 1,29
Пекарный зал (сквозные печи) хлебохранилище	20	60	0,72 0,84	0,79 0,92	0,86 1,0	0,93 1,08	0,575 0,67	0,653 0,76	0,74 0,86	0,815 0,91	0,905 1,05	0,98 1,14	1,07 1,24
Помещение отделки и укладки пирожных, кладовые кондитерских изделий	18	55	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,908 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,782 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,06 1,20
Макаронные фабрики													
Склады муки тарного и бестарного хранения, бункерная	18	55	0,69 0,80	0,755 0,86	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Помещение для подготовки муки и яичных обогатителей	18	55	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,97 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Сплошная кладка из штучных материалов на любом растворе — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.п}$, °С							Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С		
			—10	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—15	—20	—25
Тестоформовочное и упаковочное отделения, экспедиция, склад готовой продукции	18	55	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,69 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,473 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Сушильное отделение	20	60	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,645 / 0,75	0,72 / 0,84	0,79 / 0,92	0,86 / 1,0	0,50 / 0,58	0,575 / 0,67	0,645 / 0,75
Крахмалосушильные заводы												
Оборотный склад сырья	18	60	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,69 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,479 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Моечное отделение, отделение замачивания кукуру-	18	70	0,60 / 0,70	0,695 / 0,81	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05	1,00 / 1,17	1,11 / 1,29	1,21 / 1,41	0,69 / 0,80	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05

зы и выделение зародыша												
Отделение измельчения картофеля или кукурузы и выделения крахмала, отделение отмывания и промывания крахмала, отделение обработки ловушечного крахмала, отделение осушающих центрифуг	[illegible]	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,93	0,905 1,05	1,00 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05
Отделения сушки, подработки сухого крахмала, упаковки и хранения крахмала	[illegible] 20	60	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,645 0,77	0,72 0,84	0,79 0,92	0,86 1,0	0,50 0,58	0,575 0,67	0,645 0,75
Заводы по производству патоки												
Отделения гидролиза и нейтрализации крахмала, фильтрационное отделение, отделение регенерации угля	20	70	0,635 0,70	0,74 0,86	0,84 0,98	0,945 1,10	1,05 1,22	1,15 1,34	1,26 1,47	0,86 1,0	0,84 0,98	0,945 1,10

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С				Покрытия — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С					
			—30	—35	—40	—45	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—45
Макаронные фабрики													
Тестоформовочное и упаковочное отделения, экспедиция, склад готовой продукции	18	55	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Сушильное отделение	20	60	0,72 0,84	0,79 0,92	0,86 1,0	0,93 1,08	0,575 0,67	0,658 0,76	0,74 0,86	0,815 0,95	0,905 1,05	0,98 1,14	1,07 1,24
Крахмалосушильные заводы													
Оборотный склад сырья	18	60	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Моечное отделение, отделение замачивания кукуру-	18	70	1,00 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,81 1,87

зы и выделение зародыша													
Отделение измельчения картофеля или кукурузы и выделения крахмала, отделение отмывания и промывания крахмала, отделение обработки ловушечного крахмала, отделение осушающих центрифуг	18	70	1,00 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Отделения сушки, подработки сухого крахмала. упаковки и хранения крахмала	20	60	0,72 0,84	0,79 0,92	0,86 1,0	0,93 1,08	0,575 0,67	0,653 0,76	0,74 0,86	0,815 0,95	0,905 1,05	0,98 1,14	1,07 1,24
Заводы по производству патоки													
Отделения гидролиза и нейтрализации крахмала, фильтрационное отделение, отделение регенерации угля	20	70	1,05 1,22	1,15 1,34	1,26 1,47	1,37 1,60	0,895 1,04	1,01 1,18	1,14 1,33	1,27 1,48	1,40 1,63	1,53 1,78	1,65 1,92

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены									
			Сплошная кладка из штучных материалов на любом растворе							Стеновые панели		
			$\frac{R_0^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}}{R_0^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{С/ккал}}$ при $t_н^{х.п}$, °С							$\frac{R_0^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}}{R_0^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{С/ккал}}$ при $t_н^{х.с}$, °С		
			—10	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—15	—20	—25
Выпарное отделение, склад патоки	20	60	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,645 0,75	0,72 0,84	0,79 0,92	0,86 1,0	0,50 0,58	0,575 0,67	0,645 0,75
Дрожжерастильное отделение	18	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,93	0,905 1,05	1,00 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05
Отделение турбовоздуходувок	18	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,473 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Экспедиция, отделение расфасовки сушеных дрожжей	18	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,635 0,97	0,473 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Склад сухих дрожжей, буферный склад тары	14	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,418 0,48	0,49 0,57	0,56 0,65

Формовочное и упаковочное отделения, отделение разведения дрожжей, отделение сборников дрожжевого концентрата	18	50	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,69 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,473 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Сушильный цех	20	60	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,645 / 0,75	0,72 / 0,84	0,79 / 0,92	0,86 / 1,0	0,50 / 0,58	0,575 / 0,67	0,645 / 0,75
Отделение вакуум-фильтров, сепараторное отделение, цех чистых культур, отделение приготовления питательной среды	18	70	0,60 / 0,70	0,695 / 0,81	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05	1,0 / 1,17	1,11 / 1,29	1,21 / 1,41	0,69 / 0,80	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05
Приготовительное отделение	18	50	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,69 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,478 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Склад химикатов	12	50	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,426 / 0,45	0,455 / 0,53	0,532 / 0,66
Бункерное помещение для шлама	16	50	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,66 / 0,77	0,76 / 0,85	0,80 / 0,96	0,433 / 0,51	0,515 / 0,60	0,585 / 0,68

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С				Покрытия — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С					
			—30	—35	—40	—45	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—45
Выпарное отделение, склад патоки	20	60	0,72 0,84	0,815 0,92	0,86 1,0	0,93 1,08	0,375 0,67	0,653 0,76	0,74 0,86	0,815 0,95	0,905 1,05	0,98 1,14	1,07 1,24
Дрожжерастильное отделение	18	70	1,00 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Отделение турбовоздуходувок	18	50	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Экспедиция, отделение расфасовки сушеных дрожжей	18	50	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Склад сухих дрожжей, буферный склад тары	14	50	0,63 0,73	0,705 0,82	0,775 0,90	0,84 0,98	0,472 0,55	0,56 0,65	0,685 0,74	0,72 0,84	0,81 0,94	0,875 1,02	0,965 1,12

Формовочное и упаковочное отделения, отделение разведения дрожжей, отделение сборников дрожжевого концентрата	18	50	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,68	0,62 / 0,72	0,705 / 0,82	0,732 / 0,91	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,03 / 1,20
Сушильный цех	20	60	0,72 / 0,84	0,79 / 0,92	0,86 / 1,0	0,93 / 1,08	0,575 / 0,67	0,651 / 0,76	0,74 / 0,86	0,815 / 0,95	0,905 / 1,05	0,98 / 1,14	1,07 / 1,24
Отделение вакуум-фильтров, сепараторное отделение, цех чистых культур, отделение приготовления питательной среды	18	70	1,0 / 1,17	1,11 / 1,29	1,21 / 1,41	1,31 / 1,53	0,76 / 0,95	0,97 / 1,13	1,09 / 1,27	1,22 / 1,42	1,36 / 1,58	1,48 / 1,72	1,61 / 1,87
Приготовительное отделение	18	50	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72	0,705 / 0,82	0,732 / 0,91	0,9 / 1,01	0,95 / 1,10	1,08 / 1,20
Склад химикатов	12	50	0,60 / 0,70	0,67 / 0,78	0,755 / 0,83	0,835 / 0,97	0,438 / 0,51	0,525 / 0,61	0,61 / 0,71	0,69 / 0,80	0,775 / 0,90	0,85 / 0,89	0,93 / 1,08
Бункерное помещение для шлама	16	50	0,66 / 0,77	0,73 / 0,85	0,80 / 0,93	0,87 / 1,01	0,505 / 0,59	0,59 / 0,69	0,67 / 0,78	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,91 / 1,06	1,00 / 1,16

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены									
			Сплошная кладка из штучных материалов на любом растворе							Стеновые панели		
			$\frac{R_o^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}}{R_o^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{С/ккал}}$ при $t_н^{х.п}$, °С							$R_o^{тр}$, м²·К/Вт / $R_o^{тр}$, м²·ч·°С/ккал при $t_н^{х.с}$, °С		
			−10	−15	−20	−25	−30	−35	−40	−15	−20	−25
Консервные заводы												
Подготовительное отделение обработки сырья, отделение мойки инвентаря и тары, цех утилизации отходов, замочное и квасильное отделение	18	70	0,60 / 0,70	0,695 / 0,81	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05	1,0 / 1,17	1,11 / 1,29	1,21 / 1,41	0,69 / 0,80	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05
Отделение укладки, расфасовки и упаковки, закрытое сульфитационное отделение с помещением для хра-	18	55	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,69 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,473 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72

нения сульфитированной продукции												
Варочное и сиропное отделение, выстоечное отделение, выпарная станция, фруктовый цех, обжарочное отделение, овощной цех, соусное отделение	22	70	0,67 0,78	0,775 0,90	0,875 1,02	0,96 1,14	1,11 1,29	1,21 1,41	1,30 1,51	0,075 0,90	0,875 1,02	0,98 1,14
Стерилизационное отделение, предсклад, сушильное отделение	22	60	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,68 0,79	0,75 0,87	0,815 0,95	0,885 1,03	0,582 0,62	0,60 0,70	0,68 0,79
Склады сырья (сахара, соли, муки, крупы, жиров), склад готовой продукции	12	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,386 0,45	0,455 0,53	0,532 0,62
Цехи производства деревянной и картонной тары, жестяной тары, лакировочный цех, цех литографии, отделение калибровки стеклянной тары	18	55	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,473 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С				Покрытия — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С						
			−30	−35	−40	−45	−15	−20	−25	−30	−35	−40	−45
Консервные заводы													
Подготовительное отделение, обработки сырья, отделение мойки инвентаря и тары, цех утилизации отходов, замочное и квасильное отделение	18	70	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Отделение укладки, расфасовки и упаковки, закрытое сульфитационное отделение с помещением для хра-	18	55	0,69 0,80	0,755 0,88	0,855 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,19	1,03 1,20

нения сульфитированной продукции												
Варочное и сиропное отделение, выстоечное отделение, выпарная станция, фруктовый цех, обжарочное отделение, овощной цех, соусное отделение	22	70	1,11 / 1,29	1,21 / 1,41	1,30 / 1,51	1,40 / 1,63	0,94 / 1,02	1,06 / 1,24	1,19 / 1,30	1,32 / 1,54	1,45 / 1,69	1,57 / 1,83	1,70 / 1,98
Стерилизационное отделение, предсклад, сушильное отделение	22	60	0,75 / 0,87	0,815 / 0,85	0,885 / 1,03	0,955 / 1,11	0,60 / 0,70	0,69 / 0,80	0,775 / 0,90	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,01 / 1,18	1,11 / 1,29
Склады сырья (сахара, соли, муки, крупы, жиров), склад готовой продукции	12	50	0,60 / 0,70	0,67 / 0,78	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,439 / 0,51	0,525 / 0,61	0,61 / 0,71	0,69 / 0,80	0,775 / 0,90	0,85 / 0,99	0,93 / 1,08
Цехи производства деревянной и картонной тары, жестяной тары, лакировочный цех, цех литографии, отделение калибровки стеклянной тары	18	55	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72	0,705 / 0,82	0,732 / 0,91	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,03 / 1,20

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Сплошная кладка из штучных материалов на любом растворе — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.п}$, °С							Наружные стены: Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С		
			—10	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—15	—20	—25
Кондитерские фабрики												
Варочные отделения	20	70	0,60 / 0,70	0,74 / 0,86	0,84 / 0,98	0,945 / 1,10	1,05 / 1,28	1,15 / 1,34	1,26 / 1,47	1,0 / 0,86	0,84 / 0,98	0,945 / 1,10
Протирочное отделение, отделения подготовки сырья и роспуска крошек, моечное отделение	18	70	0,60 / 0,70	0,695 / 0,81	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05	1,00 / 1,17	1,11 / 1,29	1,21 / 1,41	0,69 / 0,80	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05
Отделение обжарки и размола какао бобов	20	60	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,645 / 0,75	0,72 / 0,84	0,79 / 0,92	0,86 / 1,0	0,50 / 0,58	0,575 / 0,67	0,645 / 0,75
Отделение приготовления, измель-	18	60	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,69 / 0,80	0,765 / 0,89	0,635 / 0,97	0,479 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72

чения и отделки шоколадных масс												
Пудрильное и рецептурное отделения, отделение отливки и выборки корпусов конфет	18	55	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,479 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Паточная, сиропная станции, фруктоварочное отделение	20	70	0,60 0,70	0,74 0,86	0,84 0,98	0,945 1,10	1,05 1,22	1,15 1,34	1,26 1,47	0,74 0,86	0,84 0,98	0,945 1,10
Отделение пекарных и вафельных печей	22	60	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,68 0,79	0,75 0,87	0,815 0,95	0,885 1,03	0,582 0,62	0,60 0,70	0,68 0,79
Отделение приема сырья	14	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,418 0,48	0,49 0,57	0,56 0,65
Упаковочное отделение, цехи гофрированной и деревянной тары, литографии, хроматографии, тарный цех	18	55	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,478 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Отделение дражировки, завертки, укладки и расфасовки карамели	18	55	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,478 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С				Покрытия — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С						
			—30	—35	—40	—45	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—45
Кондитерские фабрики													
Варочные отделения	20	70	1,05 1,22	1,15 1,34	1,26 1,47	1,37 1,60	0,895 1,04	1,01 1,18	1,14 1,33	1,27 1,48	1,40 1,63	1,53 1,78	1,65 1,92
Протирочное отделение, отделения подготовки сырья и роспуска крошек, моечное отделение	18	70	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Отделение обжарки и размола какао бобов	20	60	0,72 0,84	0,815 0,92	0,86 1,0	0,93 1,02	0,575 0,67	0,653 0,76	0,74 0,86	0,815 0,95	0,905 1,05	0,98 1,14	1,07 1,24
Отделение приготовления, измель-	18	60	0,69 0,80	0,756 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20

чения и отделки шоколадных масс												
Пудрильное и рецептурное отделения, отделение отливки и выборки корпусов конфет	18	55	0,69 0,80	0,756 0,88	0,535 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Паточная, сиропная станции, фруктоварочное отделение	20	70	1,05 1,22	1,15 1,34	1,26 1,47	1,37 1,60	0,895 1,04	1,01 1,18	1,14 1,33	1,27 1,48	1,40 1,63	1,53 1,78	1,65 1,82
Отделение пекарных и вафельных печей	22	60	0,75 0,87	0,815 0,95	0,885 1,03	0,955 1,11	0,60 0,70	0,69 0,80	0,775 0,90	0,87 1,01	0,95 1,10	1,01 1,18	1,11 1,29
Отделение приема сырья	14	50	0,63 0,73	0,705 0,82	0,775 0,90	0,84 0,98	0,472 0,55	0,56 0,65	0,635 0,74	0,72 0,84	0,81 0,94	0,875 1,02	0,35 1,12
Упаковочное отделение, цехи гофрированной и деревянной тары, литографии, хроматографии, тарный цех	18	55	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Отделение дражировки, завертки, укладки и расфасовки карамели	18	55	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0.87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Сплошная кладка из штучных материалов на любом растворе — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.п}$, °С							Наружные стены: Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С		
			—10	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—15	—20	—25
Отделение укладки и завертки шоколада	18	55	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,69 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,478 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Отделение производства различных сортов шоколада	18	55	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,69 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,478 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Отделение конвейерных печей бисквитного цеха	20	60	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,645 / 0,75	0,72 / 0,84	0,79 / 0,92	0,86 / 1,0	0,50 / 0,58	0,575 / 0,67	0,645 / 0,75
Винодельческие заводы												
Дробильно-прессовое отделение			Из условий прочности									

Бродильное отделение, отделение дображивания и хранения виноматериалов, отпускное отделение	18	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,93	0,905 1,05	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05
Отделение приема виноматериалов на заводах городского типа, отделение мойки бутылок, цех розлива	18	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,97	0,905 1,05	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05
Склад бутылок	14	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,66 0,77	0,73 0,85	0,80 0,93	0,438 0,51	0,515 0,60	0,585 0,68
Биохимическое отделение цеха шампанизации	18	60	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,69 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,479 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Пивоваренные заводы												
Отделение подработки ячменя и солода	18	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,62 0,72	0,685 0,80	0,765 0,89	0,835 0,97	0,478 0,55	0,542 0,63	0,62 0,72
Отделение замачивания ячменя	18	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,93	0,905 1,05	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Стеновые панели; Стеновые панели. $R_o^{тр}$, м²·К/Вт / $R_o^{тр}$, м²·ч·°С/ккал при $t_н^{х.с}$, °С										
			−30	−35	−40	−45	−15	−20	−25	−30	−35	−40	−45
Кондитерские фабрики													
Отделение укладки и завертки шоколада	18	55	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72	0,705 / 0,82	0,732 / 0,91	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,03 / 1,20
Отделение производства различных сортов шоколада	18	55	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72	0,705 / 0,82	0,732 / 0,91	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,03 / 1,20
Отделение конвейерных печей бисквитного цеха	20	60	0,76 / 0,84	0,79 / 0,92	0,86 / 1,0	0,93 / 1,08	0,575 / 0,67	0,665 / 0,76	0,74 / 0,86	0,815 / 0,95	0,905 / 1,05	0,98 / 1,14	1,07 / 1,24
Винодельческие заводы													
Дробильно-прессовое отделение			Из условий прочности										

Бродильное отделение, отделение дображивания и хранения виноматериалов, отпускное отделение	18	70	1,0 1,17	1,11 1,25	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,95	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Отделение приема виноматериалов на заводах городского типа, отделение мойки бутылок, цех розлива	18	70	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Склад бутылок	14	50	0,66 0,77	0,73 0,85	0,80 0,93	0,87 1,01	0,505 0,59	0,59 0,69	0,67 0,78	0,155 0,88	0,835 0,97	0,91 1,06	1,00 1,16
Биохимическое отделение цеха шампанизации	18	60	0,69 0,80	0,756 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,802	0,78 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Пивоваренные заводы													
Отделение подработки ячменя и солода	18	**50**	0,69 0,80	0,755 0,88	0,835 0,97	0,905 1,05	0,542 0,63	0,62 0,72	0,705 0,82	0,732 0,91	0,87 1,01	0,95 1,10	1,03 1,20
Отделение замачивания ячменя	18	**70**	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены									
			Сплошная кладка из штучных материалов на любом растворе							Стеновые панели		
			$\frac{R_o^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}}{R_o^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{С/ккал}}$ при $t_н^{х.п}$, °С							$\frac{R_o^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}}{R_o^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{С/ккал}}$ при $t_н^{х.с}$, °С		
			—10	—15	—20	—25	—30	—35	—40	—15	—20	—25
Помещение для солодосушилок	22	60	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,68 / 0,79	0,75 / 0,87	0,815 / 0,95	0,389 / 1,03	0,532 / 0,62	0,60 / 0,70	0,68 / 0,79
Варочный цех, машинное отделение варочного цеха	22	60	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,68 / 0,79	0,75 / 0,87	0,815 / 0,95	0,885 / 1,03	0,707 / 0,82	0,60 / 0,70	0,68 / 0,79
Цехи сепарации и осветления сусла, отделения бутылочного и бочкового розлива, мойки бочек и бутылок	18	70	0,60 / 0,70	0,695 / 0,81	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05	1,0 / 1,17	1,11 / 1,29	1,21 / 1,41	0,69 / 0,80	0,80 / 0,93	0,905 / 1,05
Склад бутылок и бочек, материальный склад	14	50	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,66 / 0,77	0,73 / 0,85	0,80 / 0,93	0,438 / 0,51	0,515 / 0,60	0,585 / 0,68

Осмолочная мастерская	14	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,418 0,48	0,49 0,57	0,56 0,65
Заводы безалкогольных напитков и кваса												
Сироповарочное отделение	20	70	0,60 0,70	0,74 0,86	0,84 0,98	0,945 1,10	1,05 1,22	1,15 1,34	1,26 1,47	1,0 0,86	0,84 0,98	0,945 1,10
Купажное, заторное, вакуум-выпарное, бродильное и водоочистное отделения	18	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,93	0,905 1,05	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05
Отделения мойки бутылок и бочек, розлива в бутылки и бочки, отделение регенерации щелочи	18	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,93	0,905 1,05	1,00 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05
Склад бутылок и бочек	14	50	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,60 0,70	0,66 0,77	0,73 0,85	0,80 0,93	0,438 0,51	0,515 0,60	0,585 0,68
Табачные фабрики												
Прицеховые склады листового табака, резаного табака, готовой продукции	18	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,93	0,905 1,05	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Стеновые панели — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С				Покрытия — $\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С						
			−30	−35	−40	−45	−15	−20	−25	−30	−35	−40	−45
Пивоваренные заводы													
Помещение для солодосушилок	22	60	0,75 0,87	0,815 0,95	0,885 1,03	0,955 1,11	0,60 0,70	0,69 0,80	0,775 0,90	0,87 1,01	0,95 1,10	1,01 1,18	1,11 1,29
Варочный цех, машинное отделение варочного цеха	22	60	0,75 0,87	0,815 0,95	0,885 1,03	0,955 1,11	0,80 0,70	0,69 0,80	0,775 0,90	0,87 1,01	0,95 1,10	1,01 1,18	1,11 1,29
Цехи сепарации и осветления сусла, отделения бутылочного и бочкового розлива, мойки бочек и бутылок	18	70	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Склад бутылок и бочек, материальный склад	14	50	0,66 0,77	0,73 0,85	0,80 0,93	0,87 1,01	0,505 0,59	0,59 0,69	0,67 0,78	0,755 0,88	0,835 0,97	**0,91** **1,06**	1,0 1,16

Осмолочная мастерская	14	50	0,63 0,73	0,705 0,82	0,775 0,90	0,84 0,98	0,472 0,55	0,56 0,65	0,635 0,74	0,72 0,84	0,81 0,94	0,876 1,02	0,965 1,12
Заводы безалкогольных напитков и кваса													
Сироповарочное отделение	20	70	1,05 1,22	1,15 1,34	1,26 1,47	1,37 1,60	0,895 1,04	1,01 1,18	1,14 1,33	1,27 1,48	1,40 1,63	1,53 1,78	1,65 1,92
Купажное, заторное, вакуум-выпарное, бродильное и водоочистное отделения	18	70	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Отделения мойки бутылок и бочек, розлива в бутылки и бочки, отделение регенерации щелочи	18	70	1,00 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,93	0,76 0,92	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87
Склад бутылок и бочек	14	50	0,66 0,77	0,73 0,85	0,80 0,93	0,87 1,01	0,505 0,59	0,505 0,69	0,67 0,78	0,735 0,88	0,835 0,97	0,91 1,06	1,00 1,16
Табачные фабрики													
Прицеховые склады листового табака, резаного табака, готовой продукции	18	70	1,0 1,77	1,11 1,29	1,21 1,41	1,31 1,53	0,76 0,98	0,97 1,13	1,09 1,27	1,22 1,42	1,36 1,58	1,48 1,72	1,61 1,87

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены									
			Сплошная кладка из штучных материалов на любом растворе							Стеновые панели		
			$\frac{R_0^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}}{R_0^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{°С/ккал}}$ при $t_н^{х.п}$, °С							$\frac{R_0^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}}{R_0^{тр}, \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{°С/ккал}}$ при $t_н^{х.с}$, °С		
			−10	−15	−20	−25	−30	−35	−40	−15	−20	−25
Отделение увлажнения, расщипки и резки табака	18	70	0,60 0,70	0,695 0,81	0,80 0,93	0,905 1,05	1,0 1,17	1,11 1,29	1,21 1,41	0,69 0,80	0,80 0,93	0,905 1,05
Папиросонабивной и сигаретный цехи, цех приготовления папирос высшего сорта	18	65	0,60 0,70	0,60 0,70	0,67 0,78	0,755 0,88	0,84 0,98	0,93 1,08	1,01 1,18	0,585 0,68	0,67 0,78	0,765 0,88
Табачные склады для длительного хранения листового табака	20	70	0,60 0,70	0,74 0,86	0,84 0,98	0,945 1,10	1,05 1,22	1,15 1,34	1,26 1,47	0,74 0,86	0,84 0,98	0,945 1,10

Бытовые и подсобные помещения	18	50	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,685 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,473 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Конторские помещения, конструкторские бюро	18	50	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,685 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,473 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Холодильные, компрессорные и зарядные станции	18	50	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,60 / 0,70	0,62 / 0,72	0,685 / 0,80	0,765 / 0,89	0,835 / 0,97	0,473 / 0,55	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72
Котельные залы	Из условий прочности											

Продолжение табл. II—2

Производственное или подсобное помещение	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$, °С	Относительная влажность φ, %	Наружные стены: Стеновые панели				Покрытия					
			$\frac{R_o^{тр}, м^2 \cdot К/Вт}{R_o^{тр}, м^2 \cdot ч \cdot °С/ккал}$ при $t_н^{х.с}$, °С									
			−30	−35	−40	−45	−15	−20	−25	−30	−35	−40	−45
Табачные фабрики													
Отделение увлажнения, расщипки и резки табака	18	70	1,0 / 1,17	1,11 / 1,29	1,21 / 1,41	1,31 / 1,53	0,76 / 0,98	0,97 / 1,13	1,09 / 1,27	1,22 / 1,42	1,36 / 1,58	1,48 / 1,72	1,61 / 1,87
Папиросонабивной и сигаретный цехи, цех приготовления папирос высшего сорта	18	65	0,85 / 0,99	0,93 / 1,08	1,02 / 1,19	1,11 / 1,29	0,687 / 0,80	0,79 / 0,92	0,885 / 1,04	1,0 / 1,16	1,10 / 1,28	1,21 / 1,41	1,31 / 1,59
Табачные склады для длительного хранения листового табака	20	70	1,05 / 1,22	1,15 / 1,34	1,26 / 1,47	1,37 / 1,60	0,895 / 1,04	1,01 / 1,18	1,14 / 1,33	1,27 / 1,48	1,40 / 1,63	1,53 / 1,78	1,65 / 1,92

Бытовые и подсобные помещения	18	50	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72	0,705 / 0,82	0,732 / 0,91	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,08 / 1,20
Конторские помещения, конструкторские бюро	18	50	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72	0,705 / 0,82	0,732 / 0,91	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,03 / 1,20
Холодильные, компрессорные и зарядные станции	18	50	0,69 / 0,80	0,755 / 0,88	0,835 / 0,97	0,905 / 1,05	0,542 / 0,63	0,62 / 0,72	0,705 / 0,82	0,732 / 0,91	0,87 / 1,01	0,95 / 1,10	1,03 / 1,20
Котельные залы	Из условий прочности												

Примечания: 1. Среднюю температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_н^{х.п}$ и среднюю температуру наружного воздуха наиболее холодных суток $t_н^{х.с}$ определяют по табл. I—1. Для населенных пунктов с промежуточным значением температур $R_o^{тр}$ определяется путем интерполяции;

2. $R_o^{тр}$ для чердачных и междуэтажных перекрытий следует приниимать как $R_o^{тр}$ покрытий, умножая его на понижающий коэффициент n, приведенный в табл. II—3.

3. Таблица составлена по материалам СНиП II—А.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования» и в соответствии с требованиями технологии.

Требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен и покрытий $R_0^{тр}$ в зависимости от назначения помещений по отраслям промышленности, расчетных параметров внутреннего воздуха и температуры наружного воздуха данного населенного пункта, обусловленной степенью массивности ограждающих конструкций, указано в табл. II—2.

Табл. II—2 составлена исходя из следующих предположений.

Наружные стены сплошной кладки из штучных материалов относятся к «массивным ограждениям» ($D>7$) и для них принята в качестве расчетной средняя температура наиболее холодных суток (графа 7 табл. I—1); наружные стены из бетонных панелей и покрытия относятся к ограждениям «малой массивности» ($1{,}5<D\leqslant 4$) и для них используют в качестве расчетной среднюю температуру наиболее холодной пятидневки (графа 6 табл. I—1).

Примечание. D — характеристика тепловой инерции ограждающей конструкции, величина которой определяется в зависимости от характеристики и толщины отдельных составляющих ее элементов по материалам СНиП II—А.7—71.

В случае применения ограждающих конструкций «средней массивности» ($4<D\leqslant 7$) следует принимать в качестве расчетной среднюю температуру из средних температур наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки, а для определения $R_0^{тр}$ можно воспользоваться табл. II—2.

Для «легких» ограждающих конструкций ($D\leqslant 1{,}5$) следует за расчетную брать абсолютную минимальную температуру (графа 11 табл. I—1), $R_0^{тр}$ определять расчетом.

В табл. II—3 указаны значения коэффициента n для определения $R_0^{тр}$ чердачных и междуэтажных перекрытий.

Значения $R_0^{тр}$ для стен, покрытий, чердачных и междуэтажных перекрытий, а также для внутренних стен помещений винодельческих и пивоваренных заводов, требующих кондиционирования воздуха, в зависимости от их назначения, расчетных параметров внутреннего воздуха, и климатической зоны, приведены в табл. II—4.

По табл. II—5 можно найти требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$ окон, балконных дверей и фонарей в зависимости от разности температур внутреннего и наружного воздуха.

Таблица II—3

Значение коэффициента n

Ограждающие конструкции	n
Чердачные перекрытия со стальной, черепичной или асбестоцементной кровлей по разреженной обрешетке.	0,9
Чердачные перекрытия с кровлей из рулонных материалов	0,8
Междуэтажные перекрытия, отделяющие помещения с кондиционированием воздуха от других помещений с общеобменной вентиляцией	0,7
Междуэтажные перекрытия, отделяющие помещения с кондиционированием воздуха от складских помещений, не имеющих окон, но отапливаемых	0,6
Междуэтажные перекрытия, отделяющие помещения с кондиционированием воздуха от неотапливаемых и невентилируемых помещений	0,5
То же, от помещений, несообщающихся с наружным воздухом	0,4

Примечание. Таблица составлена по материалам СНиП II—А.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».

Таблица II—4

*Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{тр}$ **для помещений** с кондиционированием воздуха на винодельческих и пивоваренных заводах*

Производственное помещение	Параметры внутреннего воздуха		$R_0^{тр}$, м²·К/Вт / $R_0^{тр}$, м²·ч·°С/ккал для климатических зон									
	$t_{вн}$, °С	φ, %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Винодельческие заводы												
Наружные стены												
Винохранилище	12	80	1,57 / 1,82	1,57 / 1,82	1,57 / 1,82	1,57 / 1,82	1,57 / 1,82	1,66 / 1,93	1,66 / 1,93	1,83 / 2,13	1,83 / 2,13	1,92 / 2,22
	12	55	1,70 / 1,98	1,57 / 1,82	1,40 / 1,63	1,46 / 1,71	1,40 / 1,63	1,20 / 1,40	1,26 / 1,47	1,18 / 1,38	1,11 / 1,29	1,07 / 1,25
	16	75	1,30 / 1,52	1,06 / 1,23	1,16 / 1,35	1,34 / 1,56	1,34 / 1,56	1,36 / 1,58	1,37 / 1,60	1,50 / 1,75	1,50 / 1,75	1,65 / 1,92
	16	55	0,965 / 1,12	0,95 / 1,10	0,91 / 1,05	0,91 / 1,05	0,86 / 1,0	0,86 / 1,0	0,835 / 0,97	0,86 / 1,0	0,91 / 1,05	0,95 / 1,10
Цех обработки и выдержки коньячных спиртов	18	75	1,41 / 1,64	1,20 / 1,40	1,33 / 1,54	1,57 / 1,82	1,57 / 1,82	1,66 / 1,93	1,66 / 1,93	1,83 / 2,13	1,83 / 2,13	1,92 / 2,34

Продолжение табл. II—4

Производственное помещение	Параметры внутреннего воздуха		$R_0^{тр}$, м²·К/Вт / $R_0^{тр}$, м²·ч·°С/ккал для климатических зон									
	$t_{вн}$, °С	φ, %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Контрольные склады	18	55	0,95 1,10	0,99 1,15	0,99 1,15	1,03 1,20	1,05 1,22	1,07 1,25	1,12 1,30	1,12 1,30	1,16 1,35	1,20 1,40
Склады готовой продукции	16	55	0,965 1,12	0,95 1,10	0,91 1,05	0,91 1,05	0,88 1,02	0,86 1,0	0,835 0,97	0,86 1,0	0,91 1,05	0,95 1,10
Внутренние стены												
Винохранилище	12	80	1,09 1,27	0,895 1,04	0,94 1,09	1,09 1,27	1,09 1,27	1,16 1,35	1,16 1,35	1,28 1,49	1,28 1,49	1,41 1,64
	12	55	0,835 0,97	0,688 0,80	0,68 0,79	0,722 0,84	0,688 0,80	0,575 0,67	0,62 0,72	0,56 0,65	0,525 0,61	0,507 0,59
	16	75	0,915 1,06	0,74 0,86	0,81 0,94	0,93 1,08	0,93 1,08	0,95 1,10	0,96 1,11	1,05 1,22	1,05 1,22	1,16 1,34
	16	55	0,69 0,80	0,60 0,70	0,595 0,69	0,62 0,72	0,595 0,69	0,535 0,62	0,55 0,64	0,525 0,61	0,50 0,58	0,40 0,57
Цех обработки и выдержки коньячных спиртов	18	75	0,985 1,15	0,84 0,98	0,93 1,08	1,09 1,27	1,09 1,27	1,16 1,35	1,16 1,35	1,28 1,49	1,28 1,49	1,41 1,64

Контрольные склады	18	55	0,60 0,70	0,55 0,64	0,55 0,64	0,575 0,67	0,567 0,66	0,542 0,63	0,559 0,65	0,575 0,67	0,567 0,66	0,628 0,73
Склады готовой продукции	16	55	0,657 0,80	0,60 0,70	0,593 0,69	0,635 0,74	0,61 0,71	0,558 0,65	0,585 0,68	0,683 0,69	0,575 0,67	0,628 0,73

Покрытия

Винохранилище	12	80	1,89 2,20	1,69 1,96	1,63 1,88	1,87 2,17	1,79 2,08	1,85 2,15	1,85 2,15	2,04 2,37	2,04 2,37	2,24 2,60
	12	55	1,67 1,94	1,57 1,53	1,40 1,63	1,47 1,71	1,40 1,63	1,20 1,40	1,27 1,48	1,18 1,38	1,11 1,29	1,08 1,25
	16	75	1,57 1,89	1,44 1,69	1,41 1,64	1,63 1,89	1,50 1,75	1,59 1,84	1,59 1,85	1,67 1,94	1,67 1,94	1,86 2,13
	16	55	1,43 1,66	1,38 1,60	1,27 1,48	1,32 1,55	1,26 1,46	1,15 1,34	1,18 1,38	1,13 1,32	1,09 1,27	1,59 1,85
Цех обработки и выдержки коньячных спиртов	18	75	1,63 1,90	1,45 1,68	1,52 1,77	1,80 2,09	1,76 2,05	1,85 2,15	1,85 2,15	2,04 2,37	2,04 2,37	2,24 2,60
Контрольные склады	18	55	1,72 1,53	1,27 1,48	1,20 1,40	1,23 1,43	1,20 1,40	1,12 1,31	1,15 1,34	1,12 1,30	1,08 1,26	1,07 1,25
Склады готовой продукции	16	55	1,43 1,66	1,37 1,60	1,27 1,48	1,31 1,59	1,25 1,46	1,15 1,64	1,19 1,38	1,13 1,32	1,09 1,27	1,07 1,25

Производственное помещение	Параметры внутреннего воздуха		$R_0^{тр}$, м²·К/Вт / $R_0^{тр}$, м²·ч°С/ккал для климатических зон									
	$t_{вн}$, °С	φ, %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Пивоваренные заводы												
Наружные стены												
Дрожжевой цех и цех доброживания **и** фильтрации пива, склад хмеля	1	70	1,82 / 2,12	1,80 / 2,1	1,76 / 2,05	1,72 / 2,0	1,70 / 1,98	1,65 / 1,92	1,86 / 2,18	1,98 / 2,30	2,05 / 2,38	2,10 / 2,44
Цех доброживания и фильтрации пива при 11-суточном доброживании	4	70	1,82 / 2,12	1,80 / 2,10	1,76 / 2,05	1,72 / 2,0	1,70 / 1,98	1,65 / 1,92	1,86 / 2,18	1,98 / 2,30	2,05 / 2,38	2,10 / 2,44
Бродильный цех	6	70	1,82 / 2,12	1,80 / 2,10	1,76 / 2,05	1,72 / 2,0	1,70 / 1,98	1,65 / 1,92	1,86 / 2,18	1,98 / 2,30	2,05 / 2,38	2,10 / 2,44
Экспедиция	12	60	1,70 / 1,98	1,57 / 1,93	1,40 / 1,68	1,47 / 1,71	1,40 / 1,63	1,20 / 1,40	1,26 / 1,47	1,19 / 1,58	1,11 / 1,29	1,07 / 1,28

Внутренние стены												
Дрожжевой цех и цех доображивания и фильтрации пива, склад хмеля	1	70	1,27 1,48	0,975 1,19	0,955 1,11	1,06 1,25	1,01 1,17	0,73 0,85	0,80 0,93	0,815 0,95	0,815 0,95	0,895 1,04
Цех доображивания и фильтрации пива при 11-суточном доображивании	4	70	1,27 1,48	0,975 1,13	0,955 1,13	1,08 1,25	1,01 1,17	0,73 0,85	0,80 0,93	0,815 0,95	0,815 0,95	0,895 1,04
Бродильный цех	6	70	1,27 1,48	0,975 1,13	0,955 1,17	1,06 1,23	1,01 1,17	0,73 0,85	0,80 0,93	0,815 0,95	0,815 0,95	0,895 1,04
Экспедиция	12	60	0,835 0,97	0,69 0,80	0,68 0,79	0,72 0,84	0,69 0,80	0,575 0,67	0,62 0,72	0,56 0,65	0,525 0,61	0,507 0,59
Покрытия												
Дрожжевой цех и цех доображивания и фильтрации пива, склад хмеля	1	70	2,28 2,75	2,16 2,51	1,80 2,10	1,96 2,28	1,79 2,08	1,79 2,08	1,80 2,10	1,90 2,20	2,06 2,40	2,32 2,70
Цех доображивания и фильтрации пива при 11-суточном доображивании	4	70	2,28 2,75	2,16 2,51	1,80 2,10	1,96 2,28	1,79 2,08	1,79 2,08	1,80 2,10	1,90 2,20	2,06 2,40	2,32 2,70

Продолжение табл. II—4

Производственное помещение	Параметры внутреннего воздуха		$R_0^{тр}$, м²·К/Вт / $R_0^{тр}$, м²·ч·°С/ккал для климатических зон									
	$t_{вн}$, °С	φ, %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Бродильный цех	6	70	2,28 / 2,75	2,16 / 2,51	1,80 / 2,10	1,96 / 2,28	1,79 / 2,08	1,79 / 2,08	1,80 / 2,10	1,90 / 2,20	2,06 / 2,40	2,32 / 2,70
Экспедиция	12	60	1,67 / 1,94	1,57 / 1,83	1,40 / 1,63	1,47 / 1,71	1,40 / 1,69	1,20 / 1,40	1,26 / 1,47	1,19 / 1,38	1,11 / 1,29	1,07 / 1,25
Пивоваренные и солодовенные заводы												
Наружные стены												
Солодорастильные отделения	16	80	0,86 / 1,0	0,86 / 1,0	1,02 / 1,19	1,05 / 1,22	1,19 / 1,39	1,36 / 1,58	1,42 / 1,65	1,52 / 1,77	1,69 / 1,96	1,85 / 2,15
Внутренние стены												
Солодорастильные отделения	16	80	0,655 / 0,76	0,655 / 0,76	0,775 / 0,90	0,86 / 1,0	0,95 / 1,10	1,12 / 1,30	1,19 / 1,98	1,29 / 1,50	1,40 / 1,63	1,55 / 1,80
Покрытия												
Солодорастильные отделения	16	80	1,42 / 1,65	1,42 / 1,65	1,65 / 1,92	1,72 / 2,00	1,87 / 2,18	1,98 / 2,30	2,10 / 2,45	2,32 / 2,70	1,52 / 2,98	2,80 / 3,25

Примечание. $R_0^{тр}$ для чердачных и междуэтажных перекрытий следует принимать как $R_0^{тр}$ для перекрытий, умножив на понижающий коэффициент n, приведенный в табл. II—3.

Таблица II—2

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$ окон, балконных дверей и фонарей

Здания и помещения	$(t_{вн}-t_{н}^{х.п})$, °С	Для окон и балконных дверей		Для фонарей	
		Значения $R_0^{тр}$			
		$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$
Хлебозаводы, макаронные фабрики, крахмалосушильные заводы, заводы по производству патоки, хлебопекарных дрожжей, консервные, винодельческие, пивоваренные, безалкогольных напитков и кваса, кондитерские и табачные фабрики	30 и менее	0,155	0,18	0,155	0,18
	31 и более	0,31	0,36	0,31	0,36
Подсобные и подсобно-вспомогательные, конторские помещения, конструкторские бюро	35 и менее	0,155*	0,18*	0,155*	0,18*
	36—49	0,31** 0,155***	0,56** 0,18***	0,155**	0,18**
	50 и более	0,31	0,36	0,258	0,3
Холодильные, компрессорные и зарядные станции	35 и менее	0,155	0,18	0,155	0,18
	36 и более	0,31	0,36	0,258	0
Котельные	Любые	0,155	0,18	0,155	0,18

Примечания: 1. Таблица составлена по материалам СНиП II—А.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».

2. Требуемое сопротивление теплопередаче дверей (кроме балконных) и ворот следует принимать не менее 0,6 $R_0^{тр}$, определяемого по табл. II—2 для стен, в зависимости от назначения помещения.

* При отсутствии постоянных рабочих мест на расстоянии до 3 м от окон.

** На высоте от пола до 2,4 м.

*** На высоте от пола более 2,4 м.

Сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$ наружных ограждений помещений макаронных, кондитерских и табачных фабрик, требующих кондиционирования воздуха, определяют по табл. II—2 с последующей проверкой на теплоустойчивость.

Кроме того, для наружных ограждающих конструкций этих помещений с характеристикой тепловой инерции $D \leqslant 2{,}5$, величину $R_0^{тр}$, полученную по табл. II—2, следует увеличивать на 30%. При изготовлении конструкций со Знаком качества, указанную надбавку не предусматривают.

Теплоустойчивость ограждающих конструкций допускается не проверять, если характеристика тепловой инерции D стен превышает 4 и перекрытий — 5.

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций, $A_{\tau_в}$ не должна превышать допускаемой (нормируемой) $A_{\tau_в}^{н}$ (в °С)

$$A_{\tau_в}^{н} = 2{,}5 - 0{,}1\,(t_н - 20), \qquad (II—1)$$

где $t_н$ — среднемесячная температура наружного воздуха за июль, принимаемая по графе 9 табл. I—1, °С. При значении $t_н < 20°$ С конструкции на теплоустойчивость не проверяют.

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций (в °С) определяется по формуле

$$A_{\tau_в} = \frac{A_{t_н}^{усл}}{\nu}, \qquad (II—2)$$

где $A_{t_н}^{усл}$ — амплитуда колебаний температуры наружного воздуха с учетом солнечной радиации, °С;

$$A_{t_н}^{усл} = \frac{\rho\left(I_{макс}^{с} - I_{ср}^{с}\right)}{\alpha_н} + A_{t_н}, \qquad (II—3)$$

ρ — коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью ограждающей конструкции, принимаемый по табл. II—10.

$I_{макс}^{с}$ и $I_{ср}^{с}$ — соответственно максимальное и среднее суточное значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) за июль на наружные поверхности рассматриваемой ограждающей конструкции. Для наружных стен следует принимать значения солнечной радиации как для вертикальных поверхностей западной ориентации. Значения $I_{макс}^{с}$ и $I_{ср}^{с}$ приведены в табл. III—6 и III—7;

$\alpha_н$ — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для летних условий, определяемых по формулам:

для наружных стен

$$\alpha_н = 5{,}8 + 11{,}6\sqrt{v}\ \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}, \qquad (II—4)$$

или

$$\alpha_н = 5 + 10\sqrt{v}\ \text{ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot°\text{C)};$$

для покрытий

$$\alpha_н = 8{,}7 + 2{,}56\ v\ \text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}, \qquad \text{(II—5)}$$

или

$$\alpha_н = 7{,}5 + 2{,}2\ v\ \text{ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot°\text{C)};$$

v — скорость ветра (см. графа 17 табл. I—1);

$At_н$ — максимальная амплитуда колебания температуры наружного воздуха в июле (половина величины, принимаемой по главе СНиП II—А.6—72 «Строительная климатология и геофизика», приведена для некоторых населенных пунктов в графе 18 табл. I—1;

ν — величина затухания колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции определяется по табл. II—6 и II—7 для наиболее часто встречающихся конструкций ограждений или рассчитывается в соответствии с указаниями главы СНиП II—А.7—71.

Теплотехнические показатели наиболее часто встречающихся конструкций покрытий приведены в табл. II—6, наружных стен — в табл. II—7 и окон, дверей и фонарей — в табл. II—8.

Если применяемые конструкции наружных ограждений отличаются от приведенных в табл. II—6 и II—7, необходимую толщину утеплителя δ (в мм) можно найти по формуле

$$\delta = \left(R_0^{тр} - x\right)\lambda^к\, 1000, \qquad \text{(II—6)}$$

где $R_0^{тр}$ — принимают по табл. II—2 и II—4;

x — коэффициент, зависящий от толщины плиты и ее назначения (табл. II—9);

$\lambda^к$ — коэффициент теплопроводности принятого утеплителя, принимают по табл. II—7 или по СНиП II—А.7—72, имея в виду, что 1,163 Вт/(м·К) = 1 ккал/(м·ч·°С).

Толщину утеплителя для наружных и внутренних стен (в мм) можно определять по формуле

$$\delta = \left(R_0^{тр} - R_0\right)\lambda^к \cdot 1000, \qquad \text{(II—7)}$$

где R_0 — сопротивление теплопередаче стены (табл. II—7).

Пример 1. Хлебозавод находится в Харькове. Наружные ограждения пекарного зала со сквозными печами состоят из покрытия — крупнопанельных железобетонных плит с утеплителем — пенобетонными плитами ($\gamma_0 = 400$ кг/м³) и стен — керамзитобетонных панелей ($\gamma_0 = 1000$ кг/м³).

Определить толщину утеплителя покрытия и толщину стеновых панелей.

По табл. I—1 для Харькова находим:

средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_н^{х.п} = -23°$ С и наиболее холодных суток $t_н^{х.с} = -28°$ С.

В предположении, что покрытие и стены из панелей относятся к ограждениям малой массивности ($1{,}5 < D < 4$), значение $R_0^{тр}$ определяем по $t_н^{х.с}$.

По табл. II—2 интерполяцией находим

для стеновых панелей $R_0^{тр} = 0{,}69$ м²·К/Вт,

для покрытий $R_0^{тр} = 0{,}74$ м²·К/Вт.

По табл. II—7 принимаем стены из керамзитобетонных плит ($\gamma_0 = 1000$ кг/м³):
$\delta = 240$ мм, $R_0 = 0{,}78$ м²·К/Вт, $D = 3{,}07$.

По табл. II—6 принимаем покрытие из крупнопанельных железобетонных плит с утеплителем из пенобетонных плит ($\gamma_0 = 400$ кг/м³): $\delta = 80$ мм, $R_0 = 0{,}98$ м²·К/Вт; $D = 1{,}96$.

Принятые предположения о массивности подтверждаются, пересчет не требуется.

Пример 2. Консервный завод находится в Вышнем Волочке.

Наружные ограждения варочного и сироповарочного отделений состоят из покрытия — крупнопанельных железобетонных плит с утеплителем из минераловатных жестких плит на битумном связующем ($\gamma_0 = 300$ кг/м³) — и кирпичных стен с односторонней внутренней штукатуркой.

Таблица II—6

Теплотехнические показатели утепленных покрытий из сборных железобетонных крупнопанельных плит с рулонной кровлей *
(состав покрытия: водоизоляционный ковер, выравнивающий слой, утеплитель, пароизоляция, железобетонные крупнопанельные плиты)

Характеристика утеплителя	δ, мм	Значения R_0 для зимних условий		Значения R_0 для летних условий		D	v
		$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$		
Плиты жесткие минераловатные на битумном связующем (ГОСТ 10140—62) $w = 5\%$; $\gamma_0 = 300$ кг/м³; $\lambda^к = 0{,}9$ Вт/(м·К), или $\lambda^к = 0{,}065 \cdot 1{,}2 = 0{,}078$ ккал/(м·ч·°С) (1,2 — коэффициент, учитывающий уплотнение и усадку)	40	0,68	0,79	0,73	0,84	1,31	9,25
	60	0,90	1,05	0,95	1,09	1,63	12,75
	80	1,11	1,30	1,16	1,35	1,94	16,3
	100	1,34	1,56	1,39	1,61	2,28	21,4
	120	1,56	1,81	1,61	1,86	2,59	26,4
	160	2,00	2,33	2,05	2,38	3,27	43,1
	180	2,22	2,58	2,27	2,63	3,56	53,7
	200	2,44	2,84	2,49	2,89	3,89	66,2
	220	2,67	3,10	2,72	3,15	4,22	81,5
	240	2,88	3,35	2,93	3,40	4,53	100,1
	260	3,10	3,61	3,15	3,66	4,66	133,0
	280	3,42	3,97	3,47	4,02	5,17	—
	300	3,54	4,12	3,59	4,17	5,50	—

Характеристика утеплителя	δ, мм	Значения R_0 для зимних условий		Значения R_0 для летних условий		D	v
		$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$		
Плиты жесткие минераловатные на битумном связующем (ГОСТ 10140—62) $\gamma_0=400$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}105$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}075 \cdot 1{,}2=0{,}09$ ккал/(м·ч·°С)	40	0,62	0,72	0,67	0,77	1,26	7,40
	60	0,82	0,94	0,87	0,99	1,69	10,95
	80	1,00	1,16	1,05	1,21	2,04	13,60
	100	1,19	1,39	1,24	1,44	2,41	18,20
	120	1,39	1,61	1,44	1,66	2,75	28,30
	160	1,76	2,05	1,61	2,09	3,35	35,30
	180	1,96	2,28	2,01	2,33	3,81	49,20
	200	2,07	2,50	2,12	2,55	4,16	64,50
	220	2,44	2,72	2,48	2,77	4,34	70,0
	240	2,53	2,94	2,58	2,90	4,69	90,0
	260	2,72	3,16	2,77	3,21	5,20	—
	280	2,92	3,39	2,97	3,44	5,56	—
	300	3,11	3,61	3,16	3,66	5,91	—
Засыпка из гравия керамзитового (ГОСТ 9759—65) $w=5\%$; $\gamma_0=500$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}162$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}14$ ккал/(м·ч×°С)	800	0,73	0,85	0,78	0,90	1,88	9,20
	100	0,85	0,99	0,89	1,04	2,18	11,40
	120	0,97	1,13	1,02	1,18	2,48	14,20
	140	1,10	1,28	1,15	1,33	2,80	18,0
	160	1,22	1,42	1,27	1,47	3,10	22,2
	180	1,34	1,56	1,39	1,61	3,42	27,9
	200	1,47	1,71	1,52	1,76	3,72	34,6
	220	1,59	1,85	1,64	1,90	4,02	42,2
	240	1,77	1,99	1,76	2,04	4,32	52,7
	260	1,83	2,13	1,88	2,18	4,62	65,2
	280	1,96	2,28	2,01	2,33	4,84	77,0
	300	2,08	2,42	2,13	2,47	5,24	—
Плиты пенобетонные (ГОСТ 11118—65), газобетонные (ГОСТ 11690—66), газо- и пеносиликатные (ГОСТ 12852—67) $w=5\%$; $\gamma_0=400$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}139$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}12$ ккал/(м·ч×°С)	80	0,80	0,94	0,85	0,99	1,96	7,75
	100	0,96	1,11	1,01	1,16	2,30	15,75
	120	1,10	1,28	1,15	1,33	2,65	20,0
	140	1,24	1,44	1,29	1,49	2,94	24,7
	160	1,38	1,61	1,43	1,66	3,28	30,9
	180	1,53	1,78	1,58	1,83	3,62	40,3
	200	1,67	1,94	1,72	1,99	3,93	49,5
	220	1,81	2,11	1,86	2,16	4,27	63,5
	240	1,96	2,28	2,01	2,33	4,60	79,5
	260	2,80	2,44	2,15	2,49	4,92	100,0
	280	2,24	2,61	2,29	2,66	5,26	—
	300	2,39	2,78	2,44	2,83	5,59	—

Характеристика утеплителя	δ, мм	Значения R_0 для зимних условий		Значения R_0 для летних условий		D	ν
		$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$		
Плиты пенобетонные (ГОСТ 11118—65), газобетонные (ГОСТ 11690—66), газо- и пеносиликатные (ГОСТ 12852—67) γ_0=500 кг/м³; $\lambda^к$=0,174 Вт/(м·К), или $\lambda^к$=0,15 ккал/(м·ч·°С)	80	0,695	0,81	0,745	0,86	1,97	9,70
	100	0,80	0,94	0,85	0,99	2,29	12,10
	120	0,93	1,08	0,97	1,13	2,63	16,4
	140	1,04	1,21	1,09	1,26	2,95	19,3
	160	1,15	1,34	1,20	1,39	3,28	24,2
	180	1,27	1,48	1,32	1,53	3,62	31,5
	200	1,38	1,61	1,43	1,66	3,95	37,8
	220	1,49	1,74	1,54	1,79	4,27	48,4
	240	1,62	1,88	1,67	1,93	4,62	62,7
	260	1,73	2,01	1,78	2,06	4,94	78,6
	280	1,84	2,14	1,89	2,19	5,26	—
	300	1,98	2,28	2,03	2,33	5,60	—
Засыпка из вспученного перлита (ГОСТ 10832—64) w=5%, γ_0=400 кг/м³; $\lambda^к$=0,09 Вт/(м·К), или $\lambda^к$=0,08 ккал/(м×ч·°С)	80	1,10	1,28	1,15	1,33	2,10	11,10
	100	1,32	1,53	1,37	1,58	2,47	14,25
	120	1,53	1,78	1,58	1,83	2,82	18,50
	140	1,83	2,13	1,88	2,18	3,19	23,50
	160	1,96	2,28	2,01	2,33	3,54	28,80
	180	2,18	2,53	2,23	2,58	3,91	40,0
	200	2,39	2,78	2,44	2,83	4,27	51,30
	220	2,69	3,13	2,74	3,18	4,62	68,0
	240	2,82	3,28	2,87	3,33	4,98	—
	260	3,04	3,53	3,09	3,58	5,36	—
	280	3,25	3,78	3,30	3,83	5,71	—
	300	3,55	4,13	3,60	4,18	6,06	—

Примечания: 1. Таблица составлена по материалам СНиП II—А.6—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».

2. Значения $\lambda^к$ приняты для условий эксплуатации «Б».

3. Значения R_0 в летних условиях и ν определены при скорости ветра v=1 м/с. При скорости ветра 3 м/с для значений ν следует вводить коэффициент 0,91, а при 5 м/с — 0,86. При этом значение R_0 изменяется незначительно.

* Принятые обозначения: $\lambda^к$ — коэффициент теплопроводности (принят с индексом «к» в отличие от коэффициента трения, встречающегося в последующих главах книги); w — влажность материала; γ_0 — плотность материала в сухом состоянии; δ — толщина утеплителя; R_0 — фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции; D — тепловая инерция ограждения; ν — величина затухания колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции.

*Теплотехнические показатели наружных стен из штучных материалов и стеновых панелей **

Характеристика стеновых конструкций	δ, мм	Значения R_0 для зимних условий		Значения R_0 для летних условий		D	ν
		$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$		
Кладка сплошная из обыкновенного кирпича на любом растворе с внутренней штукатуркой $w=2\%$; $\gamma_0=1800$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}81$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}7$ ккал/(м·ч××°С)	250	0,48	0,56	0,50	0,58	3,23	9,5
	380	0,66	0,76	0,68	0,78	4,77	—
	510	0,81	0,94	0,83	0,96	6,27	—
	640	0,96	1,12	0,98	1,14	7,87	—
	770	1,11	1,30	1,13	1,32	9,37	—
То же, из силикатного кирпича $w=4\%$, $\gamma_0=$ $=1900$ кг/м³; $\lambda^к=$ $=0{,}87$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}75$ ккал/(м××ч·°С)	250	0,47	0,54	0,49	0,56	2,85	6,7
	380	0,61	0,71	0,63	0,73	4,57	—
	510	0,76	0,88	0,78	0,90	5,97	—
	640	0,89	1,06	0,91	1,08	7,47	—
	770	1,05	1,22	1,07	1,24	8,87	—
То же, из эффективного дырчатого кирпича (60 отверстий) $w=2\%$, $\gamma_0=1300$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}58$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}5$ ккал/(ч·м××°С)	380	0,83	0,96	0,85	0,98	4,87	—
	510	1,25	1,45	1,27	1,47	6,37	—
	640	1,48	1,71	1,50	1,73	8,07	—
То же, из ракушечника $\gamma_0=1400$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}58$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}5$ ккал/(м·ч××°С)	390	0,70	0,815	0,72	0,83	4,27	—
	590	0,99	0,15	1,01	1,17	6,02	—
Стеновые панели из ячеистых бетонов $\gamma_0=700$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}24$ Вт/(м·°К), или $\lambda^к=0{,}21$ ккал/(м××ч·°С)	160	0,82	0,95	0,84	0,07	2,11	9,30
	200	0,97	1,13	0,99	1,15	2,65	13,60
	240	1,14	1,32	1,16	1,34	3,18	19,70
	300	1,39	1,61	1,41	1,63	3,96	34,10

Характеристика стеновых конструкций	δ, мм	Значения R_0 для зимних условий		Значения R_0 для летних условий		D	ν
		$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$		
Стеновые панели из ячеистых бетонов $\gamma_0=800$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}29$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}25$ ккал/(м×ч·°С)	160	0,71	0,82	0,73	0,84	2,05	8,22
	200	0,845	0,98	0,862	1,00	2,56	12,05
	240	0,98	1,14	1,00	1,16	3,07	17,5
	300	1,19	1,38	1,21	1,40	3,83	30,4
Стеновые панели из керамзитобетона $\gamma_0=900$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}319$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}275$ ккал/(м×ч·°С)	160	0,58	0,67	0,60	0,69	2,06	8,15
	200	0,70	0,81	0,72	0,83	2,49	11,15
	240	0,82	0,95	0,84	0,97	3,0	15,80
	300	1,02	1,17	1,04	1,19	3,81	28,4
То же, $\gamma_0=1000$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}347$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}30$ ккал/(м×ч·°С)	160	0,545	0,63	0,56	0,65	2,01	7,61
	200	0,65	0,75	0,67	0,77	2,54	11,0
	240	0,78	0,90	0,80	0,92	3,07	16,0
	300	0,95	1,10	0,97	1,12	3,85	28,5
То же, $\gamma_0=1100$ кг/м³; $\lambda^к=0{,}40$ Вт/(м·К), или $\lambda^к=0{,}35$ ккал/(м×ч·°С)	160	0,49	0,57	0,51	0,59	1,96	7,05
	200	0,595	0,69	0,61	0,71	2,47	10,20
	240	0,69	0,80	0,71	0,82	2,96	14,40
	300	0,815	0,97	0,85	0,99	3,75	25,40

* Обозначения и примечания см. в табл. II—6.

Таблица II—8

Величины сопротивления теплопередаче R_0 окон, балконных дверей и фонарей

Характеристика конструкции	Значения R_0 для зимних условий		Значения R_0 для летних условий	
	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$
Одинарные деревянные переплеты (одинарное остекление)	0,172	0,2	0,189	0,22

Характеристика конструкции	Значения R_0			
	для зимних условий		для летних условий	
	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$
Одинарные металлические переплеты (одинарное остекление)	0,155	0,18	0,172	0,2
Двойные деревянные переплеты спаренные (двойное остекление)	0,342	0,4	0,361	0,42
Двойные деревянные раздельные переплеты (двойное остекление)	0,378	0,44	0,395	0,46
Двойные металлические раздельные переплеты (двойное остекление)	0,335	0,39	0,352	0,41
Вертикальное остекление из пустотелых стеклянных блоков	0,43	0,5	0,447	0,52

Примечание. Таблица составлена по материалам СНиП II—А.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».

Таблица II—9

Значения коэффициента x для покрытий и перекрытий

Толщина плиты δ, мм	Крупнопанельный железобетонный настил					
	Покрытие (ж. б.* плита, пароизоляция, выравнивающий слой, водоизоляционный ковер)		Чердачное перекрытие (ж. б. плита, выравнивающий слой)		Междуэтажное перекрытие (ж. б. плита, выравнивающий слой, асфальтовый пол)	
	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$	$\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$\frac{м^2 \cdot ч \cdot °С}{ккал}$
30	0,241	0,28	0,247	0,287	0,249	0,289
50	0,258	0,30	0,261	0,303	0,262	0,305
80	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	—	—	—

* Железобетонная

Толщина плиты δ, мм	Железобетонная монолитная плита					
	Покрытие (ж. б. плита, пароизоляция, выравнивающий слой водоизоляционный ковер)		Чердачное перекрытие (ж. б. плита, выравнивающий слой)		Междуэтажное перекрытие (ж. б. плита, выравнивающий слой, асфальтовый пол)	
	$м^2 \cdot К$	$м^2 \cdot ч \cdot °С$	$м^2 \cdot К$	$м^2 \cdot ч \cdot °С$	$м^2 \cdot К$	$м^2 \cdot ч \cdot °С$
	Вт	ккал	Вт	ккал	Вт	ккал
30	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—
80	0,262	0,305	0,271	0,325	0,281	0,327
100	0,276	0,321	0,293	0,341	0,295	0,343
120	0,288	0,336	0,306	0,356	0,308	0,358

Таблица II—10

Коэффициент поглощения тепла ρ *солнечной радиации наружной поверхностью ограждающих конструкций*

Материал	ρ
Алюминий окисленный	0,5
Асбоцементные листы	0,65
Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
Сталь листовая, окрашенная темно-красной краской	0,8
Асфальтобетон	0,9
Рубероид	
с алюминиевой покраской	0,5
с серой песчаной посыпкой	0,90
с красной песчаной посыпкой	0,95
с зеленой песчаной посыпкой	0,90
бронированный светлым гравием	0,65
Кирпич	
красный	0,7
силикатный	0,35
Побелка	
известковая	0,3
силикатная	0,7
Штукатурка известковая	
темно-серая	0,75
терракотового цвета	0,7
Штукатурка цементная	
светло-голубая	0,3
темно-зеленая	0,6
кремовая	0,4
Газозолобетон серый	0,7

Материал	ρ
Газобетон	0,6
Газосиликат	0,7
Бетон серый	0,6
Плитка облицовочная керамическая	0,8
Плитка облицовочная стеклянная	
синяя	0,6
белая	0,45
палевая	0,4
Камень облицовочный белый	0,45

Определить необходимую толщину утеплителя покрытия и толщину кирпичных стен.

По табл. I—1 для Вышнего Волочка находим:

средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_н^{х.п} = -29°$ С и наиболее холодных суток $t_н^{х.с} = -34°$ С.

Значение $R_0^{тр}$ определяем из предположения, что стены из кирпича относятся к массивным ограждениям по $t_н^{х.п}$, а покрытия — к ограждениям малой массивности — по $t_н^{х.с}$.

Из табл. II—2 интерполяцией находим:

для стен $R_0^{тр} = 1{,}08$ м²·К/Вт, для покрытия $R^{тр} = 1{,}42$ м²·К/Вт.

По табл. II—7 принимаем стены из обыкновенного кирпича: $\delta = 770$ мм (3 кирпича), $R_0 = 1{,}11$ м²·К/Вт, $D = 9{,}37$.

По табл. II—6 выбираем покрытие из сборных железобетонных крупнопанельных плит с утеплителем из минераловатных жестких плит на битумном связующем ($\gamma_0 = 300$ кг/м³): $\delta = 120$ мм, $R_0 = 1{,}56$ м²×К/Вт, $D = 2{,}59$.

Предположения о массивности ограждающих конструкций подтвердились и пересчета не требуется.

Пример 3. Табачная фабрика находится в Ялте. В папиросонабивном цехе необходимо поддерживать заданную влажность на постоянном уровне. Наружные ограждения цеха состоят из покрытия крупнопанельных железобетонных плит с утеплителем и стен из керамзитобетонных панелей ($\gamma_0 = 1800$ кг/м³). Утеплитель — жесткие минераловатные плиты на битумном связующем ($\gamma_0 = 400$ кг/м³).

Определить толщину утеплителя и стен.

По табл. I—1 находим:

средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_н^{х.п} = -6°$ С;

то же, наиболее холодных суток $t_н^{х.с} = -8°$ С;

средняя температура за июль $t_н^{и} = 23{,}7°$ С;

средняя скорость ветра в июле $v = 2{,}4$ м/с;

максимальная амплитуда клебаний температуры наружного воздуха в июле $A_{t_н} = 8{,}45°$ С.

По табл. III—6 находим количество тепла, поступающего в июле от солнечной радиации:

на вертикальную поверхность

$$I^{с}_{макс} = 765 \text{ Вт/м}^2; \quad I^{с}_{ср} = 179 \text{ Вт/м}^2;$$

на горизонтальную поверхность

$$I^{с}_{макс} = 892 \text{ Вт/м}^2; \quad I^{с}_{ср} = 330 \text{ Вт/м}^2.$$

Предполагая, что стены и покрытия будут относиться к ограждениям средней массивности, в табл. II—2 находим значения $R^{тр}_{о}$:

для стен $R^{тр}_{о} = 0{,}585$ м²·К/Вт,

для покрытий $R^{тр}_{о} = 0{,}687$ м²·К/Вт.

По табл. II—7 выбираем стеновые керамзитобетонные панели ($\gamma_0 = 1000$ кг/м³):
$\delta = 200$ мм; $R_0 = 0{,}65$ м²·К/Вт;
$D = 2{,}54$; $\nu = 11$.

По табл. II—6 принимаем для покрытия:
$\delta = 60$ мм; $R_0 = 0{,}82$ м²·К/Вт,
$D = 1{,}69$; $\nu = 10{,}95$.

Проверяем выбранные конструкции на теплоустойчивость.
По формуле II—1

$$A^{н}_{\tau_в} = 2{,}5 - 0{,}1\,(t_н - 20) = 2{,}5 - 0{,}1\,(23{,}7 - 20) = 2{,}87^\circ\text{C}.$$

Находим дополнительные данные, необходимые для расчета.
По табл. II—10 для стен $\rho = 0{,}6$; для покрытия $\rho = 0{,}9$.
По формуле (II—4) для стен

$$\alpha_н = 5{,}8 + 11{,}6\sqrt{v} = 5{,}8 + 11{,}6\sqrt{2{,}4} \approx 24 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

По формуле (II—5) для покрытия

$$\alpha_н = 8{,}7 + 2{,}56 \cdot 2{,}4 \approx 15 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Для стен $\nu = 11{,}0 \cdot 0{,}91 = 10$;
для покрытий $\nu = 10{,}95 \cdot 0{,}91 = 9{,}96$ (см. примечание к табл. II—6).
По формуле (II—3) находим для стен

$$A^{усл}_{t_н} = \frac{\rho\left(I^{с}_{макс} - I^{с}_{ср}\right)}{\alpha_н} + A_{t_н} \cdot \frac{0{,}6\,(765 - 179)}{24} + 8{,}45 = 23{,}1^\circ\text{C};$$

По формуле (II—2)

$$A_{\tau_в} = \frac{A^{усл}_{t_н}}{\nu} = \frac{23{,}10}{10} = 2{,}31 < 2{,}87^\circ\text{C},$$

поэтому пересчета не требуется.
Для покрытия

$$A^{усл}_{t_н} = \frac{0{,}9\,(892 - 330)}{15} + 8{,}45 = 42^\circ\text{C};$$

$$A_{\tau_в} = \frac{42}{9{,}96} = 4{,}21 > 2{,}87^\circ\text{C}.$$

Принятая конструкция покрытия не удовлетворяет требованиям теплоустойчивости, поэтому определяем необходимое значение ν для их удовлетворения $\nu = \frac{42}{2,87} = 14,6$.

В табл. II—6 находим, что этому условию отвечает покрытие с утеплителем толщиною $\delta = 100$ мм:
$R_0 = 1,19$ м²·К/Вт, $D = 2,41$; $\nu = 18,2$.

В этом случае $A_{\tau_в} = \frac{42}{18,2 \cdot 0,91} = 2,53 < 2,87°$ С,

что удовлетворяет условиям теплоустойчивости и одновременно требованию об увеличении значения $R_0^{тр}$ на 30% при величине $D \leqslant 2,5$.

Пример 4. Кондитерская фабрика в Саратове. В шоколадном отделении необходимо поддерживать на постоянном заданном уровне температуру и относительную влажность внутреннего воздуха. Ограждающие конструкции: стены — керамзитобетонные панели ($\gamma_0 = 900$ кг/м³), покрытие — сборные железобетонные крупнопанельные плиты с утеплителем в виде засыпки из вспученного перлита ($\gamma_0 = 400$ кг/м³).

Определить толщину стеновых плит и утеплителя покрытия.

Из табл. I—1 выписываем параметры наружного воздуха для Саратова:

средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_н^{х.п} = -25°$ С;

то же, наиболее холодных суток $t_н^{х.с} = -34°$ С;

средняя температура наружного воздуха за июль $t_н^{н} = 22,1°$ С;

средняя скорость ветра в июле $v = 3,7$ м/с;

максимальная амплитуда колебания температуры наружного воздуха $A_{t_н} = 10,2°$ С.

Коэффициент поглощения солнечной радиации при кровле из рубероида с серой песчаной засыпкой $\rho = 0,9$ и для стены из красного кирпича $\rho = 0,7$.

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью ограждения в летних условиях находим:

для наружных стен по формуле (II—4) $\alpha_н = 5 + 10\sqrt{v} = 5 + 10\sqrt{3,7} = 24$ ккал/(м²·ч·°С) и для покрытий по формуле II—5 $\alpha_н = 7,5 + 2,2v = 15,6$ ккал/(м²·ч·°С).

По табл. III—6 определяем количество тепла, поступающего в июле от солнечной радиации:

на вертикальную поверхность

$$I^{с}_{макс} = 672 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч)}; \qquad I^{с}_{ср} = 166 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч)};$$

на горизонтальную поверхность

$$I^{с}_{макс} = 732 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч)}; \qquad I^{с}_{ср} = 283 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч)},$$

В предположении, что стены и покрытия относятся к конструкциям малой массивности по табл. II—2 находим интерполяцией требуемое сопротивление теплопередаче (для $t_н^{х.с} = -34°$ С):

стен $R_0^{тр}=0{,}86$ м²·ч·°С/ккал,

покрытия $R_0^{тр}=0{,}99$ м²·ч·°С/ккал.

По табл. II—7 стена из керамзитобетонных плит ($\gamma_0=900$ кг/м³) при толщине панели $\delta=240$ мм имеет:
$R_0=0{,}95$; $D=3{,}0$; $\nu=15{,}8$.

По табл. II—6 покрытие из крупнопанельных железобетонных плит ($\gamma_0=400$ кг/м²) при толщине засыпки из вспученного перлита $\delta=80$ мм имеет $R_0=1{,}28$ м²·ч·°С/ккал; $D=2{,}1$; $\nu=11{,}1$.

В данном случае требуется проверка на теплоустойчивость стены ($D<4$) и покрытия ($D<5$).

По формуле (II—1) $A^{н}_{\tau_в}=2{,}5-0{,}1\ (t_н-20)=2{,}5-0{,}1\,(22{,}1-20)=2{,}7°$ С.

По формуле (II—3) находим:
для стены

$$A^{усл}_{t_н}=\frac{\rho\left(I^{с}_{макс}-I^{с}_{ср}\right)}{\alpha_н}+A_{t_н}=\frac{0{,}7\,(672-166)}{24{,}3\cdot 0{,}91}+10{,}2=26°\text{ С};$$

для покрытия

$$A^{усл}_{t_н}=\frac{0{,}9\,(732-283)}{15{,}6\cdot 0{,}91}+10{,}2=39°\text{ С}$$

Коэффициент 0,91 учитывает изменения скорости ветра (см. примечание табл. II—6)
По формуле (II—2) находим:
для стены

$$A_{\tau_в}=\frac{A^{усл}_{t_н}}{\nu}=\frac{26}{15{,}8}=1{,}65<2{,}7°\text{ С},$$

для покрытия

$$A_{\tau_в}=\frac{39}{11{,}1}=3{,}52>2{,}7°\text{ С}.$$

Следовательно, принятая конструкция стены из панелей толщиной 240 мм отвечает требованиям теплоустойчивости и не нуждается в пересчете. Конструкция же покрытия не отвечает требованиям теплоустойчивости и подлежит пересчету.

Определим необходимое значение ν для покрытия

$$\nu=\frac{39}{2{,}7}=14{,}4.$$

По табл. II—6 находим, что при этом толщина утеплителя должна быть равной 120 мм.

Окончательно принимаем:

стены из керамзитобетонных плит ($\gamma_0=900$ кг/м³):
$\delta=240$ мм; $R_0=0{,}95$ м²·ч·° С/ккал; $D=3$;

покрытия из крупнопанельных железобетонных плит с утеплителем — засыпкой из вспученного перлита ($\gamma_0=400$ кг/м³):

$\delta = 120$ мм, $R_0 = 1{,}78$ м²·ч·°С/ккал; $D = 2{,}82$.

Пример 5. Пивоваренный завод находится в Курске. Цех доображивания и фильтрации пива, где требуется поддерживать на заданном постоянном уровне температуру внутреннего воздуха, имеет следующие строительные ограждения: наружные стены—стеновые пенобетонные панели ($\gamma_0 = 800$ кг/м³), внутренние стены — такой же конструкции, что и наружные, покрытие—крупнопанельные железобетонные плиты с утеплителем — пенобетонными плитами ($\gamma_0 = 500$ кг/м³), междуэтажное перекрытие (цех находится на втором этаже) — крупнопанельные железобетонные плиты толщиной $\delta = 50$ мм с утеплителем из пенобетонных плит и асфальтовым полом.

Определить толщину стеновых панелей, утеплителя покрытия и перекрытия.

По табл. I—1 находим, что Курск относится к VI климатической зоне. Требуемое сопротивление теплопередаче (см. табл. II—4):

внутренних стен $R_0^{тр} = 0{,}73$ м²·К/Вт;

наружных стен $R_0^{тр} = 1{,}65$ м²·К/Вт;

покрытий $R_0^{тр} = 1{,}79$ м²·К/Вт;

междуэтажных перекрытий $R_0^{тр} = 1{,}79 \cdot 0{,}7 = 1{,}25$ м²·К/Вт (где 0,7 — коэффициент по табл. II—3).

По табл. II—7 выбираем для наружных стен стеновые панели из ячеистых бетонов ($\gamma_0 = 800$ кг/м³) — пенобетона толщиной $\delta = 240$ мм, $R_0 = 0{,}98$ м²·К/Вт.

Необходимо дополнительно утеплить стены для получения требуемого сопротивления теплопередаче. В качестве утеплителя принимаем жесткие минераловатные плиты на синтетическом связующем. По табл. 1 главы СНиП II—А.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования» находим для указанных плит $\gamma_0 = 1{,}75$ кг/м³, $\lambda^к = 0{,}06$ Вт/(м·К), а с учетом уплотнителя $\lambda^к = 0{,}06 \cdot 1{,}2 = 0{,}072$ Вт/(м·К).

По формуле (II—7) определяем толщину утеплителя $\delta = R_0^{тр} - R_0)\lambda^к \cdot 1000 = (1{,}65 - 0{,}98)\,0{,}072 \cdot 1000 = 48$ мм.

Конструктивно принимаем минераловатные плиты на синтетическом связующем толщиной $\delta = 60$ мм, тогда

$$R_0 = 0{,}98 + \frac{0{,}06}{0{,}072} = 1{,}81 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}.$$

Для внутренних стен принимаем стеновые пенобетонные плиты ($\gamma_0 = 800$ кг/м³) толщиною $\delta = 200$ мм, $R_0 = 0{,}845$ м²·К/Вт.

Утеплитель покрытия — пенобетонные плиты ($\gamma_0 = 500$ кг/м³) толщиною $\delta = 280$ мм, $R_0 = 1{,}84$ м²·К/Вт.

Подставив значения x (см. табл. II—9) в формулу (II—6), определяем толщину утеплителя междуэтажных перекрытий

$$\delta = \left(R_0^{тр} - x\right)\lambda^к \cdot 1000 = (1{,}25 - 0{,}262)\,0{,}174 \cdot 1000 = 172 \text{ мм}.$$

Конструктивно принимаем $\delta = 180$ мм, тогда

$$R_0 = 0{,}262 + \frac{0{,}18}{0{,}174} = 1{,}29 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}.$$

На этом расчет заканчивается.

Глава III. ТЕПЛОПОТЕРИ И ТЕПЛОПРИТОК ЧЕРЕЗ НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ

Теплопотери в холодный период года

Основные теплопотери помещений через наружные ограждения Q (в Вт) определяются суммированием теплопотерь через отдельные ограждающие конструкции по формуле

$$Q = \Sigma kF\,(t_{вн} - t_н), \qquad \text{(III—1)}$$

где F — площадь поверхности ограждения, м²;

$k = \frac{1}{R_o}$ — коэффициент теплопередачи конструкции ограждения, Вт/(м²·К); значение R_0 определяется по данным, приведенным в главе II;

$t_{вн}$ и $t_н$ — расчетные температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха, °С; определяются по данным главы I.

Линейные размеры элементов ограждений необходимо принимать в зависимости от следующих величин:

1) длину и ширину окон, дверей и фонарей — от наименьшего размера строительных проемов в свету;

2) длину и ширину полов и потолков — от размеров между осями внутренних стен и расстояния от внутренней поверхности наружных стен;

3) высоту стен первого этажа:

а) при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте, — от расстояния между уровнями чистого пола первого этажа и второго;

б) при наличии пола на лагах — от расстояния между нижним уровнем подготовки для пола первого этажа и уровнем чистого пола второго этажа:

в) при наличии неотапливаемого подвала или подполья — от расстояния между уровнем нижней поверхности конструкции пола первого этажа и уровнем чистого пола второго этажа;

4) высоту стен промежуточного этажа — от расстояния между уровнями полов данного и вышележащего этажей;

5) высоту стен верхнего этажа — от расстояния между уровнем чистого пола и верхом утепляющего слоя чердачного перекрытия;

6) высоту стен верхнего этажа или одноэтажного здания с бесчердачным покрытием — от расстояния между уровнем чистого пола и пересечением внутренней грани стен с верхней плоскостью бесчердачного перекрытия;

7) длину наружных стен неугловых помещений — от расстояния между осями внутренних стен, а угловых помещений — от расстояния между поверхностью наружных стен и осями внутренних стен;

8) длину внутренних стен — от расстояния между внутренней поверхностью наружных стен и осями внутренних стен или только между осями внутренних стен.

Теплопотери через подземную часть наружных стен отапливаемых помещений определяют так же, как и для полов на грунте. По-

лы помещений в этом случае следует рассматривать как продолжение подземной части наружных стен

Материал и толщину подземной части наружных стен помещений с кондиционированием воздуха (винодельческих и пивоваренных заводов) принимают по конструктивным соображениям без дополнительного утепления.

Для неутепленных полов теплопотери при разности температур $\Delta t = 1°$ С определяют по табл. III—1 и III—2.

При расчете общих теплопотерь через ограждающие конструкции следует учитывать добавочные теплопотери, указанные в процентах к основным (табл. III—3).

Для помещений пищевых предприятий расход тепла на нагревание инфильтрующего воздуха допускается принимать в количестве 10% от основных теплопотерь вертикальных ограждений при высоте до 4 м и 25% при высоте более 4 м.

В зданиях без окон, а также в помещениях с кондиционированием воздуха при наличии подпора (даже если имеются световые проемы) инфильтрацию воздуха не учитывают.

Для ограждений, отделяющих отапливаемые помещения от неотапливаемых, расчетную разность температур принимают такой же, как и для наружных стен, умножая на поправочный коэффициент (табл. III—4)

Ориентировочный расход тепла на отопление здания Q (в Вт) определяется по формуле

$$Q = XV(t_{ср} - t_н), \qquad \text{(III—2)}$$

где X — удельная тепловая характеристика на здания, определяемая по табл. III—5, Вт/(м²·К);

V — наружный объем здания (или объем его отапливаемой части), м³;

$t_{ср}$ — средняя температура отапливаемых помещений, °С;

$t_н$ — расчетная зимняя температура наружного воздуха для отопления, °С.

Теплоприток в теплый период года

В теплый период года поступление тепла через наружные ограждения происходит в основном за счет солнечной радиации, напряжение которой подвержено значительным колебаниям в течение суток. Максимальное напряжение солнечной радиации на горизонтальную поверхность всех географических широт падает на 13 ч (по солнечному времени).

На вертикальные поверхности, обращенные на запад, юго-запад, юг и юго-восток, максимальное напряжение солнечной радиации приходится на 17—18 ч, когда напряжение на горизонтальную поверхность значительно снижается.

С достаточной для практических расчетов точностью можно за расчетное принимать теплопоступление от солнечной радиации в 13 ч как на горизонтальные, так и на вертикальные поверхности.

Количество тепла (в Вт или ккал/ч), поступающего через покрытие в теплый период года, определяют по формуле:

$$Q = k' k F \Delta t_э, \qquad \text{(III—3)}$$

где k' — коэффициент, учитывающий условия вентиляции покрытий, равный для бесчердачных кровель 1, а для чердачных хорошо вентилируемых покрытий — 0,75;

Теплопотери $\Sigma k_{усл} F$ для помещений с одной наружной стеной

Ширина помещения, м	$\Sigma k_{усл} F$, Вт/К $\Sigma k_{усл} F$, ккал/(ч · °С)									
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
1,0	0,46	0,69	0,93	1,04	1,16	1,28	1,39	1,51	1,51	1,63
	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4
1,5	0,69	0,93	1,39	1,63	1,74	1,97	2,09	2,2	2,32	2,32
	0,6	0,9	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0
2,0	0,93	1,39	1,86	2,09	2,32	2,56	2,78	2,9	3,02	3,13
	0,8	1,2	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7
2,5	1,16	1,74	2,32	2,67	2,9	3,25	3,48	3,6	3,84	3,95
	1,0	1,5	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,1	3,3	3,4
3,0	1,39	2,09	2,78	3,13	3,48	3,84	4,13	4,42	4,54	4,77
	1,2	1,8	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,8	3,9	4,1
3,5	1,63	2,44	3,25	3,72	4,07	4,54	4,88	5,11	5,35	5,47
	1,4	2,1	2,8	3,2	3,5	3,9	4,2	4,4	4,6	4,7
4,0	1,86	2,78	3,72	4,13	4,64	5,11	5,59	5,80	6,05	6,28
	1,6	2,4	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,0	5,2	5,4
4,5	2,09	3,13	4,13	4,77	5,23	5,80	6,28	6,50	6,85	7,1
	1,8	2,7	3,6	4,1	4,5	5,0	5,4	5,6	5,9	6,1
5,0	2,32	3,48	4,64	5,23	5,80	6,40	6,96	7,32	7,69	7,9
	2,0	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,3	6,6	6,8
5,5	2,56	3,84	5,11	5,80	6,40	7,1	7,69	8,0	8,37	8,6
	2,2	3,3	4,4	5,0	5,5	6,1	6,6	6,9	7,2	7,4
6,0	2,78	4,13	5,59	6,28	6,96	7,69	8,37	8,7	9,06	9,4
	2,4	3,6	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,5	7,8	8,1
6,5	3,02	4,54	6,05	6,85	7,55	8,37	9,06	9,4	9,9	10,2
	2,6	3,9	5,2	5,9	6,5	7,2	7,8	8,1	8,5	8,8
7,0	3,25	4,88	6,50	7,32	8,15	8,95	9,77	10,2	10,7	11,0
	2,8	4,2	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4	8,8	9,2	9,5
7,5	3,48	5,23	6,96	7,9	8,7	9,65	10,4	10,9	11,4	11,7
	3,0	4,5	6,0	6,8	7,5	8,3	9,0	9,4	9,8	10,1

при глубине помещения b, м									Добавка на каждый метр избыточной глубины при $b > 10$ м
6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	
1,63	1,63	1,74	1,74	1,74	1,86	1,86	1,86	1,86	0,07
1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	0,05
2,44	2,44	2,44	2,56	2,67	2,67	2,78	2,78	2,9	0,10
2,1	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	0,09
3,25	3,37	3,37	3,48	3,48	3,6	3,72	3,72	3,84	0,14
2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	0,12
4,07	4,18	4,3	4,3	4,42	4,54	4,64	4,77	4,77	0,17
3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,1	0,15
4,88	5,0	5,11	5,23	5,35	5,47	5,47	5,59	5,7	0,21
4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	4,9	0,18
5,7	5,80	5,93	6,05	6,16	6,28	6,40	6,50	6,62	0,244
4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	0,21
6,50	6,62	6,75	6,96	7,1	7,2	7,32	7,45	7,69	0,28
5,6	5,7	5,8	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,6	0,24
7,32	7,45	7,69	7,8	7,9	8,15	8,25	8,37	8,6	0,314
6,3	6,4	6,6	6,7	6,8	7,0	7,1	7,3	7,4	0,27
8,15	8,37	8,5	8,7	8,85	9,06	9,2	9,4	9,55	0,35
7,0	7,2	7,3	7,5	7,6	7,8	7,9	8,1	8,2	0,30
8,95	9,2	9,28	9,55	9,77	9,9	10,1	10,3	10,4	0,324
7,7	7,9	8,0	8,2	8,4	8,5	8,7	8,9	9,0	0,33
9,77	10,0	10,2	10,3	10,55	10,8	11,00	11,25	11,4	0,42
8,4	8,6	8,8	8,9	9,1	9,3	9,5	9,7	9,8	0,36
10,55	10,8	11,0	11,25	11,5	11,7	11,95	12,1	12,4	0,455
9,1	9,3	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3	10,4	10,7	0,39
11,4	11,6	11,85	12,1	12,3	12,65	12,3	13,1	13,35	0,48
9,8	10,0	10,2	10,4	10,8	10,9	11,1	11,3	11,5	0,42
12,2	12,4	12,8	13,1	13,25	13,5	13,8	14,05	14,85	0,523
10,5	10,7	11,0	11,2	11,4	11,6	11,9	12,1	12,8	0,45

Ширина помещения, м	$\Sigma k_{усл} F$, Вт/К / $\Sigma k_{усл} F$, ккал/(ч · °С)									
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
8,0	3,72	5,59	7,45	8,37	9,28	10,2	11,13	11,6	12,1	12,65
	3,2	4,8	6,4	7,2	8,0	8,8	9,6	10,0	10,4	10,8
8,5	3,95	5,93	7,9	8,95	9,9	10,9	11,85	12,3	12,9	13,35
	3,4	5,1	6,8	7,7	8,5	9,4	10,2	10,6	11,1	11,5
9,0	4,13	6,28	8,37	9,4	10,4	11,5	12,5	13,1	13,6	14,2
	3,6	5,4	7,2	8,1	9,0	9,9	10,8	11,3	11,7	12,2
9,5	4,42	6,62	8,85	10,0	11,0	12,2	13,21	13,8	14,4	14,55
	3,8	5,7	7,6	8,6	9,5	10,5	11,4	11,9	12,4	12,8
10,0	4,64	6,96	9,28	10,4	11,6	12,8	13,95	14,5	14,1	15,7
	4,0	6,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	12,5	13,0	13,5
10,5	4,88	7,32	9,77	11,0	12,2	13,5	14,65	15,2	15,9	16,5
	4,2	6,3	8,4	9,5	10,5	11,6	12,6	13,1	13,7	14,2
11,0	5,11	7,69	10,2	11,5	12,8	14,05	15,35	16,05	16,65	17,3
	4,4	6,6	8,8	9,9	11,0	12,1	13,2	13,8	14,3	14,9
11,5	5,35	8,0	10,7	12,1	13,35	14,75	16,05	16,75	17,4	18,0
	4,6	6,9	9,2	10,4	11,5	12,7	13,8	14,4	15,0	15,5
12,0	5,59	8,37	11,13	12,65	13,95	15,35	16,75	17,4	18,15	18,80
	4,8	7,2	9,6	10,8	12,0	13,2	14,4	15,0	15,6	16,2
12,5	5,80	8,7	11,6	13,1	14,5	16,05	17,4	18,15	18,9	19,65
	5,0	7,5	10,0	11,3	12,5	13,9	15,0	15,6	16,3	16,9
13,0	6,05	9,06	12,1	13,6	14,1	16,65	18,15	18,9	19,65	20,45
	5,2	7,8	10,4	11,7	13,0	14,3	15,6	16,3	16,9	17,6
13,5	6,28	9,4	12,65	14,2	15,7	17,3	18,8	19,65	20,45	21,2
	5,4	8,1	10,8	12,2	13,5	14,9	16,2	16,9	17,6	18,2
14,0	6,50	9,77	13,1	14,65	16,25	17,9	19,55	20,35	21,2	21,6
	5,6	8,4	11,2	12,6	14,0	15,4	16,8	17,5	18,2	18,6
14,5	6,75	10,1	13,5	15,2	16,85	18,6	20,2	21,0	22,0	22,8
	5,8	8,7	11,6	13,1	14,5	16,0	17,4	18,1	18,9	19,6
15,0	6,96	10,4	13,95	15,7	17,4	19,15	20,9	21,8	22,65	23,6
	6,0	9,0	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	18,8	19,5	20,3

Примечание. При ширине помещения более 15 м $\Sigma k_{усл} F$ ченные из таблиц данные для отдельных полос складывают.

при глубине помещения b, м									Добавка на каждый метр избыточной глубины при $b > 10$ м
6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	
13,1	13,25	13,6	13,8	14,2	14,4	14,65	15,0	15,2	0,557
11,2	11,4	11,7	11,9	12,2	12,4	12,6	12,9	13,1	0,48
13,8	14,15	14,4	14,75	14,9	15,35	15,55	15,9	16,15	0,593
11,9	12,2	12,4	12,7	12,9	13,2	13,4	13,7	13,9	0,51
14,65	15,0	15,2	15,55	15,9	16,25	16,5	16,85	17,2	0,627
12,6	12,9	13,1	13,4	13,7	14,0	14,2	14,5	14,8	0,54
15,45	15,8	16,15	16,5	16,75	17,1	17,4	17,8	18,15	0,66
13,3	13,6	13,9	14,2	14,4	14,7	15,0	15,3	15,3	0,57
16,25	16,65	16,95	17,3	17,65	18,0	18,35	18,7	19,05	0,70
14,0	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4	0,60
17,1	17,4	17,8	18,15	18,6	18,9	19,7	19,65	20,0	0,732
14,7	15,0	15,3	15,6	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	0,63
17,9	18,25	18,7	19,05	19,4	19,85	20,2	20,55	20,9	0,766
15,4	15,7	16,1	16,4	16,7	17,1	17,4	17,7	18,0	0,66
18,7	19,05	19,55	19,85	20,45	20,70	21,2	21,5	22,0	0,80
16,1	16,4	16,8	17,1	17,6	17,8	18,2	18,5	18,9	0,69
19,55	20,0	20,35	20,8	21,2	21,6	22,1	22,4	22,9	0,836
16,8	17,2	17,5	17,9	18,2	18,6	19,0	19,3	19,7	0,72
20,35	20,8	21,3	22,0	22,1	22,55	23,0	23,4	23,8	0,87
17,5	17,9	18,3	18,9	19,0	19,4	19,8	20,1	20,5	0,75
21,2	21,6	22,1	22,55	23,0	23,5	23,8	24,3	24,8	0,905
18,2	18,6	19,0	19,4	19,8	20,2	20,5	20,9	21,3	0,78
22,0	22,4	23,9	23,4	23,8	24,3	24,8	25,2	25,7	0,94
18,9	19,3	19,7	20,1	20,5	20,9	21,3	21,7	22,1	0,81
22,8	23,2	23,7	24,3	24,8	25,2	25,7	26,2	26,7	0,975
19,6	20,0	20,4	20,9	21,3	21,7	22,1	22,5	23,0	0,84
23,6	24,0	24,6	25,1	25,6	26,2	26,6	27,1	27,7	1,01
20,3	20,7	21,2	21,6	22,0	22,5	22,9	23,3	23,8	0,87
24,4	25,0	25,4	26,0	26,5	27,0	27,6	28,1	28,6	1,04
21,0	21,5	21,9	22,4	22,8	23,3	23,7	24,2	24,6	0,90

вычисляют путем условного деления помещения на полосы. Полу-

Теплопотери $\Sigma k_{усл} F$ для угловых помещений

Глубина помещения, м	$\Sigma k_{усл} F$, Вт/К $\Sigma k_{усл} F$, ккал/(ч·°С)								
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1,0	0,93 0,8	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	1,39 1,2	2,09 1,8	—	—	—	—	—	—	—
2,0	1,86 1,6	2,79 2,4	3,72 3,2	—	—	—	—	—	—
2,5	2,09 1,8	3,02 2,7	4,18 3,6	4,76 4,1	—	—	—	—	—
3,0	2,32 2,0	3,48 3,0	4,64 4,0	5,22 4,5	5,80 5,0	—	—	—	—
3,5	2,55 2,2	3,84 3,3	5,11 4,4	5,80 5,0	6,39 5,5	7,09 6,1	—	—	—
4,0	2,79 2,4	4,18 3,6	5,57 4,8	6,27 5,4	6,96 6,0	7,66 6,6	8,35 7,2	—	—
4,5	3,02 2,6	4,53 3,9	6,04 5,2	6,85 5,9	7,55 6,5	8,36 7,2	9,05 7,8	9,75 8,4	—
5,0	3,25 2,8	4,88 4,2	6,5 5,6	7,31 6,3	8,13 7,0	8,95 7,7	9,76 8,4	10,55 9,1	11,25 9,7
5,5	3,48 3,0	5,22 4,5	6,96 6,0	7,9 6,8	8,7 7,5	9,65 8,3	10,4 9,0	11,25 9,7	12,1 10,4
6,0	3,72 3,2	5,57 4,8	7,43 6,4	8,36 7,2	9,3 8,0	10,2 8,8	11,1 9,6	11,95 10,3	12,8 11,0
6,5	3,95 3,4	5,92 5,1	7,9 6,8	8,95 7,7	9,9 8,5	10,9 9,4	11,85 10,2	12,65 10,9	13,6 11,7
7,0	4,18 3,6	6,27 5,4	8,36 7,2	9,41 8,1	10,4 9,0	11,45 9,9	12,55 10,8	13,45 11,6	14,3 12,3
7,5	4,42 3,8	6,68 5,7	8,85 7,6	10,0 8,6	11,0 9,5	12,2 10,5	13,25 11,4	14,2 12,2	15,08 13,0
8,0	4,64 4,0	6,96 6,0	9,3 8,0	10,4 9,0	11,6 10,0	12,75 11,0	13,9 12,0	14,9 12,5	15,8 13,6

при ширине b помещения, м

5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,8 / 11,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13,6 / 11,7	14,4 / 12,4	—	—	—	—	—	—	—	—
14,4 / 12,4	15,2 / 13,1	15,9 / 13,7	—	—	—	—	—	—	—
15,2 / 13,1	16,05 / 13,8	16,85 / 14,5	17,75 / 15,3	—	—	—	—	—	—
15,9 / 13,7	16,85 / 14,5	17,65 / 15,2	18,6 / 16,0	19,4 / 16,7	—	—	—	—	—
16,75 / 14,4	17,65 / 15,2	18,6 / 16,0	19,4 / 16,7	20,3 / 17,5	21,15 / 18,2	—	—	—	—

Глубина помещения, м	$\Sigma k_{усл} F$, Вт/К $\Sigma k_{усл} F$, ккал/(ч · °С)								
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
8,5	4,88	7,32	9,75	10,0	12,2	13,45	14,65	15,55	16,6
	4,2	6,3	8,4	9,5	10,5	11,6	12,6	13,4	14,3
9,0	5,11	7,66	10,2	11,35	12,70	14,05	15,35	16,35	17,3
	4,4	6,6	8,8	9,9	11,0	12,1	13,2	14,1	14,9
9,5	5,35	8,02	10,7	12,0	13,35	14,75	16,05	17,1	18,12
	4,6	6,9	9,2	10,4	11,5	12,7	15,8	14,7	15,6
10,0	5,68	8,37	11,2	12,55	13,9	15,35	16,75	17,8	18,8
	4,8	7,2	9,6	10,8	12,0	13,2	14,4	15,3	16,2
10,5	5,80	8,7	11,60	13,1	14,5	16,05	17,40	18,5	19,65
	5,0	7,5	10,0	11,3	12,5	13,8	15,0	15,9	16,9
11,0	6,05	9,05	12,0	13,6	15,08	16,6	18,15	19,3	20,3
	5,2	7,8	10,4	11,7	13,0	14,3	15,6	16,6	17,5
11,5	6,27	9,4	12,52	14,15	15,7	17,3	18,8	20,0	21,15
	5,4	8,1	10,8	12,2	13,5	14,9	16,2	17,2	18,2
12,0	6,50	9,75	13,0	14,65	16,25	17,9	19,5	20,7	21,9
	5,6	8,4	11,2	12,6	14,0	15,4	16,8	17,8	18,8
12,5	6,75	10,1	13,49	15,2	16,85	18,6	20,2	21,4	22,7
	5,8	8,7	11,6	13,1	14,5	16,0	17,4	18,4	19,5
13,0	6,96	10,44	13,95	15,7	17,40	19,2	20,86	22,2	23,4
	6,0	9,0	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	19,1	20,1
13,5	7,2	10,80	14,4	16,25	18,0	19,9	21,6	22,9	24,2
	6,2	9,3	12,4	14,0	15,5	17,1	18,6	19,7	20,8
14,0	7,45	11,10	14,85	16,75	18,6	20,4	22,3	23,6	24,9
	6,4	9,6	12,8	14,4	16,0	17,6	19,2	20,3	21,4
14,5	7,66	11,5	15,35	17,3	19,4	21,2	23,0	23,3	25,7
	6,6	9,9	13,2	14,9	16,5	18,2	19,8	20,9	22,1
15,0	7,90	11,85	15,8	17,8	19,7	21,8	23,7	25,1	26,4
	6,8	10,2	13,6	15,3	17,0	18,7	20,4	21,6	22,7

Примечание. При размерах помещений больше 15×10 м моугольники, примыкающие к углу, и полосы. Данные для угловой табл. III—1.

при ширине b помещения, м

5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
17,55	18,45	19,4	20,3	21,15	22,10	23,0			
15,1	15,9	16,7	17,5	18,2	19,0	19,8	—	—	—
18,55	19,3	20,25	21,15	22,10	23,0	23,95	24,8		
15,8	16,6	17,4	18,2	19,0	19,8	20,6	21,3	—	—
19,05	20,0	21,0	22,0	22,9	23,8	24,8	25,7	26,8	
16,4	17,3	18,1	18,9	19,7	20,5	21,3	22,1	22,9	—
19,85	20,9	21,85	22,8	23,8	24,8	25,7	26,8	27,6	28,6
17,1	18,0	18,8	19,6	20,5	21,3	22,1	22,9	23,7	24,6
20,7	21,8	22,7	23,7	24,6	25,6	26,6	27,6	28,5	25,9
17,8	18,7	19,5	20,4	21,2	22,0	22,9	23,7	24,5	22,4
21,5	22,6	23,6	24,5	25,6	26,5	27,6	28,5	29,5	30,4
18,5	19,4	20,5	21,1	22,0	22,8	23,7	24,5	25,4	26,2
22,2	23,4	24,4	25,3	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4	31,4
19,1	20,1	21,0	21,8	22,7	23,6	24,4	25,3	26,2	27,0
23,0	24,2	25,2	26,3	27,2	28,2	29,3	30,3	31,4	32,37
19,8	20,8	21,7	22,6	23,4	24,3	25,2	26,1	27,0	27,8
23,8	25,0	26,0	27,1	28,15	29,2	30,2	31,3	32,3	33,4
20,5	21,5	22,4	23,3	24,2	25,1	26,0	26,9	27,8	28,8
24,6	25,8	26,8	27,9	29,1	30,0	31,2	32,2	33,2	34,3
21,2	22,2	23,1	24,0	24,9	25,8	26,8	27,7	28,6	29,5
25,3	26,6	27,7	28,8	29,85	30,9	32,0	33,1	34,2	35,2
21,8	22,9	23,8	24,8	25,7	26,6	27,5	28,5	29,4	30,3
26,2	27,4	28,5	29,6	30,7	31,8	32,9	33,9	35,1	36,4
22,5	23,6	24,5	25,5	26,4	27,4	28,3	29,2	30,2	31,3
27,0	28,2	29,4	30,4	31,6	32,6	33,8	34,9	36,0	37,1
23,2	24,3	25,3	26,2	27,2	28,1	29,1	30,0	31,0	31,9
27,8	29,1	30,2	31,25	32,4	33,6	34,8	35,8	37,0	38,1
23,9	25,0	26,0	26,9	27,9	28,9	29,9	30,8	31,8	32,3

$\Sigma k_{усл} F$ вычисляют путем условного разделения помещения на пря- площади берутся из настоящей таблицы, а для полос — из

Таблица III—3

Величины добавочных теплопотерь

Вид ограждения	Особенность ограждения	Добавочные теплопотери, % к основным
Вертикальные и наклонные (стены, двери и светопроемы)	Не защищенные от ветра	
	Обращенные на север, восток, северо-восток, северо-запад	10
	То же, на юго-восток и запад	5
Вертикальные и наклонные (вертикальная проекция)	Защищенные от ветра	5
Наружные ограждения зданий, возводимых в местностях с расчетной зимней скоростью ветра до 5 м/с включительно	Не защищенные от ветра	10
Наружные двери при кратковременном их открывании и n этажах в зданиях и сооружениях	Двойные двери без тамбура между ними	$100n$
	То же, но с тамбуром, снабженным дверью	$80n$
	Одинарная дверь без тамбура	$65n$

Примечания: 1. Когда отсутствуют данные об ориентировке вертикальных ограждений по странам света, допускается принимать добавочные теплопотери в размере 8%.

2. Добавочные теплопотери следует принимать для дверей, не оборудованных воздушно-тепловыми завесами.

Таблица III—4

Значения поправочного коэффициента на расчетную разность температур

Характеристика ограждений	Поправочный коэффициент
Чердачные перекрытия при стальной, черепичной или асбестоцементной кровлях, при разряженной обрешетке и бесчердачные покрытия с вентилируемыми продухами	0,9
То же, при сплошном настиле	0,8

Характеристика ограждений	Поправочный коэффициент
Чердачные перекрытия при кровлях из рулонных материалов	0,75
Ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, сообщающихся с наружным воздухом (тамбуры и т. п.)	0,7
То же, для несообщающихся с наружным воздухом	0,4

$k = \frac{1}{R_0}$ — коэффициент теплопередачи покрытия (см. формулу III—1);

F — площадь покрытия (горизонтальная проекция), м²;

$\Delta t_э$ — эквивалентная разность температур, °С; определяется для некоторых населенных пунктов по табл. III—6, а при отсутствии их в данной таблице по табл. III—7.

Количество тепла, поступающего через вертикальные остекленные поверхности (в Вт),

$$Q = k_c\, k_{1c}\, I^c\, F, \qquad \text{(III—4)}$$

где k_c — коэффициент, учитывающий уменьшение поступления тепла за счет затемнения стекол переплетами рам и загрязнениями атмосферы (табл. III—8);

k_{1c} — коэффициент, учитывающий уменьшение поступления тепла через вертикальные остекленные поверхности из-за дополнительного затенения их внутренними жалюзи, шторами или наружными козырьками;

I^c — количество тепла, поступающего на вертикальную поверхность в 13—14 ч в зависимости от ориентации поверхности по странам света (табл. III—6 или III—7);

F — площадь поверхности окон по наименьшему размеру строительного проема в свету, м².

Затенение жалюзи, шторами и козырьками учитывается только при надлежащем обосновании.

В расчет следует принимать большую из двух величин солнечной радиации, подсчитанной один раз через остекление, расположенное в одной стене, и через покрытие, в другой раз — через остекление двух взаимно перпендикулярных стен, с коэффициентом 0,7 в сумме с радиацией через покрытие.

Таблица III—5

Значения удельных тепловых характеристик зданий X для пищевых предприятий

Предприятия, здания	$V \cdot 10^{-3}$, м³	X, Вт/(м³·К)	
		для отопления	для вентиляции
Хлебозаводы	0—10	0,44—0,47	0,97—0,99
	10—20	0,44—0,47	0,93—0,95
	20—30	0,41—0,43	0,93—0,95
	30—50	0,34—0,41	0,87—0,93
Макаронные фабрики	0—10	0,44—0,45	0,81—0,84
	10—20	0,41—0,44	0,80—0,81
	20—30	0,38—0,40	0,79—0,80
Крахмалосушильные заводы	0—10	0,23—0,26	0,81—0,85
	10—20	0,21—0,23	0,80—0,81
Заводы по производству патоки	0—10	0,23—0,25	0,81—0,84
	10—20	0,21—0,23	0,80—0,81
	20—30	0,21—0,22	0,79—0,80
Дрожжевые заводы	0—10	0,25—0,29	0,46—0,52
	10—20	0,23—0,25	0,46—0,52
	20—30	0,22—0,23	0,43—0,45
Кондитерские фабрики	0—10	0,52—0,54	1,04—1,07
	10—20	0,50—0,51	0,97—1,00
	20—30	0,46—0,48	0,93—0,94
	30—50	0,44—0,45	0,90—0,92
	50—80	0,40—0,45	0,85—0,88
	80—100	0,35—0,36	0,84—0,85
Пивоваренные заводы (за исключением солодорастильных отделений и охлаждаемых помещений)	0—10	0,47—0,49	0,70—0,72
	10—20	0,44—0,46	0,67—0,69
	20—30	0,42—0,43	0,64—0,66
	30—50	0,40—0,42	0,64—0,66
	50—80	0,37—0,39	0,58—0,63
	80—100	0,35—0,36	0,58—0,59
Заводы безалкогольных напитков (за исключением экспедиции)	0—10	0,47—0,49	0,70—0,72
	10—20	0,44—0,46	0,67—0,69
	20—30	0,42—0,43	0,64—0,66
	30—50	0,38—0,40	0,63—0,64
	50—80	0,35—0,36	0,58—0,61

Предприятия, здания	$V \cdot 10^{-3}$, м³	X, Вт/(м³ · К)	
		для отопления	для вентиляции
Консервные заводы	0—10	0,46—0,48	0,81—0,83
	10—20	0,44—0,45	0,79—0,80
	20—30	0,40—0,42	0,75—0,77
	30—50	0,38—0,39	0,70—0,72
	50—80	0,35—0,36	0,67—0,69
	80—100	0,32—0,34	0,64—0,65
Винодельческие заводы (за исключением помещений, требующих кондиционирования воздуха)	0—10	0,49—0,50	0,58—0,60
	10—20	0,46—0,48	0,52—0,54
	20—30	0,42—0,45	0,46—0,48
	30—40	0,40—0,41	0,40—0,42
Табачные фабрики	0—10	0,46—0,50	1,04—1,05
	10—20	0,44—0,45	0,99—1,0
	20—30	0,40—0,42	0,93—0,95
	30—50	0,38—0,39	0,87—0,90
	50—80	0,35—0,36	0,82—0,84
Подсобно-вспомогательные здания и сооружения различного назначения	0—3	0,46—0,48	0,23—0,28
	3—5	0,44—0,45	0,21—0,23
	5—10	0,40—0,42	0,20—0,21
	10—20	0,38—0,40	0,19—0,20

Примечание. Данные таблицы получены на основании расчетов, приведенных по конкретным проектам соответствующих зданий.

Значения k_{1c}

Венецианские подъемные жалюзи	
темные	0,64
светлые	0,55
Рольные непрозрачные шторы	
темные	0,59
светлые	0,25
Шторы из светлой ткани	
редкие	0,67
средней плотности	0,55
плотные	0,47
Наружные козырьки с вылетом не менее 2 м	0,2

Таблица III—6

Количество тепла, поступающего в июле от солнечной радиации (прямой и рассеянной) и эквивалентная разность температур для некоторых городов

Город	Количество тепла $\frac{I^C, \text{ Вт/м}^2}{I^C, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Алма-Ата	392 337	447 385	490 421	294 253	764 657	185 159	865 744	323 282	26,2
Архангельск	368 317	582 501	700 604	483 373	799 686	215 185	718 618	318 274	23,2
Астрахань	390 335	425 366	460 395	272 234	759 647	182 156	880 756	329 283	26,4
Ашхабад	386 332	321 276	337 290	200 172	720 620	163 140	942 810	334 287	27,6
Баку	386 332	357 307	367 316	216 186	740 636	169 145	929 798	333 286	27,4
Барнаул	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6
Батуми	387 333	380 327	398 342	234 201	746 643	175 150	915 786	382 287	27,2
Бийск	394 339	489 421	547 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,9
Боровичи	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	192 172	836 720	329 283	25,6
Братск	384 331	520 447	603 519	362 312	787 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Брянск	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6
Великие Луки	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6

Город	Количество тепла $\frac{J^c, \text{ Вт/м}^2}{J^c, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Вентспилс	378	538	633	370	785	205	795	322	24,7
	325	463	545	319	675	176	684	279	
Вильнюс	384	509	567	354	787	199	836	329	25,6
	331	438	488	305	678	172	720	283	
Винница	393	472	520	316	775	187	857	328	26,0
	338	407	448	272	667	161	738	282	
Витебск	384	520	603	362	786	202	836	327	25,6
	331	447	519	312	676	174	720	281	
Владивосток	387	408	426	253	765	179	892	330	26,7
	333	347	368	218	650	154	768	284	
Вологда	373	549	656	391	780	202	766	319	24,2
	321	472	565	387	671	178	660	275	
Волгоград	392	447	490	294	764	185	665	323	26,2
	337	385	421	253	657	159	741	282	
Воронеж	394	489	547	335	781	193	851	329	25,9
	339	421	471	288	672	166	732	283	
Вышний Волочек	378	538	633	370	785	205	795	322	24,7
	325	463	545	319	675	176	684	279	
Горький	384	520	603	362	786	202	836	327	25,6
	331	447	519	312	676	174	720	281	
Грозный	387	403	428	253	765	179	892	330	26,7
	333	347	368	218	650	154	768	284	
Даугавпилс	384	520	603	362	786	202	836	327	25,6
	331	447	519	312	676	174	720	281	
Джамбул	392	447	490	294	764	185	865	328	26,2
	337	385	421	253	657	159	744	282	

Город	Количество тепла $\frac{J^C, \text{ Вт/м}^2}{J^C, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Днепропетровск	392	447	490	294	764	185	865	323	26,5
	337	385	421	253	657	159	744	282	
Донецк	392	447	490	294	764	185	865	323	26,5
	337	385	421	253	657	159	744	282	
Ейск	390	425	460	272	753	182	880	329	26,4
	335	366	395	234	647	156	756	283	
Енисейск	378	538	633	370	785	205	795	322	24,7
	325	463	545	319	675	176	684	279	
Ереван	386	357	367	216	740	169	929	333	27,4
	332	307	316	186	636	145	798	286	
Жданов	392	447	490	294	764	185	865	323	26,5
	337	385	421	253	657	159	744	282	
Запорожье	392	447	490	294	764	185	865	323	26,5
	337	385	421	253	657	159	744	282	
Иваново	378	538	633	370	785	205	795	322	24,7
	325	463	545	319	675	176	684	279	
Иркутск	394	489	547	335	781	193	851	329	25,5
	339	421	471	288	672	166	732	283	
Казань	384	520	603	362	786	202	836	327	25,6
	331	447	519	312	676	174	720	281	
Калинин	384	520	603	362	786	202	836	327	25,6
	331	447	519	312	676	174	720	281	
Калуга	384	509	567	354	787	199	836	329	25,6
	331	438	488	305	678	172	720	283	
Камышин	393	472	520	316	775	187	857	328	26,0
	338	407	448	272	667	161	738	282	

Город	Количество тепла $\frac{I^c, \text{ Вт/м}^2}{I^c, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Караганда	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Каунас	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Кемерово	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Кемь	368 317	582 501	700 604	433 373	799 686	212 185	718 618	318 274	23,2
Керчь	390 335	485 366	460 355	272 234	753 647	182 156	880 756	329 283	26,4
Киев	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Киров	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Кишинев	387 353	403 347	428 368	253 218	765 650	179 154	892 768	330 284	26,7
Конотоп	394 339	489 421	547 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,9
Кострома	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Краснодар	390 335	425 366	460 395	272 234	786 676	202 174	880 756	329 283	26,4
Красноярск	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Куйбышев	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6

Город	Количество тепла $\frac{I^c, \text{ Вт/м}^2}{I^c, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Курск	394	489	547	335	781	193	851	329	25,9
	339	421	471	288	672	166	732	283	
Кутаиси	387	380	398	234	746	175	915	332	27,2
	333	327	342	201	643	150	786	287	
Ленинабад	386	357	367	216	740	169	929	333	27,4
	332	307	316	186	636	145	798	286	
Ленинакан	386	357	367	216	740	169	929	333	27,4
	332	307	316	186	636	145	798	286	
Ленинград	373	549	656	391	780	207	766	319	24,2
	321	472	565	337	671	178	660	275	
Лиепая	384	520	603	362	786	202	836	327	25,6
	331	447	519	312	676	174	720	281	
Липецк	394	489	547	335	781	193	851	329	25,9
	339	421	471	288	672	166	732	283	
Львов	398	472	520	316	775	187	857	328	26,0
	338	407	448	272	667	161	758	282	
Магнитогорск	384	509	567	354	787	199	836	329	25,6
	331	438	488	305	678	172	720	283	
Махачкала	387	403	423	253	765	179	892	330	26,7
	333	347	368	218	650	154	768	284	
Минск	384	509	567	354	787	199	836	329	25,6
	331	438	466	305	678	172	720	283	
Мичуринск	394	480	547	335	781	193	851	329	25,9
	339	421	471	288	672	166	732	283	
Москва	384	520	607	362	786	202	836	327	25,6
	331	447	512	312	676	174	720	281	

Город	Количество тепла $\frac{I^C, \text{ Вт/м}^2}{I^C, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Мурманск	380	630	758	473	811	240	697	331	22,6
	327	542	652	407	698	206	600	285	
Нижнеудинск	380	630	758	473	811	240	697	331	22,6
	327	542	652	407	698	206	600	285	
Нижний Тагил	378	538	633	370	785	205	795	312	24,7
	325	463	545	310	675	176	684	270	
Николаев	392	447	490	294	764	185	865	323	26,2
	337	385	421	253	657	159	744	282	
Николаевск-на-Амуре	384	509	567	354	787	199	836	329	25,6
	331	438	488	305	678	172	720	283	
Новгород	378	538	633	370	785	205	795	322	24,7
	325	463	545	319	675	176	684	279	
Новороссийск	387	403	428	253	765	179	892	330	26,7
	333	347	368	218	650	154	768	284	
Новосибирск	384	520	603	362	786	202	836	327	25,6
	331	447	519	312	676	174	720	281	
Одесса	390	425	460	272	753	182	880	329	26,4
	335	366	395	234	647	156	756	283	
Омск	384	520	603	362	786	202	836	327	25,1
	331	447	519	312	676	174	720	281	
Орджоникидзе	387	403	428	253	765	179	892	330	26,7
	333	347	368	218	650	154	768	284	
Орел	394	489	547	335	785	205	851	329	25,5
	339	421	471	288	675	176	732	283	
Оренбург	394	489	547	335	781	193	851	329	25,5
	339	421	471	288	672	166	732	283	

Город	Количество тепла $\frac{I^c, \text{ Вт/м}^2}{I^c, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$ на вертикальную поверхность в 13—14 ч З	ЮЗ	Ю	ЮВ	на вертикальную поверхность западной ориентации максимальное	среднесуточное	на горизонтальную поверхность максимальное	среднесуточное	Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
Пенза	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6
Пермь	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Петрозаводск	369 318	564 485	680 585	411 354	776 669	210 180	740 636	314 270	23,6
Полоцк	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Полтава	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Псков	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Пярну	378 325	538 463	633 545	373 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Пятигорск	387 333	403 347	428 368	253 218	765 650	179 154	892 768	330 284	26,7
Рига	378 385	538 464	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Ростов-на-Дону	392 337	447 385	490 421	294 253	764 657	185 159	865 744	323 282	26,2
Рязань	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Самарканд	386 332	357 307	367 316	216 186	740 636	169 145	929 798	333 286	27,4
Саранск	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6
Саратов	394 339	489 421	547 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,9

Город	Количество тепла $\frac{I^C, \text{ Вт/м}^2}{I^C, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Свердловск	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Севастополь	387 333	403 347	428 368	253 218	765 650	179 154	892 768	330 284	26,7
Семипалатинск	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Симферополь	387 333	403 347	428 368	253 218	765 650	179 154	892 768	330 284	26,7
Славянск	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Смоленск	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6
Сургут	369 318	564 485	680 585	411 354	776 669	210 180	740 636	314 270	23,6
Таллин	373 321	549 472	656 565	391 337	780 671	207 178	766 660	319 275	24,2
Тамбов	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Тарту	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Ташкент	337 333	380 327	398 342	234 201	746 643	175 150	915 786	332 287	27,2
Тбилиси	387 333	380 327	398 342	234 201	746 643	175 150	915 786	332 287	27,2
Тернополь	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Тобольск	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	312 279	24,7

Город	Количество тепла $\frac{I^c, \text{ Вт/м}^2}{I^c, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Томск	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Тула	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6
Тургай	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Туркестан	387 333	403 347	428 368	253 218	765 650	179 154	892 768	330 284	26,7
Тюмень	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7
Ужгород	392 337	447 385	490 421	294 253	764 657	185 159	865 744	328 282	26,2
Улан-Удэ	394 339	489 421	547 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,9
Ульяновск	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6
Умань	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Уральск	394 339	489 421	647 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,9
Уфа	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Фергана	386 332	357 307	367 316	216 186	740 636	169 145	929 798	333 286	27,4
Фрунзе	387 333	380 327	398 342	234 201	746 643	175 150	915 786	332 287	27,2
Хабаровск	392 337	447 385	490 421	294 253	764 657	185 159	865 744	328 282	26,2

Город	Количество тепла $\frac{I^c, \text{ Вт/м}^2}{I^c, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $t_э$, °С
	на вертикальную поверхность в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальную поверхность		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
Харьков	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
Херсон	390 335	425 366	460 395	272 234	753 647	182 156	880 756	329 283	26,4
Целиноград	394 339	489 421	547 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,5
Чарджоу	386 332	357 307	367 316	216 186	740 636	169 145	929 798	333 286	27,4
Чебоксары	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Челябинск	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Чернигов	394 339	489 421	547 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,5
Чита	394 339	489 421	547 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,5
Шадринск	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
Якутск	369 318	564 485	680 585	411 354	776 669	210 180	740 636	314 270	23,1
Ялта	387 333	403 347	428 368	253 218	765 650	179 154	892 768	330 284	26,7
Ярославль	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	322 279	24,7

Примечание. Количество тепла, поступающего от солнечной радиации, обозначено I_c в отличие от I — энтальпии воздуха, встречающейся в последующих главах книги.

Количество тепла, поступающего от солнечной радиации (прямой и рассеянной), и эквивалентная разность температур в зависимости от географической широты

Географическая широта, град. с. ш.	Количество тепла, $\frac{I^C, \text{ Вт/м}^2}{I^C, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $\Delta t_э$, °С
	на вертикальные поверхности в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальные поверхности		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
38	386 332	321 276	337 290	200 172	720 620	163 140	942 810	304 267	27,6
40	386 332	357 307	367 316	216 186	740 636	169 145	929 798	333 286	27,4
42	387 333	380 327	398 342	234 201	746 643	175 150	915 786	332 287	27,2
44	387 333	403 347	428 368	253 218	765 650	179 154	892 768	330 284	26,7
46	390 335	425 366	460 395	272 234	753 647	182 156	880 756	329 283	26,4
48	392 337	447 385	490 421	294 253	764 657	185 159	865 744	328 282	26,2
50	393 338	472 407	520 448	316 272	775 667	187 161	857 738	328 282	26,0
52	394 339	489 421	547 471	335 288	781 672	193 166	851 732	329 283	25,9
54	384 331	509 438	567 488	354 305	787 678	199 172	836 720	329 283	25,6
56	384 331	520 447	603 519	362 312	786 676	202 174	836 720	327 281	25,6
58	378 325	538 463	633 545	370 319	785 675	205 176	795 684	312 279	24,7

Географическая широта, град. с. ш.	Количество тепла, $\frac{I^C, \text{ Вт/м}^2}{I^C, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}}$								Эквивалентная разность температур $\Delta t_э$, °С
	на вертикальные поверхности в 13—14 ч				на вертикальную поверхность западной ориентации		на горизонтальные поверхности		
	З	ЮЗ	Ю	ЮВ	максимальное	среднесуточное	максимальное	среднесуточное	
60	373 321	549 472	656 565	391 337	780 671	207 178	766 660	319 275	24,2
62	369 318	564 485	680 585	411 354	776 669	210 180	740 636	314 270	23,6
64	368 317	582 501	700 604	433 373	799 686	215 185	718 618	318 274	23,2
66	374 322	606 522	730 628	455 392	605 693	228 196	704 605	325 280	22,9
68	380 327	630 542	758 652	473 407	811 698	240 206	697 600	331 285	22,6

Таблица III—

Значение коэффициента k_c

Тип остекления	k_c
Окна сплошные одинарные витринные без переплетов и стены из стеклоблоков	0,72
Окна сплошные двойные витринные без переплетов	0,68
Окна в металлических рамах	
одинарных	0,6
двойных	0,54
Окна в деревянных рамах	
одинарных	0,48
двойных	0,45

Примечание. Для населенных пунктов, расположенных на параллели 38° с. ш. и ниже, коэффициент k_c следует принимать с поправочным коэффициентом 0,93.

Теплопоступление от солнечной радиации нужно учитывать в тепловом балансе для теплового и переходного периодов (при наружной температуре 10° С и выше). Поступление тепла от солнечной радиации через наружные непрозрачные стены не учитывается.

Для кондиционируемых помещений винодельческих и пивоваренных заводов следует дополнительно учитывать приток тепла (в Вт) через наружные и внутренние стены за счет разности температур по формуле

$$Q = kF(t_н - t_{вн}), \qquad \text{(III—5)}$$

где k — коэффициент теплопередачи через стены, Вт/(м²·К);
F — суммарная площадь наружных и внутренних стен, м²;
$t_н$ — расчетная температура наружного воздуха в теплый период года для систем кондиционирования воздуха (см. главу I), ° С;
в — расчетная температура внутреннего воздуха, ° С.

Примечание. Для внутренних стен за $t_н$ принимается температура внутреннего воздуха смежных помещений (по расчету или по табл. I—2).

Пример 1. Папиросонабивной цех табачной фабрики в Ялте размещается в одноэтажном здании с совмещенной кровлей.

Конструкции наружных ограждений представлены в следующем виде (см. пример 3 главы II):

стены — керамзитобетонные панели ($\gamma_0 = 1000$ кг/м³) толщиной $\delta = 200$ мм, $R_0 = 0{,}65$ м²·К/Вт,

$$k = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{0{,}65} = 1{,}54 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$$

покрытие — сборные железобетонные крупнопанельные плиты с утеплителем из минераловатных плит ($\gamma_0 = 400$ кг/м³) на битумном связующем толщиной $\delta = 100$ мм, $R_0 = 1{,}19$ м²·К/Вт,

$$k = \frac{1}{1{,}19} = 0{,}84 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)};$$

окна — с двойными деревянными раздельными переплетами (двойное остекление):

$$R_0 = 0{,}378 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}, \quad k = \frac{1}{0{,}378} = 2{,}65 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

План и разрез здания представлен на рис. III—1.

Определить теплопотери зимой и теплоприток летом через наружные ограждения.

Предварительно выписываем исходные данные.

Из табл. I—1:

расчетная средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки в Ялте $t_н^{х.п} = -6°$ С;

то же, в 13 ч наиболее жаркого месяца $t_н^{ж.м} = 26{,}3°$ С;

средняя скорость ветра
зимой $v = 4{,}4$ м/с,
летом $v = 2{,}4$ м/с.

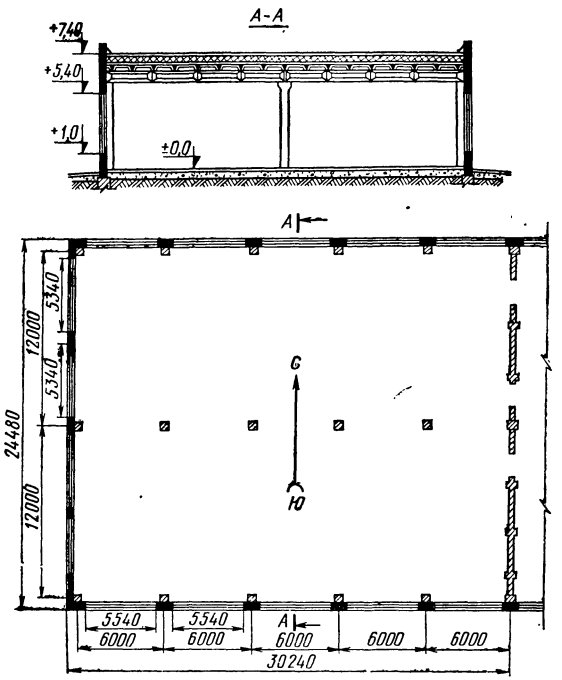


Рис. III—1. План и разрез папиросонабивного цеха табачной фабрики в Ялте (к примеру 1).

Из табл. I—5:

расчетная температура внутреннего воздуха

зимой $t_{вн} = 18°$ С,

летом $t_{вн} = 26°$ С.

Из табл. III—6:

количество тепла, поступающего от солнечной радиации на вертикальную поверхность в 13 ч:

западной ориентации 387 Вт/м².

южной ориентации 428 Вт/м²,

эквивалентная разность температур $\Delta t_э = 26{,}7°$ С.

Из табл. III—3:

добавочные теплопотери для вертикальных ограждений:

обращенных на запад 5%,

обращенных на север 10%,

защищенных от ветра 5%.

По табл. III—8 находим значение коэффициента $\kappa_с$ для окон в деревянных двойных рамах: $\kappa_с = 0{,}45$.

Теплопотери зимой. При разности температур $\Delta t = 1°$ С теплопотери элементов зданий по формуле III—1 с учетом добавочных теплопотерь составят:

Наружная стена, обращенная на юг,

$$q_1 = 30{,}24 \cdot 7{,}4 \cdot 1{,}54 \cdot 1{,}05 = 362 \text{ Вт/К}.$$

Окна в этой же стене

$$q_1^0 = 5{,}54 \cdot 4{,}40 \cdot 5 \cdot (2{,}65 - 1{,}54)\, 1{,}05 = 142{,}3 \text{ Вт/К}.$$

Наружная стена, обращенная на запад,

$$q_2 = 24{,}48 \cdot 7{,}04 \cdot 1{,}54 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}05 = 308 \text{ Вт/К}.$$

Окна в этой же стене

$$q_2^0 = 5{,}34 \cdot 4{,}40 \cdot 4\, (2{,}65 - 1{,}54)\, 1{,}05 \cdot 1{,}05 = 114 \text{ Вт/К}.$$

Наружная стена, обращенная на север,

$$q_3 = 30{,}24 \cdot 7{,}4 \cdot 1{,}54 \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}05 = 399 \text{ Вт/К}.$$

Окна в той же стене

$$q_3^0 = 5{,}54 \cdot 4{,}40 \cdot 5\, (2{,}65 - 1{,}54)\, 1{,}10 \cdot 1{,}05 = 156{,}3 \text{ Вт/К}.$$

Покрытие

$$q_4 = 30{,}0 \cdot 24{,}0 \cdot 0{,}84 = 605 \text{ Вт/К}.$$

Пол (на грунте) разбиваем условно на полосы. Угловая часть — полоса 12×10 м; таких полос две.

По табл. III—2

$$q_5 = 32{,}37 \cdot 2 = 64{,}74 \text{ Вт/К}.$$

С каждой стороны одной наружной стены остаются две полосы шириною 10 м и глубиною 12 м.

По табл. III—1

$$q_6 = (19{,}05 + 0{,}7 \cdot 2)\, 2 \cdot 2 = 81{,}8 \text{ Вт/К}.$$

Всего при $\Delta t = 1°$ С теплопотери составляют

$$Q = 362 + 142{,}3 + 308 + 114 + 399 + 156{,}3 + 605 + \\ + 64{,}74 + 81{,}8 = 2233{,}14 \text{ Вт/К}.$$

Добавку на инфильтрации не учитываем, так как в папиросонабивном цехе предусматривается кондиционирование воздуха, при котором в помещении создается подпор.

Суммарные теплопотери при фактической разности температур составляют

$$Q_{\text{пот}} = 2233{,}14\, (18 + 6) = 53565 \text{ Вт}.$$

Для большего числа помещений расчеты следует сводить в таблицу.

Теплоприток летом. Приток тепла через покрытие определяем по формуле (III—3)

$$Q_1 = 0{,}84 \cdot 30{,}0 \cdot 24{,}0 \cdot 0{,}26{,}7 = 16153 \text{ Вт}.$$

То же, для окон западной ориентации по формуле (III—4)

$$Q_2 = 0{,}45 \cdot 387 \cdot 5{,}34 \cdot 4{,}40 \cdot 4 = 16350 \text{ Вт};$$

для окон южной ориентации

$$Q_3 = 0{,}45 \cdot 428 \cdot 5{,}54 \cdot 4{,}40 \cdot 5 = 23\,496 \text{ Вт}.$$

Суммарный теплоприток

$$Q = 16\,153 + (16\,350 + 23\,496)\,0{,}7 = 44\,045 \text{ Вт}.$$

На этом расчет заканчивается.

Пример 2. Цех дображивания и фильтрации пива на пивоваренном заводе в Курске размещается на верхнем этаже многоэтажного здания. Ограждающие конструкции (см. пример 5 главы II) представлены в следующем виде:

наружные стены — стеновые панели толщиной $\delta = 240$ мм с утеплителем из минераловатных плит толщиной $\delta = 60$ мм

$$R_0 = 1{,}81 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad k = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{1{,}81} = 0{,}555 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

внутренние стены — пенобетонные плиты толщиной $\delta = 200$ мм

$$R_0 = 0{,}845 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad k = \frac{1}{0{,}845} = 1{,}18 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

покрытие с утеплителем из пенобетонных плит толщиной $\delta = 280$ мм

$$R_0 = 1{,}84 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad k = \frac{1}{1{,}84} = 0{,}545 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

покрытие с утеплителем из пенобетонных плит толщиной $\delta = 280$ мм

$$R_0 = 1{,}29 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad k = \frac{1}{1{,}29} = 0{,}778 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

План и разрез помещения представлен на рис. III—2.

Определить теплопотери зимой и теплоприток летом.

Дополнительные данные:

температура воздуха в отсеках, где размещаются металлические емкости (круглогодично) 4° С;

температура воздуха в коридорах обслуживания 16° С;

температура воздуха в нижележащем этаже, где размещается цех розлива

зимой 18° С,

летом 25° С;

расчетная температура наружного воздуха

зимой —24° С,

летом 37° С;

эквивалентная разность температур $\Delta t_э = 25{,}9°$ С

Теплопотери и теплоприток зимой. Расчет ведем для одного отсека.

Наружные стены

$$q_1 = (28{,}4 + 12{,}9)\,4{,}7 \cdot 0{,}555\,(4 + 24) = 3010 \text{ Вт}.$$

Внутренние стены

$$q_2 = (28{,}2 + 12{,}7)\,4{,}7 \cdot 1{,}18\,(4 - 16) = -2730 \text{ Вт}.$$

(теплоприток)

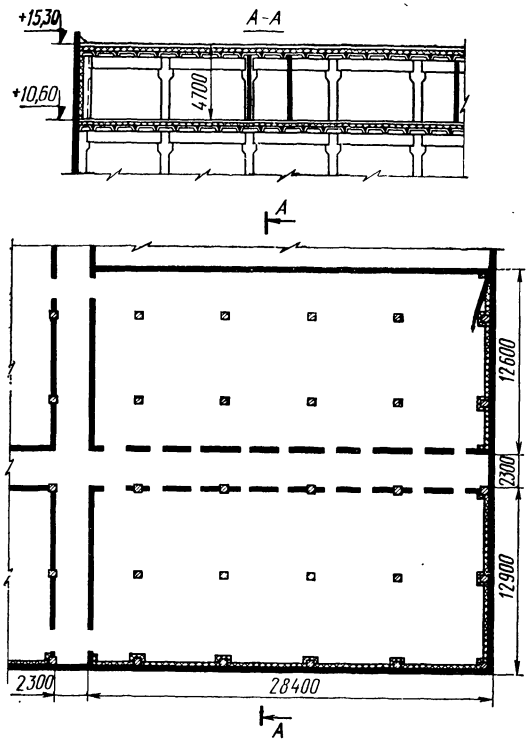


Рис. III—2. План и разрез цеха доображивания и фильтрации пива на пивоваренном заводе в Курске (к примеру 2).

Покрытие

$$q_3 = 28{,}2 \cdot 12{,}7 \cdot 0{,}545\,(4 + 24) = 5450 \text{ Вт}.$$

Междуэтажное перекрытие

$$q_4 = 28{,}2 \cdot 12{,}7 \cdot 0{,}778\,(4 - 18) - = 3900 \text{ Вт}.$$

(теплоприток)

Суммарные теплопотери

$$Q_{\text{пот}} = (3010 + 5450) - (2730 + 3100) = 1830 \text{ Вт}.$$

Теплоприток летом.

Наружные стены

$$Q_1 = (28{,}4 + 12{,}9)\,4{,}7 \cdot 0{,}555\,(37 - 4) = 3556 \text{ Вт}.$$

Внутренние стены

$$Q_2 = (28{,}2 + 12{,}7)\,4{,}7 \cdot 1{,}18\,(16 - 4) = 2730 \text{ Вт}.$$

Покрытие

$$Q_3 = 28{,}2 \cdot 12{,}7 \cdot 0{,}545 \cdot 25{,}9 = 5240 \text{ Вт}.$$

Междуэтажное перекрытие

$$Q_4 = 28{,}2 \cdot 12{,}7 \cdot 0{,}778\,(25 - 4) = 5860 \text{ Вт}.$$

Суммарный теплоприток

$$Q = 3556 + 2730 + 5240 + 5860 = 17\,386 \text{ Вт}.$$

Глава IV. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

В производственных помещениях предприятий пищевой промышленности при проведении технологических процессов выделяются вредности:

конвективное и лучистое тепло от поверхности закрытых сосудов и аппаратов при выпаривании, варке, выпечке и т. п.;

влага, испаряющаяся с поверхности жидкости в открытых сосудах и аппаратах в результате варки, пропарки, фильтрации и т. п.;

ядовитые пары и газы из жидкости или продукта при сульфитации, протравливании, нейтрализации и т. п.;

пыль при дроблении, измельчении, прессовании и транспортировании твердых и сыпучих материалов.

Оборудование или его части, являющиеся источником выделения конвективного и лучистого тепла, должны быть теплоизолированы. При выделении влаги, ядовитых газов и паров, пыли соответствующее оборудование подлежит герметизации или укрытию с устройством местных отсосов.

Изоляция горячего оборудования и трубопроводов

В соответствии с требованиями СН 245—71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» температура на поверхности изоляции не должна превышать 45° С, а для оборудования, внутри которого температура равна или ниже 100° С, не должна превышать 35° С.

При неизменных конструкции изоляции и температуре транспортируемой среды температура на поверхности изоляции будет изменяться в зависимости от температуры окружающего воздуха: с повышением его температуры повышается температура на поверхности изоляции, и наоборот. Поэтому в расчетах следует принимать разность температур окружающей среды и поверхности изоляции равной не более 15° С для трубопроводов и оборудования с температурой внутренней среды $>100°$ С и не более 5° С для трубопроводов и оборудования с температурой внутренней среды $\leqslant 100°$ С.

Характеристика рекомендуемых к применению теплоизоляционных конструкций приведена в табл. IV—1 и IV—2.

Таблица IV—1

Теплотехнические показатели теплоизоляционных конструкций

Основной изоляционный слой конструкции	Плотность основного изоляционного слоя в конструкции, кг/м³	Максимальная температура применения конструкции, °С	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}^{к}$ при						Материал основного слоя в конструкции по ГОСТ или ТУ
			$t_т^* \leqslant 100°$ С		$100°C < t_т < 200°$ С		$t_т < 0°$ С		
			Вт / м·К	ккал / м·ч·°С	Вт / м·К	ккал / м·ч·°С	Вт / м·К	ккал / м·ч·°С	
Минераловатные скорлупы, офактуренные	250	600	0,07	0,06	0,08	0,07	0,08	0,07	ГОСТ 4640—61
Минераловатные прошивные изделия (маты, скорлупы) с обкладкой стеклорогожей с одной стороны									
марки 150	180	600	0,055	0,047	0,064	0,055	0,08	0,07	ГОСТ 4640—61
марки 200	240	600	0,059	0,051	0,067	0,058	0,08	0,07	МРТ-19—68
марки 250	300	600	0,065	0,056	0,073	0,063	0,09	0,08	—

Маты минераловатные на фенольной связке	150	200	0,053	0,046	0,064	0,055	0,07	0,06	ГОСТ 9573—60
Минераловатные скорлупы и цилиндры на связке из фенольных смол	100—180	300	0,058	0,05	0,076	0,057	0,07	0,06	ТК 132—64 ГМСС СССР
Плиты полужесткие минераловатные на фенольной связке	150—200	300	0,061	0,053	0,07	0,06	0,07	0,06	ГОСТ 9573—60
Маты и полосы из стекловолокна	200	450	0,05	0,043	0,06	0,052	—	—	ГОСТ 2245—43
Асбопухшнур	—	200	0,132	0,114	0,14	0,121	—	—	ГОСТ 1799—55
Совелитовые изделия	400	500	0,08	0,07	0,09	0,08	—	—	ГОСТ 6788—62
Вулканитовые изделия	400	500	0,08	0,07	0,09	0,08	—	—	ГОСТ 10179—62
Диатомовые (трепельные)	500	900	0,12	0,10	0,13	0,11	—	—	ГОСТ 2694—52
Обжиговые изделия	600	900	0,14	0,12	0,15	0,13	—	—	—

Примечание. Размеры неорганических гибких теплоизоляционных материалов и изделий приведены в табл. IV—2.

* $t_т$ — температура транспортируемой среды.

Таблица IV—2

Размеры неорганических гибких теплоизоляционных материалов и изделий

Вид материала и изделий	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Допускаемые отклонения, мм		
				по длине	по ширине	по толщине
Минераловатные скорлупы, офактуренные	1000—1500	—	40; 50; 60	±20	—	±5
Минераловатные прошивные изделия	600—1200	300; 1000	30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	±20	±10	От ±5 до±10
Плиты полужесткие минераловатные	500; 1000	350—700	30; 40; 50; 60	±10	±10	±5
Минераловатные скорлупы и цилиндры	500; 1000	—	40; 50; 60	±20	—	±5
Маты стекловатные	—	1000; 1500	30; 40; 50; 60	—	±10	±5
Асбопухшнур	—	—	20; 25; 30	—	—	±2

Толщина изоляционного слоя $\delta_{из}$ (в мм) определяется по формулам:

для трубопроводов

$$\frac{d_{из}}{d_н} \ln \frac{d_{из}}{d_н} = \frac{2\lambda^к_{из}\left(t_т - t_{из}\right)}{\alpha_н d_н (t_{из} - t_о)}, \qquad \text{(IV—1)}$$

$$\delta_{из} = \frac{d_н}{2}\left(\frac{d_{из}}{d_н} - 1\right) 1000; \qquad \text{(IV—2)}$$

для плоских стенок

$$\delta_{из} = \frac{\lambda^к_{из}\left(t_т - t_{из}\right)}{\alpha_н (t_{из} - t_о)}, \qquad \text{(IV—3)}$$

где $t_т$ — расчетная температура транспортируемой среды (теплоносителя), °С;

$t_{из}$ — температура наружной поверхности изоляции, °С;

$t_о$ — температура окружающего воздуха, °С;

$\lambda^{к}_{из}$ — коэффициент теплопроводности изоляции (см. табл. IV—1), Вт/(м·К);

$\delta_{из}$ — толщина изоляционного слоя, мм;

$d_н$ — наружный диаметр трубопровода, м;

$d_{из}$ — наружный диаметр трубопровода с изоляцией, м;

$\alpha_н$ — коэффициент теплоотдачи поверхности изоляции в окружающую среду, Вт/(м²·К), или ккал/(м²·ч·°С); для отапливаемых помещений $\alpha_н = 10{,}44$ Вт/(м²·К), или 9 ккал/(м²·ч·°С); для неотапливаемых помещений $\alpha_н = 29$ Вт/(м²·К), или 25 ккал/(м²·ч·°С).

Формула (IV—1) может быть решена при помощи табл. IV—3.

В табл. IV—4 приведены параметры тепловой изоляции горячих трубопроводов и технологического оборудования для часто встречающихся температур теплоносителя и диаметров трубопроводов.

В табл. IV—5 указана предельная толщина различных типов изоляции, допускаемая по конструктивным соображениям. Табл. IV—6 позволяет упростить подсчет объема изоляции.

В табл. IV—7 приведены потери тепла в окружающую среду неизолированными поверхностями трубопроводов и оборудования в зависимости от температуры теплоносителя (воды и пара).

Потери тепла (в Вт) в окружающую среду изолированными трубопроводами и оборудованием определяют по формулам:

для трубопроводов (на 1 м трубопровода)

$$q_l = \frac{t_т - t_о}{\frac{1}{2\pi\lambda^{к}_{из}} \ln \frac{d_{из}}{d_н} + \frac{1}{d_{из}\pi\alpha_н}}, \qquad \text{(IV—4)}$$

для плоских стенок (на 1 м² поверхности)

$$q = \frac{t_т - t_о}{\frac{\delta_{из}}{\lambda^{к}_{из}} + \frac{1}{\alpha_н}}. \qquad \text{(IV—5)}$$

В формулах IV—4 и IV—5 обозначения те же, что и в формуле IV—1.

Температура на поверхности изоляции (в °С)

для трубопроводов

$$t_{из} = t_о + \frac{q_l}{\alpha_н \pi d_{из}}, \qquad \text{(IV—6)}$$

для плоских стенок

$$t_{из} = t_о + \frac{q}{\alpha_н}. \qquad \text{(IV—7)}$$

Таблица IV—3

Значение функции $\frac{d_{из}}{d_н} \ln \frac{d_{из}}{d_н} = x \ln x$ *(в пределах* $\frac{d_{из}}{d_н} = x = 1-5$)

x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$
1,00	0,000	1,18	0,195	1,42	0,499	1,78	1,029	2,14	1,630	2,50	2,290
1,005	0,005	1,185	0,201	1,43	0,512	1,79	1,040	2,15	1,648	2,51	2,310
1,01	0,01005	1,19	0,207	1,44	0,526	1,80	1,059	2,16	1,665	2,52	2,328
1,015	0,01515	1,195	0,213	1,45	0,539	1,81	1,081	2,17	1,681	2,53	2,344
1,02	0,0202	1,2	0,218	1,46	0,552	1,82	1,089	2,18	1,699	2,54	2,370
1,025	0,0253	1,205	0,2245	1,47	0,565	1,83	1,108	2,19	1,720	2,55	2,385
1,03	0,0304	1,21	0,230	1,48	0,580	1,84	1,121	2,20	1,735	2,56	2,405
1,035	0,0356	1,215	0,236	1,49	0,594	1,85	1,138	2,21	1,756	2,57	2,425
1,04	0,0407	1,22	0,242	1,50	0,607	1,86	1,152	2,22	1,771	2,58	2,444
1,045	0,046	1,225	0,245	1,51	0,622	1,87	1,169	2,23	1,791	2,59	2,462
1,05	0,0512	1,23	0,2545	1,52	0,637	1,88	1,185	2,24	1,805	2,60	2,480
1,055	0,0565	1,235	0,261	1,53	0,650	1,89	1,205	2,25	1,825	2,61	2,503
1,06	0,0617	1,24	0,266	1,54	0,655	1,90	1,220	2,26	1,841	2,62	2,521
1,065	0,067	1,245	0,272	1,55	0,679	1,91	1,234	2,27	1,861	2,63	2,540
1,07	0,0724	1,25	0,279	1,56	0,695	1,92	1,251	2,28	1,880	2,64	2,560
1,075	0,0777	1,255	0,285	1,57	0,707	1,93	1,270	2,29	1,899	2,65	2,580
1,08	0,0831	1,26	0,291	1,58	0,722	1,94	1,288	2,30	1,920	2,66	2,600
1,085	0,0885	1,265	0,298	1,59	0,737	1,95	1,302	2,31	1,935	2,67	2,620
1,09	0,0946	1,27	0,304	1,60	0,751	1,96	1,318	2,32	1,955	2,68	2,640
1,095	0,0994	1,275	0,309	1,61	0,765	1,97	1,335	2,33	1,980	2,69	2,660
1,10	0,1048	1,28	0,316	1,62	0,782	1,98	1,351	2,34	1,990	2,70	2,680
1,105	0,110	1,285	0,322	1,63	0,799	1,99	1,369	2,35	2,007	2,71	2,700

1,11	0,1162	1,29	0,328	1,64	0,815	2,00	1,386	2,36	**2,027**	2,72	**2,720**
1,115	0,1210	1,295	0,334	1,65	0,827	2,01	1,401	2,37	2,042	2,73	2,740
1,12	0,1270	1,30	0,340	1,66	0,842	2,02	1,419	2,38	2,062	2,74	2,760
1,125	0,1327	1,31	0,354	1,67	0,856	2,03	1,439	3,39	2,080	2,75	2,780
1,13	0,1380	1,32	0,367	1,68	0,872	2,04	1,455	2,40	2,100	2,76	2,800
1,135	0,1430	1,33	0,380	1,69	0,889	2,05	1,471	2,41	2,120	2,77	2,820
1,14	0,1492	1,34	0,389	1,70	0,902	2,06	1,488	2,42	2,140	2,78	2,840
1,145	0,1545	1,35	0,405	1,71	0,916	2,07	1,507	2,43	2,160	2,79	2,860
1,15	0,1607	1,36	0,417	1,72	0,932	2,08	1,520	2,44	2,180	2,80	2,880
1,155	0,1665	1,37	0,432	1,73	0,949	2,09	1,542	2,45	2,195	2,81	2,901
1,16	0,1721	1,38	0,445	1,74	0,965	2,10	1,559	2,46	2,217	2,82	2,921
1,165	0,1772	1,39	0,457	1,75	0,980	2,11	1,579	2,47	2,233	2,83	2,940
1,17	0,1899	1,40	0,470	1,76	0,994	2,12	1,592	2,48	2,255	2,84	2,961
1,175	0,1890	1,41	0,485	1,77	0,011	2,13	1,610	2,49	2,270	2,85	2,980

Продолжение табл. IV—3

x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$
2,86	3,002	2,98	3,25	3,10	3,50	3,22	3,76	3,34	4,03	3,46	4,30
2,87	3,021	2,99	3,27	3,11	3,52	3,23	3,78	3,35	4,05	3,47	4,32
2,88	3,045	3,00	3,29	3,12	3,55	3,24	3,81	3,36	4,07	3,48	4,34
2,89	3,065	3,01	3,31	3,13	3,57	3,25	3,83	3,37	4,09	3,49	4,36
2,90	3,085	3,02	3,34	3,14	3,59	3,26	3,85	3,38	4,12	3,50	4,38
2,91	3,106	3,03	3,36	3,15	3,61	3,27	3,88	3,39	4,14	3,51	4,40
2,92	3,130	3,04	3,38	3,16	3,64	3,28	3,90	3,40	4,16	3,52	4,42
2,93	3,150	3,05	3,40	3,17	3,66	3,29	3,92	3,41	4,18	3,53	4,45
2,94	3,170	3,06	3,42	3,18	3,68	3,30	3,94	3,42	4,20	3,54	4,47
2,95	3,190	3,07	3,44	3,19	3,70	3,31	3,96	3,43	4,23	3,55	4,50
2,96	3,21	3,08	3,46	3,20	3,72	3,32	3,98	3,44	4,25	3,56	4,52
2,97	3,24	3,09	3,48	3,21	3,74	3,33	4,00	3,45	4,27	3,57	4,55

Продолжение табл. IV—3

x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$	x	$x\ln x$
3,57	4,55	3,81	5,09	4,05	5,66	4,29	6,25	4,53	6,83	4,77	7,44
3,58	4,57	3,82	5,12	4,06	5,68	4,30	6,27	4,54	6,86	4,78	7,47
3,59	4,59	3,83	5,15	4,07	5,71	4,31	6,29	4,55	6,90	4,79	7,50
3,60	4,62	3,84	5,17	4,08	5,74	4,32	6,33	4,56	6,92	4,80	7,52
3,61	4,64	3,85	5,19	4,09	5,76	4,33	6,35	4,57	6,94	4,81	7,55
3,62	4,66	3,86	5,21	4,10	5,78	4,34	6,38	4,58	6,97	4,82	7,58
3,63	4,68	3,87	5,24	4,11	5,81	4,35	6,40	4,59	6,99	4,83	7,60
3,64	4,71	3,88	5,26	4,12	5,83	4,36	6,42	4,60	7,02	4,84	7,63
3,65	4,73	3,89	5,28	4,13	5,85	4,37	6,44	4,61	7,05	4,85	7,65
3,66	4,75	3,90	5,31	4,14	5,88	4,38	6,46	4,62	7,07	4,86	7,68
3,67	4,77	3,91	5,33	4,15	5,91	4,39	6,48	4,63	7,10	4,87	7,70
3,68	4,80	3,92	5,35	4,16	5,93	4,40	6,52	4,64	7,12	4,88	7,73
3,69	4,82	3,93	5,37	4,17	5,95	4,41	6,54	4,65	7,14	4,89	7,76
3,70	4,84	3,94	5,40	4,18	5,98	4,42	6,57	4,66	7,16	4,90	7,78
3,71	4,86	3,95	5,43	4,19	6,01	4,43	6,60	4,67	7,19	4,91	7,80
3,72	4,88	3,96	5,45	4,20	6,03	4,44	6,62	4,68	7,21	4,92	7,83
3,73	4,91	3,97	5,47	4,21	6,05	4,45	6,64	4,69	7,24	4,93	7,85
3,74	4,93	3,98	5,50	4,22	6,07	4,46	6,67	4,70	7,26	4,94	7,88
3,75	4,96	3,99	5,53	4,23	6,10	4,47	6,70	4,71	7,28	4,95	7,90
3,76	4,98	4,00	5,55	4,24	6,13	4,48	6,72	4,72	7,32	4,96	7,92
3,77	5,00	4,01	5,57	4,25	6,15	4,49	6,74	4,73	7,35	4,97	7,95
3,78	5,03	4,02	5,60	4,26	6,17	4,50	6,77	4,74	7,38	4,98	8,00
3,79	5,05	4,03	5,62	4,27	6,19	4,51	6,79	4,75	7,40	4,99	8,02
3,80	5,07	4,04	5,64	4,28	6,22	4,52	6,81	4,76	7,42	5,00	8,05

Таблица IV—4

Параметры тепловой изоляции горячих трубопроводов и технологического оборудования из минераловатных изделий при $\lambda_{из}^{к} = 0{,}058$ Вт/(м·К)

Наружный диаметр трубопровода, мм	Температура теплоносителя $t_т$, °С																				
	45			50			60			65			70			75			80		
	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$
19	40	6	22	40	6	22	40	8	23	40	9	23	40	10	23	40	11	24	40	13	24
25	40	6	22	40	7	22	40	9	23	40	11	23	40	13	24	40	14	24	40	15	24
32	40	7	22	40	8	22	40	11	23	40	12	23	40	14	24	40	15	24	40	17	25
38	40	3	22	40	9	22	40	13	23	40	14	24	40	16	24	40	17	24	40	19	25
45	40	9	22	40	10	23	40	14	23	40	16	24	40	17	24	40	20	25	40	21	25
57	40	10	23	40	13	23	40	16	24	40	19	24	40	21	25	40	22	25	40	24	25
78	40	12	22	40	15	23	40	21	24	40	23	24	40	26	25	40	34	26	40	30	26
89	40	14	22	40	16	23	40	22	24	40	26	25	40	29	25	40	31	26	40	34	26
108	40	16	23	40	20	23	40	25	24	40	28	25	40	32	25	40	36	26	40	40	26
133	40	17	23	40	23	23	40	30	24	40	35	25	40	38	25	40	42	26	40	47	27
159	40	20	23	40	37	23	40	36	24	40	40	25	40	44	26	40	49	26	40	59	27
219	40	28	23	40	35	24	40	46	25	40	52	25	40	58	26	40	64	26	40	70	27
273	40	35	23	40	42	24	40	57	25	40	64	25	40	71	26	40	78	27	60	60	25
325	40	42	23	40	50	24	50	67	25	40	75	26	40	82	26	40	91	27	60	70	25
377	40	48	23	40	57	24	40	76	25	60	60	24	60	66	24	60	81	26	60	79	25
Плоская поверхность	40	31	23	40	38	24	40	51	25	40	87	25	40	64	26	40	70	27	40	77	27

Наружный диаметр трубопровода, мм	Температура теплоносителя $t_т$, °С																							
	85			90			95			100			120			140			160			180		
	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$	$\delta_{из}$	q_l	$t_{из}$
19	40	14	24	40	15	25	40	16	25	40	18	25	40	21	25	40	26	28	40	30	29	60	29	26
25	40	16	25	40	18	25	40	19	25	40	20	26	40	24	27	40	30	29	40	35	30	60	33	27
32	40	19	25	40	20	25	40	21	26	40	23	26	40	28	28	40	34	29	40	40	31	60	37	27
38	40	21	25	40	22	26	40	23	26	40	26	26	40	31	28	40	38	40	40	44	31	60	41	28
45	40	23	26	40	24	26	40	27	26	40	28	27	40	35	29	40	42	30	40	48	32	60	44	28
57	40	27	26	40	29	26	40	30	27	40	33	27	40	41	29	40	49	31	40	57	33	60	51	29
78	40	34	26	40	36	27	40	38	27	40	41	28	40	51	30	40	62	32	40	72	34	60	63	30
89	40	36	27	40	40	27	40	42	28	40	45	28	40	56	30	40	67	32	40	79	34	60	68	30
108	40	42	27	40	45	27	40	49	28	40	52	28	40	65	31	40	78	33	40	92	35	60	78	30
133	40	50	27	40	54	28	40	58	28	40	61	29	40	77	31	40	92	33	60	79	29	60	90	31
159	40	58	27	40	63	28	40	66	28	40	71	29	40	90	31	40	107	34	60	90	30	80	84	28
219	40	75	28	40	81	28	40	87	29	40	93	29	60	84	27	60	100	29	60	116	30	80	105	28
273	60	62	25	60	70	25	60	74	26	60	80	26	60	100	28	60	120	29	60	140	31	80	127	29
325	60	76	26	60	81	26	60	87	26	60	93	26	60	116	28	60	140	29	60	140	31	80	145	29
377	60	86	25	60	92	26	60	99	26	60	105	26	60	131	28	60	158	30	60	185	31	80	165	29
Плоская поверхность	40	83	28	40	89	28	40	95	29	40	102	30	60	88	28	60	153	35	60	124	32	80	108	30

Примечания: 1. Потери тепла в окружающую среду q_l даны для трубопроводов в Вт/м; для плоских поверхностей — Вт/м².

2. Толщину изоляции для криволинейных и цилиндрических поверхностей с радиусом кривизны более 1 м принимать как для плоских поверхностей.

3. В случае применения изоляции другого типа и из других материалов толщину (в мм) определять по формулам:

для трубопроводов $\delta'_{из} = 0{,}92\delta_{из}\dfrac{\lambda^{к}_{из}}{0{,}058}$;

для плоских поверхностей $\delta'_{из} = \delta_{из}\dfrac{\lambda^{к}_{из}}{0{,}058}$,

где $\delta_{из}$ — толщина изоляции по таблице;

$\lambda^{к}_{из}$ — коэффициент теплопроводности применяемой изоляции.

Например, для трубы с наружным диаметром 108 мм и температуре теплоносителя 140° С требуется определить толщину изоляции из офактуренных минераловатных скорлуп, если $\lambda^{к}_{из} = 0{,}08$ Вт/(м·К) и $t_т = 140°$ С.

По таблице находим $\delta_{из} = 40$ мм, т. е. $\delta'_{из} = 0{,}92 \cdot 40 \cdot \dfrac{0{,}08}{0{,}058} = 51$ мм.

Конструктивно принимаем $\delta'_{из} = 50$ мм.

Таблица IV—5

Предельная толщина изоляции для трубопроводов

Наружный диаметр трубопровода, мм	38	45	57	78	89	102	108	114	133	159	219	273
Предельная толщина изоляции, мм	60	60	80	120	130	130	150	150	160	160	180	180

Примечание. Для плоской поверхности предельная толщина изоляции 280 мм.

Таблица IV—6

Объем изоляции и площадь поверхности покровного слоя на 10 м трубопроводов

Толщина изоляции $\delta_{из}$, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода, мм							
					19	25	32	38	45	57	78	89
30	Основной изоляционный слой			м³	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,1	0,11
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	3,14	3,55	3,59	3,80	4,04	4,46	5,18	5,56
			Оклейка х.-б. тканью *	м²	3,14	3,35	3,59	3,80	4,04	4,46	5,18	5,56
			Окраска	м²	3,14	3,35	3,59	3,80	4,04	4,46	5,18	5,56
		II вариант	Сетка металлическая	м²	2,48	2,67	2,89	3,08	3,3	3,68	4,04	4,68
			Штукатурка 15 мм	м²	2,95	3,14	3,36	3,65	3,77	4,14	4,81	5,15
			Оклейка х.-б. тканью	м²	3,42	3,61	3,89	4,02	4,24	4,62	5,28	5,62
			Окраска	м²	3,42	3,61	3,83	4,02	4,24	4,62	5,28	5,62
40	Основной изоляционный слой			м³	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,15	0,16
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	3,84	4,04	4,29	4,49	4,73	5,15	5,87	6,25
			Оклейка х.-б. тканью	м²	3,84	4,04	4,29	4,49	4,73	5,15	5,87	6,25
			Окраска	м²	3,84	4,04	4,29	4,49	4,73	5,15	5,87	6,25

		II вариант	Сетка металлическая	м²	3,11	3,30	3,52	3,71	3,93	4,30	4,96	5,91
			Штукатурка 15 мм	м²	3,58	3,77	3,99	4,18	4,40	4,77	5,43	5,78
			Оклейка х.-б. тканью	м²	4,02	4,24	4,46	4,65	4,87	5,25	5,90	6,25
			Окраска	м²	4,02	4,24	4,46	4,65	4,87	5,25	5,90	6,25
50	Основной изоляционный слой			м³	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,2	0,22
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	4,53	4,73	4,98	5,18	5,43	5,84	6,57	6,95
			Оклейка х.-б. тканью	м²	4,53	4,73	4,98	5,18	5,43	5,84	6,25	6,95
			Окраска	м²	4,53	4,73	4,98	5,18	5,43	5,84	6,25	6,95
		II вариант	Сетка металлическая	м²	3,74	3,93	4,15	4,34	4,56	4,93	5,59	5,94
			Штукатурка 15 мм	м²	4,21	4,40	4,62	4,80	5,03	5,40	6,06	6,41
			Оклейка х.-б. тканью	м²	4,68	4,87	5,09	5,28	5,50	5,87	6,53	6,88
			Окраска	м²	4,68	4,87	5,09	5,28	5,50	5,87	6,53	6,88
60	Основной изоляционный слой			м³	0,15	0,16	0,17	0,18	0,2	0,22	0,26	0,28
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	5,22	5,43	5,67	5,87	6,12	6,53	7,26	7,64
			Оклейка х.-б. тканью	м²	5,22	5,43	5,67	5,87	6,12	6,53	7,26	7,64
			Окраска	м²	5,22	5,43	5,67	5,87	6,12	6,53	7,26	7,64

Продолжение табл. 1

Толщина изоляции $\delta_{из}$, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода, мм							
					19	25	32	38	45	57	78	89
		II вариант	Сетка металлическая	м²	4,36	4,56	4,78	4,96	5,18	5,56	6,22	6,57
			Штукатурка 15 мм	м²	4,84	5,03	5,25	5,47	5,65	6,03	6,69	7,04
			Оклейка х.-б. тканью	м²	5,30	5,50	5,71	5,90	6,13	6,30	7,16	7,51
			Окраска	м²	5,30	5,50	5,71	5,90	6,13	6,50	7,16	7,51
70	Основной изоляционный слой			м³	0,20	0,21	0,22	0,24	0,25	0,28	0,32	0,35
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	5,91	6,12	6,36	6,57	6,81	7,22	7,95	8,33
			Оклейка х.-б. тканью	м²	5,91	6,12	6,36	6,57	6,81	7,22	7,95	8,33
			Окраска	м²	5,91	6,12	6,36	6,57	6,81	7,22	7,95	8,33
		II вариант	Сетка металлическая	м²	5,0	5,18	5,40	5,59	5,81	6,18	6,85	7,19
			Штукатурка 15 мм	м²	5,46	5,65	5,87	6,06	6,28	6,66	7,32	7,67
			Оклейка х.-б. тканью	м²	5,93	6,12	6,34	6,53	6,75	7,13	7,79	8,14
			Окраска	м²	5,93	6,12	6,34	6,53	6,75	7,13	7,79	8,14

80	Основной изоляционный слой			м³	0,25	0,26	0,28	0,30	0,31	0,34	0,39	0,42
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	6,60	6,81	7,05	7,26	7,50	7,91	8,64	9,02
			Оклейка х.-б. тканью	м²	6,60	6,81	7,05	7,26	7,50	7,91	8,62	9,02
			Окраска	м²	6,60	6,81	7,05	7,26	7,50	7,91	8,64	9,02
		II вариант	Сетка металлическая	м²	5,62	5,81	6,03	6,22	6,44	6,81	7,48	7,82
			Штукатурка 15 мм	м²	6,09	6,28	6,50	6,69	6,91	7,29	7,95	8,29
			Оклейка х.-б. тканью	м²	6,57	6,75	6,97	7,16	7,38	7,76	8,42	8,77
			Окраска	м²	6,57	6,75	6,97	7,16	7,38	7,76	8,42	8,77
90	Основной изоляционный слой			м³	0,31	0,32	0,34	0,36	0,38	0,42	0,47	0,50
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	7,29	7,50	7,74	7,95	8,19	8,61	9,33	9,71
			Оклейка х.-б. тканью	м²	7,29	7,50	7,74	7,95	8,19	8,61	9,33	9,71
			Окраска	м²	7,29	7,50	7,74	7,95	8,19	8,61	9,33	9,71
		II вариант	Сетка металлическая	м²	6,25	6,44	6,66	6,85	7,07	7,45	8,11	8,45
			Штукатурка 15 мм	м²	6,72	6,91	7,13	7,32	7,53	7,91	8,58	8,92
			Оклейка х.-б. тканью	м²	7,19	7,38	7,60	7,79	8,01	8,39	9,05	9,39
			Окраска	м²	7,19	7,38	7,60	7,79	8,01	8,39	9,05	8,39

Продолжение табл. IV—6

Толщина изоляции $\delta_{из}$, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода, мм							
					19	25	32	38	45	57	78	89
100	Основной изоляционный слой			м³	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46	0,49	0,53	0,59
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	7,98	8,19	8,73	8,64	8,88	9,30	10,0	10,4
			Оклейка х.-б. тканью	м²	7,98	8,19	8,73	8,64	8,88	9,30	10,0	10,4
			Окраска	м²	7,98	8,19	8,73	8,64	8,88	9,30	10,0	10,4
		II вариант	Сетка металлическая	м²	6,88	7,07	7,29	7,48	7,7	8,07	8,73	9,03
			Штукатурка 15 мм	м²	7,35	7,53	7,76	7,95	8,17	8,54	9,20	9,55
			Оклейка х.-б. тканью	м²	7,82	8,0	8,23	8,42	8,64	9,01	9,68	10,0
			Окраска	м²	7,82	8,0	8,23	8,42	8,64	9,01	9,68	10,0
110	Основной изоляционный слой			м³	—	—	—	—	0,54	0,58	0,66	0,68
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	—	—	—	—	9,57	9,99	10,7	11,1
			Оклейка х.-б. тканью	м²	—	—	—	—	9,57	9,99	10,7	11,1
			Окраска	м²	—	—	—	—	9,57	9,99	10,7	11,1

		II вариант	Сетка металлическая	м²	—	—	—	—	8,33	8,70	9,36	9,70
			Штукатурка 15 мм	м²	—	—	—	—	8,80	9,17	9,83	10,2
			Оклейка х.-б. тканью	м²	—	—	—	—	9,27	9,64	10,3	10,7
			Окраска	м²	—	—	—	—	9,27	9,64	10,3	10,7

Толщина изоляции, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода							
					108	133	159	219	273	325	377	402
30	Основной изоляционный слой			м³	0,13	0,15	0,18	0,26	0,29	0,33	0,38	0,416
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	6,22	7,08	7,98	10,1	11,9	13,7	15,5	16,4
			Оклейка х.-б. тканью	м²	6,22	7,08	7,98	10,1	11,9	13,7	15,5	16,4
			Окраска	м²	6,22	7,08	7,98	10,1	11,9	13,7	15,5	16,4
		II вариант	Сетка металлическая	м²	5,27	6,06	6,88	8,77	10,5	12,1	13,7	14,5
			Штукатурка 15 мм	м²	5,75	6,53	7,35	9,24	10,9	12,6	14,2	15,0
			Оклейка х.-б. тканью	м²	6,22	7,00	7,82	9,70	11,4	13,7	14,7	15,5
			Окраска	м²	6,22	7,00	7,82	9,70	11,4	13,7	14,7	15,55

Продолжение табл. IV—6

Толщина изоляции, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода							
					108	133	159	219	273	325	377	402
40	Основной изоляционный слой			м³	0,19	0,22	0,25	0,33	0,39	0,46	0,52	0,542
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	6,91	7,76	8,67	10,7	12,6	14,4	16,2	17,1
			Оклейка х.-б. тканью	м²	6,91	7,76	8,67	10,7	12,6	14,4	16,2	17,1
			Окраска	м²	6,91	7,76	8,67	10,7	12,6	14,4	16,2	17,1
		II вариант	Сетка металлическая	м²	5,90	6,69	7,51	9,39	11,1	12,7	14,4	15,1
			Штукатурка 15 мм	м²	6,88	7,16	7,98	9,36	11,6	13,2	14,8	15,6
			Оклейка х.-б. тканью	м²	6,85	7,63	8,45	10,3	12,0	14,3	15,3	16,0
			Окраска	м²	6,85	7,63	8,45	10,3	12,0	14,3	15,3	16,0
50	Основной изоляционный слой			м³	0,25	0,29	0,33	0,42	0,51	0,59	0,67	0,71
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	7,60	8,47	9,37	11,4	13,3	15,1	16,8	17,8
			Оклейка х.-б. тканью	м²	7,60	8,47	9,37	11,4	13,3	15,1	16,8	17,8
			Окраска	м²	7,60	8,47	9,37	11,4	13,3	15,1	16,8	17,8

		II вариант	Сетка металлическая	м²	6,53	7,32	8,03	10,0	11,7	13,4	15,0	15,8
			Штукатурка 15 мм	м²	7,00	7,79	8,61	10,5	12,2	13,8	15,5	16,2
			Оклейка х.-б. тканью	м²	7,48	8,26	9,08	11,0	12,7	14,9	15,9	16,7
			Окраска	м²	7,48	8,26	9,08	11,0	12,7	14,9	15,9	16,7
60	Основной изоляционный слой			м³	0,32	0,36	0,41	0,53	0,63	0,72	0,82	0,87
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	8,29	9,16	10,1	12,1	14,0	15,8	17,6	18,5
			Оклейка х.-б. тканью	м²	8,29	9,16	10,1	12,1	14,0	15,8	17,6	18,5
			Окраска	м²	8,29	9,16	10,1	12,1	14,0	15,8	17,6	18,5
		II вариант	Сетка металлическая	м²	7,16	7,95	8,76	10,6	12,3	14,0	15,6	16,4
			Штукатурка 15 мм	м²	7,63	8,42	9,23	11,1	12,8	14,5	16,1	16,9
			Оклейка х.-б. тканью	м²	8,10	8,89	9,71	11,6	13,3	15,6	16,6	17,3
			Окраска	м²	8,10	8,89	9,71	11,6	13,3	15,6	16,6	17,3
70	Основной изоляционный слой			м³	0,39	0,45	0,60	0,64	0,75	0,87	0,98	1,04
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	8,99	9,85	10,7	12,8	14,7	16,5	18,3	19,2
			Оклейка х.-б. тканью	м²	8,99	9,85	10,7	12,8	14,7	16,5	18,3	19,2
			Окраска	м²	8,99	9,85	10,7	12,8	14,7	16,5	18,3	19,2

Продолжение табл. IV—6

Толщина изоляции, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода							
					108	133	159	219	273	325	377	402
70	Покровный слой	II вариант	Сетка металлическая	м²	7,79	8,58	9,39	11,3	13,0	14,6	16,2	17,0
			Штукатурка 15 мм	м²	8,26	9,05	9,86	11,7	13,4	15,1	16,7	17,5
			Оклейка х.-б. тканью	м²	8,73	9,52	10,3	12,2	13,9	16,2	17,2	18,0
			Окраска	м²	8,73	9,52	10,3	12,2	13,9	16,2	17,2	18,0
80	Основной изоляционный слой			м³	0,47	0,54	0,6	0,75	0,89	1,02	1,15	1,21
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	9,68	10,5	11,4	13,5	15,4	17,2	19,0	19,8
			Оклейка х.-б. тканью	м²	9,68	10,5	11,4	13,5	15,4	17,2	19,0	19,8
			Окраска	м²	9,68	10,5	11,4	13,5	15,4	17,2	19,0	19,8
		II вариант	Сетка металлическая	м²	8,42	9,20	10,0	11,9	13,6	15,2	16,9	17,7
			Штукатурка 15 мм	м²	8,89	9,68	10,5	12,4	14,1	15,7	17,3	18,1
			Оклейка х.-б. тканью	м²	9,36	10,1	10,9	12,8	14,5	16,8	17,8	18,6
			Окраска	м²	9,36	10,1	10,9	12,8	14,5	16,8	17,8	18,6
90	Основной изоляционный слой			м³	0,56	0,63	0,7	0,87	1,03	1,17	1,51	1,39

	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	10,4	11,2	18,1	14,2	16,1	17,9	19,7	20,5
			Оклейка х.-б. тканью	м²	10,4	11,2	12,1	14,2	16,1	17,9	19,7	20,5
			Окраска	м²	10,4	11,2	12,1	14,2	16,2	17,9	19,7	20,5
		II вариант	Сетка металлическая	м²	9,05	9,83	10,7	12,5	14,2	15,9	17,5	18,3
			Штукатурка 15 мм	м²	9,52	10,3	11,1	13,0	14,7	16,3	17,9	18,8
			Оклейка х.-б. тканью	м²	9,99	10,8	11,6	13,5	15,2	17,4	18,4	19,2
			Окраска	м²	9,99	10,8	11,6	13,5	15,2	17,4	18,4	19,2

Толщина изоляции, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода, мм							
					45	57	78	89	108	133	159	219
100	Основной изоляционный слой			м³	0,65	0,73	0,81	1,0	1,17	1,33	1,50	1,57
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	11,1	11,9	12,8	14,9	16,8	18,6	20,4	21,2
			Оклейка х.-б. тканью	м²	11,1	11,9	12,8	14,9	16,8	18,6	20,4	21,2
			Окраска	м²	11,1	11,9	12,8	14,9	16,8	18,6	20,4	21,2
		II вариант	Сетка металлическая	м²	9,68	10,5	11,3	13,1	14,9	16,5	18,1	18,9
			Штукатурка 15 мм	м²	10,1	10,9	11,7	13,6	15,3	17,0	18,6	19,4
			Оклейка х.-б. тканью	м²	10,6	11,4	12,2	14,1	15,8	18,1	19,1	19,9
			Окраска	м²	10,6	11,4	12,2	14,1	15,8	18,1	19,1	19,9

Продолжение табл. IV—6

Толщина изоляции, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода, мм							
					45	57	78	89	108	133	159	219
110	Основной изоляционный слой			м³	0,75	0,84	0,93	1,14	1,32	1,50	1,68	1,76
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	11,8	12,6	13,5	15,6	17,5	19,2	21,1	21,9
			Оклейка х.-б. тканью	м²	11,8	12,6	13,5	15,6	17,5	19,2	21,1	21,9
			Окраска	м²	11,8	12,6	13,5	15,6	17,5	19,2	21,1	21,9
		II вариант	Сетка металлическая	м²	10,3	11,1	11,9	13,8	15,5	17,1	18,8	19,5
			Штукатурка 15 мм	м²	10,8	11,6	11,3	14,3	15,9	17,6	19,2	20,0
			Оклейка х.-б. тканью	м²	11,2	12,0	12,8	14,7	16,4	18,7	19,7	20,5
			Окраска	м²	11,2	12,0	12,8	14,7	16,4	18,7	19,7	20,5
120	Основной изоляционный слой			м³	0,62	0,67	0,74	0,79	0,86	0,95	1,05	1,28
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	10,3	10,7	11,4	11,8	12,4	13,3	14,2	16,3
			Оклейка х.-б. тканью	м²	10,3	10,7	11,4	11,8	12,4	13,3	14,2	16,3
			Окраска	м²	10,3	10,7	11,4	11,8	12,4	13,3	14,2	16,3

		II вариант	Сетка металлическая	м²	8,95	9,33	9,99	10,3	10,9	11,7	12,5	14,4
			Штукатурка 15 мм	м²	9,42	9,80	10,5	10,8	11,4	12,2	13,0	14,9
			Оклейка х.-б. тканью	м²	9,90	10,3	10,9	11,3	11,8	12,7	13,5	15,4
			Окраска	м²	9,90	10,3	10,9	11,3	11,8	12,7	13,5	15,4
130	Основной изоляционный слой			м³	0,71	0,76	0,84	0,89	0,97	1,10	1,1	1,42
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	11,0	11,4	12,1	12,5	13,1	14,0	14,9	17,0
			Оклейка х.-б. тканью	м²	11,0	11,4	12,1	12,5	13,1	14,0	14,9	17,0
			Окраска	м²	11,0	11,4	12,1	12,5	13,1	14,0	14,9	17,0
		II вариант	Сетка металлическая	м²	9,8	9,96	10,6	10,9	11,6	12,3	13,2	15,0
			Штукатурка 15 мм	м²	10,1	10,4	11,1	11,4	12,0	12,8	13,6	15,5
			Оклейка х.-б. тканью	м²	10,5	10,9	11,6	11,9	12,5	13,3	14,1	15,99
			Окраска	м²	10,5	10,9	11,6	11,9	12,5	13,3	14,1	15,99
140	Основной изоляционный слой			м³	—	—	—	—	1,09	1,2	1,31	1,58
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	—	—	—	—	13,8	14,7	15,6	17,7
			Оклейка х.-б. тканью	м²	—	—	—	—	13,8	14,7	15,6	17,7
			Окраска	м²	—	—	—	—	13,8	14,7	15,6	17,7

Продолжение табл. IV—6

Толщина изоляции, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода, мм							
					45	57	78	89	108	133	159	219
140	Покровный слой	II вариант	Сетка металлическая	м²	—	—	—	—	12,2	13,0	13,8	15,7
			Штукатурка 15 мм	м²	—	—	—	—	12,66	13,6	14,3	16,1
			Оклейка х.-б. тканью	м²	—	—	—	—	13,1	13,9	14,7	16,6
			Окраска	м²	—	—	—	—	13,1	13,9	14,7	16,6
150	Основной изоляционный слой			м³	—	—	—	—	1,22	1,33	1,46	1,74
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	—	—	—	—	14,5	15,6	16,3	18,7
			Оклейка х.-б. тканью	м²	—	—	—	—	14,5	15,4	16,3	18,4
			Окраска	м²	—	—	—	—	14,5	15,4	16,3	18,4
		II вариант	Сетка металлическая	м²	—	—	—	—	12,8	13,6	14,4	16,3
			Штукатурка 15 мм	м²	—	—	—	—	13,9	14,1	14,9	16,8
			Оклейка х.-б. тканью	м²	—	—	—	—	13,8	14,5	15,4	17,2
			Окраска	м²	—	—	—	—	13,8	14,5	15,4	17,2

160	Основной изоляционный слой			м³	—	—	—	—	—	—	1,00	1,9
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	—	—	—	—	—	—	17,0	19,0
			Оклейка х.-б. тканью	м²	—	—	—	—	—	—	17,0	19,0
			Окраска	м²	—	—	—	—	—	—	17,0	19,0
		II вариант	Сетка металлическая	м²	—	—	—	—	—	—	15,0	16,9
			Штукатурка 15 мм	м²	—	—	—	—	—	—	15,5	17,4
			Оклейка х.-б. тканью	м²	—	—	—	—	—	—	16,0	17,9
			Окраска	м²	—	—	—	—	—	—	16,0	17,9

Толщина изоляции, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода, мм							
					159	219	273	325	377	402		
170	Основной изоляционный слой			м³	1,76	2,08	2,36	2,64	2,91	3,05		
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	17,7	19,7	21,6	23,4	25,2	26,1		
			Оклейка х.-б. тканью	м²	17,7	19,7	21,6	23,4	25,2	26,1		
			Окраска	м²	17,7	19,7	21,6	23,4	25,2	26,1		

Толщина изоляции, мм	Конструкция изоляции			Единица измерения	Наружный диаметр трубопровода, мм							
					159	219	273	325	377	402		
170	Покровный слой	II вариант	Сетка металлическая	м²	15,7	17,6	19,3	20,9	22,5	23,3		
			Штукатурка 15 мм	м²	16,1	18,0	19,7	21,4	23,0	23,8		
			Оклейка х.-б. тканью	м²	16,6	18,5	20,2	22,5	23,5	24,3		
			Окраска	м²	16,6	18,5	20,2	22,5	23,5	24,3		
180	Основной изоляционный слой			м³	1,92	2,26	2,56	2,85	3,15	3,29		
	Покровный слой	I вариант	Асбоцементные полуцилиндры	м²	18,4	20,4	22,3	24,1	25,9	26.7		
			Оклейка х.-б. тканью	м²	18,4	20,4	22,3	24,1	25,9	26,7		
			Окраска	м²	18,4	20,4	22,3	24,1	25,9	26,7		
		II вариант	Сетка металлическая	м²	16,3	18,2	19,9	21,5	23,2	23,9		
			Штукатурка 15 мм	м²	16,8	18,7	20,3	22,0	23,6	24,4		
			Оклейка х.-б. тканью	м²	17,2	19,1	20,8	23,1	24,0	24,0		
			Окраска	м²	17,2	19,1	20,8	23,1	24,0	24,0		

* Хлопчатобумажная

Таблица IV—7

Потери тепла неизолированной поверхностью горячих трубопроводов и оборудования при $t_{в.н}=20^{\circ}C$

Наружный диаметр трубопровода, мм	Потери тепла при температуре теплоносителя $t_т$, °С																					
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	110		120		130		150	
	Вода														Пар	Вода	Пар	Вода	Пар	Вода	Пар	Вода
38	18	26	35	43	51	62	69	77	90	102	111	122	137	157	164	198	198	220	227	242	270	291
45	19	28	37	47	57	65	73	81	97	108	120	130	148	168	186	208	227	233	258	254	308	307
57	20	30	40	50	59	72	79	88	104	117	130	143	162	188	222	243	268	267	308	298	368	355
78	27	40	52	64	79	94	100	119	140	156	171	189	213	249	296	323	359	360	410	395	485	477
89	31	47	61	74	94	112	124	139	164	186	202	227	253	296	348	382	420	430	482	467	570	565
102	36	53	72	81	108	128	143	161	189	222	234	260	293	337	388	442	482	494	547	539	646	649
108	41	60	80	100	119	144	160	180	210	236	252	289	302	410	427	435	510	500	582	533	685	655
114	37	57	76	94	112	135	150	170	198	226	246	274	304	413	445	458	540	510	615	560	725	672
133	46	70	93	115	139	166	135	208	243	273	299	336	357	410	500	517	605	490	700	633	815	757
159	50	76	100	126	151	176	195	226	250	292	314	337	358	419	592	500	700	593	815	630	930	780
219	69	102	137	171	205	246	273	298	342	384	408	444	477	548	815	686	995	780	1125	837	1335	1010
Плоская поверхность	107	166	228	255	363	437	511	593	675	767	851	945	1040	1245	1465		1700		1980		2510	

Примечания: 1. $t_{вн}$ — температура воздуха в помещении.
2. Потери тепла для трубопроводов даны в Вт/м, а для плоских поверхностей — Вт/м².
3. Таблица составлена по материалам Теплоэлектропроекта Министерства электрификации СССР.

Оформление укрытий и местных отсосов от технологического оборудования

Вредности, выделяющиеся в открытых сосудах (влагу, ядовитые газы и пары), удаляют через зонты, колпаки, бортовые отсосы и панели равномерного всасывания. При их устройстве необходимо учитывать ряд особенностей.

Всасывающее сечение колпака следует принимать геометрически подобным контуру горизонтальной проекции источника вредных выделений.

Высоту подвеса колпака нужно назначать в пределах 1,6—1,8 м над уровнем пола.

Размеры стороны всасывающего сечения колпака рассчитывают по формуле

$$b = b_0 + 0{,}8h;$$
$$a = a_0 + 0{,}8h,$$

где a_0, b_0 — соответственно длина или ширина (либо диаметр) зеркала выделений, м;

h — расстояние от перекрываемого оборудования до приемного отверстия колпака, м.

Угол раскрытия колпака (зонта) должен быть равным 60° (по большей стороне).

Если конструкция оборудования не позволяет выполнить это требование, допускается увеличить угол до 90°. Уменьшение высоты колпака с вытянутым прямоугольным сечением возможно при замене его несколькими колпаками, установленными вплотную друг к другу.

Чтобы увеличить вместимость колпака, по габаритам его всасывающего отверстия предусматривают вертикальные борты высотою 100—300 мм (см. рис. IV—1, *б* и IV—2).

На рис. IV—1, *а* показано устройство бортового отсоса от открытого варочного котла с мешалкой.

Панели равномерного всасывания (рис. IV—3) могут применяться как для отсоса влаги и газов, так и пыли от открытых источников.

В табл. IV—8 даны основные размеры и производительность панелей равномерного всасывания.

Объем воздуха, удаляемого местными отсосами за 1 ч, определяется по формуле

$$L = 3600Fv, \qquad \text{(IV—8)}$$

где F — площадь расчетного сечения, м²,

v — средняя скорость воздуха в расчетном сечении, м/с.

Расчетные скорости (в м/с) по конструктивным и технологическим условиям принимаются в пределах:

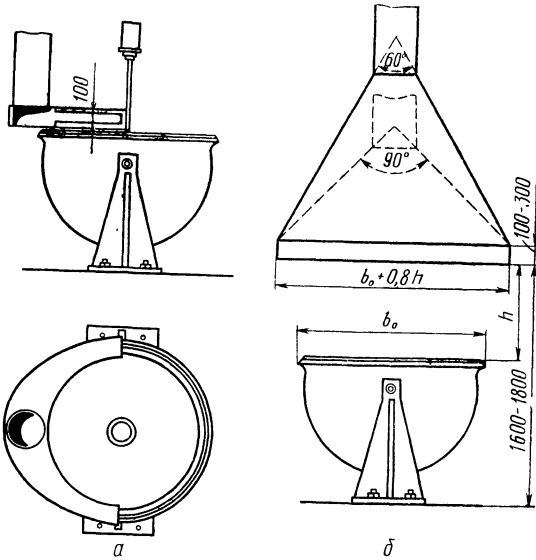


Рис. IV—1. Варочные котлы с местным отсосом
а — с бортовым отсосом; *б* — с зонтом.

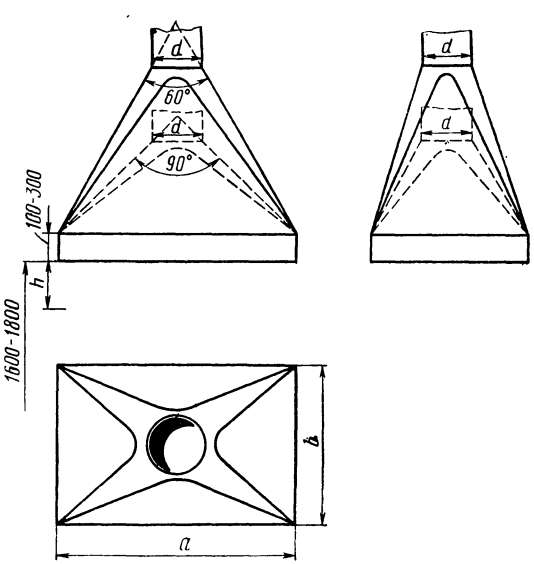


Рис. IV—2. Прямоугольный зонт.

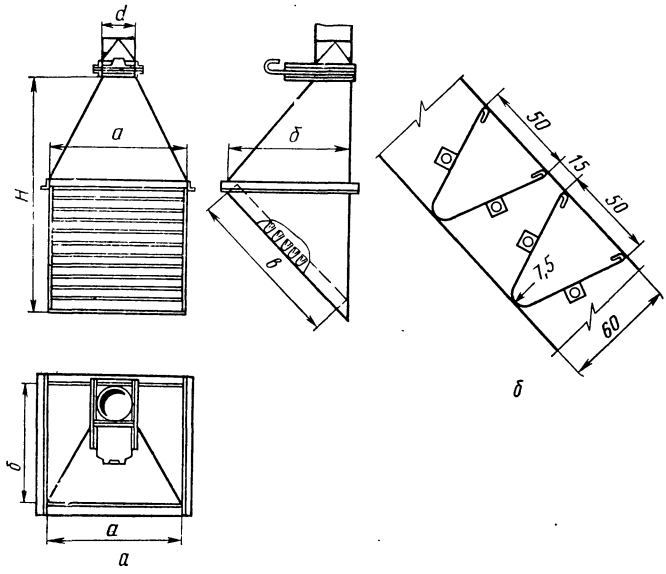


Рис. IV—3. Панель равномерного всасывания:
а — общий вид; *б* — деталь перьев.

Колпаки и зонты

Нетоксичные выделения	0,25—0,5
Токсичные выделения	1,25—1,5
У дверей сушилок и печей	1,0

Панели равномерного всасывания

Токсичные выделения	2,5—3,5
Газовые потоки пыли с дисперсной пылью	3,5—4,5

На рис. IV—4 показаны схемы размещения панели равномерного всасывания у транспортера расщипки листового табака на табачных фабриках.

Техническая характеристика панелей равномерного всасывания

Размеры, мм (см. рис. IV—3)					Живое сечение, м²	Производительность панелей (в м³/ч) при скорости воздуха в живом сечении, м/с					
а	*б*	*в*	*H*	*d*		2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
600	500	645	1000	215	0,085	775	930	1080	1240	1550	1860
750	500	645	1100	235	0,11	990	1185	1385	1580	1980	2370
900	500	645	1200	265	0,13	1170	1400	1640	1870	2340	2810
Падение давления в панели, Па						25	30	45	60	80	100

Примечание. Живое сечение панели составляет 25% от ее габаритного сечения.

Рекомендуемые типы конструкций местных отсосов для наиболее часто встречающегося оборудования, их расчетные данные приведены в табл. IV—9.

Данные о местных отсосах от пылящегося укрытого оборудования помещены в главе VI «Аспирация».

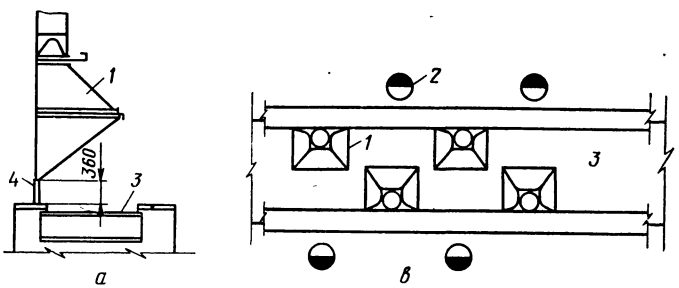


Рис. IV—4. Схема установки панели равномерного всасывания у транспортера расщипки листового табака:

а — вертикальное размещение; *б* — размещение в плане при двустороннем обслуживании транспортера расщипки: *1* — панель равномерного всасывания; *2* — рабочее место; *3* — транспортер расщипки; *4* — глухая перегородка.

Таблица IV—9

Местные отсосы и укрытия от технологического оборудования

Технологическое оборудование		Выделяющаяся вредность	Тип местного отсоса	Расчетные данные			Сопротивление приемника, Па	Рекомендуемый способ очистки перед выбросом в атмосферу или способ выброса
Наименование	Марка			Размеры отверстия (в мм) или площадь (в м²)	v, м/с	L, м³/ч		
Хлебозаводы и макаронные фабрики								
Завальная яма	—	Мучная пыль	Пылесос ЛКВ-2, изготовляемый Барским механическим заводом	—	—	3000	—	Очистка через тканевые рукавные фильтры с возвратом воздуха в помещение
Мешковыколачиватель	Поставляется со встроенной аспирационной установкой (очищенный воздух возвращается в помещение)							
Силосы и бункера складов бестарного хранения муки, расходные бункера	Всех марок	Мучная пыль	Тканевый рукавный фильтр, встроенный в верхней крышке, с ручным встряхиванием для очистки воздуха, нагнетаемого аэрозольтранспортом	—	—	450	—	То же, при работе одного бункера

Поточная линия для производства длинных макаронных изделий	ЛПЛ	Пыль от дробленых макарон	Вентиляторы, встроенные в сушилку предварительную	По данным завода-изготовителя		2000	—	Очистка через малогабаритные циклоны
			окончательную	То же		5000	—	
Ленточные сушилки	ПКС-10	То же	Вентилятор, встроенный в сушилку	То же	—	2000	—	То же
	ПКС-20			»	—	4000	—	
Вертикальные сушилки	ВИС-20	»	То же	»	—	2300	—	»
	ВИС-40	»	»	»	—	4000	—	»
Охлаждающий вибрационный аппарат для вермишелей и звездочек	—	»	Вентилятор, встроенный в машину, засасывает воздух через жалюзи охладительной камеры	»	—	560	—	»

Крахмалосушильные, паточные и дрожжевые заводы

Наклонное сито для отделения воды от зерна	—	Сернистый газ	Сплошной кожух-зонт с отсосом сбоку	1500×1500	1,5	12 000	20	Факельный выброс в атмосферу
Нейтрализаторы *D* 3400 и *D* 2500 мм	—	Серная кислота	Зонт над открытым рабочим проемом в крышке	*D*600	1,5	1500	20	То же

Продолжение табл. IV—9

Технологическое оборудование		Выделяющаяся вредность	Тип местного отсоса	Расчетные данные			Сопротивление приемника, Па	Рекомендуемый способ очистки перед выбросом в атмосферу или способ выброса
Наименование	Марка			Размеры отверстия (в мм) или площадь (в м²)	v, м/с	L, м³/ч		
Замочный чан D 4200 мм	—	Сернистый газ	Зонт над открытым рабочим проемом в крышке	D500	1,5	1000	20	Факельный выброс в атмосферу
Сдвоенное барабанное сито	—	То же	Зонт непосредственно от кожуха	a=300 $б$=200 d=160	4,0	900	60	»
Вакуум-фильтр	—	Влага и сернистый газ	Сплошное укрытие и отсос сверху, поставляемые заводом-изготовителем	По данным завода-изготовителя	—	400	60	»
Фильтр-прессы	—	Влага	Бортовой отсос от корыта	Высота отверстия бортового отсоса 100 мм	—	400*	50	»
Пятичанная жаровня	—	Газы	Боковой отсос от стенки чана по зонам	По данным завода-изготовителя	—	400	—	Естественный выброс в атмосферу через общую вытяжную трубу

Шнек D 200 мм	—	Пыль крахмальная	Отсос от кожуха у места пересыпки (см. рис. VI—2 *и*, *к*)	*а*=450 *б*=200 *d*=125	1,0	360	60	Очистка через тканевые рукавные фильтры
Пневмосушилка	—	То же	Встроенный вентилятор	По данным завода-изготовителя	—	3200	—	Выброс в атмосферу без очистки
Сушилка	СФ-4 СФ-6	То же »	То же »	То же »	— —	7200 9600	— —	То же »
Барабанная сушилка производительностью 4 т/сут	—	»	»	»	—	3120	—	»
Бурат	ЦМБ-3 ПБ-1,5 и т. п.	»	Укрытия от кожуха (рис. VI—2, *в*)	*а*=300 *б*=250 *d*=125	1,3	360	30	Очистка через тканевые рукавные фильтры
Гидролизный чан (паточный завод)	—	Сернистый или серный газ	Сплошное укрытие с отсосом в верхней части	500×800	1,5	2200	50	Факельный выброс в атмосферу
Дрожжерастильные чаны вместимостью, м³ 3 8 30 10	—	ерный газ	Сплошная металлическая крышка с вытяжной утепленной трубой	— — — —	— — — —	150 600 3500 400	— — — —	Выброс в атмосферу с естественным побуждением

Продолжение табл. IV—9

Технологическое оборудование		Выделяющаяся вредность	Тип местного отсоса	Расчетные данные			Сопротивление приемника, Па	Рекомендуемый способ очистки перед выбросом в атмосферу или способ выброса
Наименование	Марка			Размеры отверстия (в мм) или площадь (в м²)	v, м/с	L, м³/ч		
Бутылкомоечные машины	БМ ДММ-3, АММ-6, 12-БМ, КБВ-3, СП-58-4, КБВ-10	Влага	Отсос от кожуха через пароотводящую металлическую изолированную трубу	По опытным данным	—	950	60	Выброс в атмосферу с естественным или механическим побуждением
Машины для мойки стеклянных банок	«Беларусь» СП-61, ОМЖ, КСБ-1, 8М-8С8-1, УМЖ	»	То же	То же	—	950	60	То же
Ванна для мойки инвентаря, машина для мойки деревянных лотков	—	»		600×100	0,5	1200	20	»

Салфетомойка	—	»	Отсос от кожуха через пароотводящую металлическую изолированную трубу	По опытным данным	—	950	60	»
Бланширователь ленточный	БКП-200 БКЕ-400	То же	Укрытие с пароотводящими изолированными трубами	По данным завода-изготовителя	—	2×750	60	»
Бланширователь ковшовый	БК	»	То же	То же	—	2×750	60	»
Котлы варочные двустенные опрокидные	—	То же, что и для кондитерских фабрик						
Печь обжарочная паромасляная механизированная	М-8 ППМ-0,4	Влага, пары, масло	Укрытие над всей машиной с пароотводящими изолированными трубами	13,3 10,6	0,5 0,5	24 000 19 000	20 20	Выброс в атмосферу с механическим побуждением
Сушилка двухвальцовая паровая	СБ-2000М	Влага	Вентилятор сушилки	По данным завода-изготовителя	—	5000	—	Выброс в атмосферу

Продолжение табл. IV—9

Технологическое оборудование		Выделяющаяся вредность	Тип местного отсоса	Расчетные данные			Сопротивление приемника, Па	Рекомендуемый способ очистки перед выбросом в атмосферу или способ выброса
Наименование	Марка			Размеры отверстия (в мм) или площадь (в м²)	v, м/с	L, м³/ч		
Сушилки конвейерные паровые	ПКС-10	Влага	Вентилятор сушилки	По данным завода-изготовителя	—	500	—	
	ПКС-20				—	800	—	
	ПКС-90				—	1500	—	
	СКП-30				—	1000	—	
	СПК-45				—	1200	—	
Кондитерские фабрики								
Открытые опрокидные варочные котлы	ВК-12	»	Зонт D 700 мм (рис. IV—1, *б*)	0,385	1,0	1400	20	Выброс в атмосферу без очистки с естественным или механическим побуждением
	ВК-60							
	ВК-150		D 800 мм	0,500	1,0	1800	20	
	ВК-200		D 1000 мм	0,785	1,0	2850	20	
			D 1100 мм	0,950	1,0	3400	20	
Газовая бисквитная печь	ВКНИИ	Газы, пары	Козырек над загрузочным проемом	415×1000	1,0	1500	20	То же
			Козырек над выгрузочным проемом	415×100	1,0	1500	20	»

Обжарочный барабан	—	Газы, пары	Зонт над загрузочной воронкой	1,44 (900×1600)	0,5	2600	20	»
Шнековый шпаритель	—	Влага	Отсос от кожуха	0,037	1,5	200	100	»
Шпарочный аппарат для бочек	—	»	Зонт	0,78 (600×1300)	0,5	1400	20	»
Универсальный варочный вакуум-аппарат	—	»	Отсос от крышки	0,037	1,5	200	100	»
Растворитель сахара	—	»	То же	0,095	1,5	500	100	»
Диссутор	—	»	»	0,037	1,5	200	100	»
Варочная колонка для помадного сиропа и сбивальные машины для пастилы	—	»	Отсос от крышки шпарителя	0,037	1,5	200	100	»
Банколакировочная сушильная машина	КПА	Пары лака	Подсос воздуха вентилятором сушилки	По данным завода-изготовителя	—	2500	—	»

Продолжение табл. IV—9

Технологическое оборудование		Выделяющаяся вредность	Тип местного отсоса	Расчетные данные			Сопротивление приемника, Па	Рекомендуемый способ очистки перед выбросом в атмосферу или способ выброса
Наименование	Марка			Размеры отверстия (в мм) или площадь (в м²)	v, м/с	L, м³/ч		
Моечно-сушильная машина для наполненных жестяных банок	КМВ	Влага	Отсос от кожуха через пароотводящую металлическую трубу, изолированную	По опытным данным	—	950	60	Выброс в атмосферу с естественным или механическим побуждением
Подлакировочная сушильная машина	КПБ	Пары лака	То же	»	—	950	60	То же
Фаршемешалка	ФМТ-30	»	Бортовой отсос по периметру (высота щели 100 мм) (рис. IV—1, *а*)	—	1,5	1400	100	Выброс в атмосферу с механическим побуждением
Вертикальный варочный открытый аппарат с мешалкой	МЭС-374 МЭС-244в	»	То же	— —	1,5 1,5	1400 1800	100 100	То же

То же, без мешалки	МЗС-244а	Пары лака	Зонт D 1000	D 0,785	1,0	2850	20	»

Табачные фабрики

Транспортер расщипки листового табака	—	Табачная пыль	Панель равномерного всасывания у рабочего места (рис. IV—4, *а* и *б*)	600×645 (живое сечение 0,085 м²)	4,0	1260	60	Очистка через тканевые рукавные фильтры

Примечания: 1. Конструкцию местного отсоса и объем отсасываемого воздуха от шпарочного аппарата для бочек на винодельческих и пивоваренных заводах принимать как для кондитерских фабрик, а от бутылкоемочных машин — как для консервных заводов.

2. Таблица составлена на основании паспортов оборудования и экспериментальных данных по действующим предприятиям.

3. Укрытия и конструкции местных отсосов, поставляемых заводами-изготовителями вместе с оборудованием, в таблице не указываются.

4. Конструкцию местных отсосов и объем отсасываемого воздуха от оборудования по отраслям промышленности, не приведенного в настоящей таблице, следует принимать по паспортам заводов-изготовителей или по экспериментальным данным, или по материалам главы IV.

5. С достаточной для практических расчетов точностью можно принять 1 Па = 0,1 кгс/м² = 0,1 мм вод. ст.

* На 1 м длины бортового отсоса.

Глава V. ТЕПЛО- И ВЛАГОВЫДЕЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Параметры внутреннего воздуха (см. главу I) в производственных помещениях поддерживаются в заданных значениях за счет общеобменной вентиляции, производительность которой определяется из условий локализации избытков тепла и влаги.

При составлении тепловлажностного баланса необходимо учитывать:

тепло и влаговыделение от производственного оборудования;
тепло от работающих людей;
тепло от солнечной радиации в теплый и переходный периоды;
тепло от электроосвещения;
тепло от работающих электродвигателей и др.;
теплопотери наружным ограждением в холодный и переходный периоды;
влаговыделение с поверхности жидких сред открытого оборудования и смоченного пола и др.

Тепловыделения от оборудования определяются по табл. V—1 и V—2.

Для оборудования, не приведенного в табл. V—1 и V—2, и для горячих трубопроводов тепловыделения рассчитывают по следующим формулам.

Для трубопроводов

Таблица V—1

Тепло- и влаговыделения от технологического оборудования

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Хлебозаводы			
Чан для закисания вместимостью, л			
300	955	820	0,97
550	1315	1130	1,72
1000	2640	2270	2,53
1500	3050	2620	2,87
3000	4420	3800	5,85
Чан для брожения закваски вместимостью, л			
1000	1080	930	0,9
1300	128	110	1,02
Дрожжевой чан вместимостью, л			
1000	780	670	0,8
1500	920	790	0,65
3000	1335	1150	0,87

Продолжение табл. V—1

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Чан для приготовления питательной смеси вместимостью, л			
300	325	280	0,22
550	442	380	0,39
1000	779	670	0,57
1500	1145	990	0,65
Сборники вместимостью, л			
300	575	495	0,47
350	870	750	0,84
Заварочная машина	1510	1300	—
Заводы сырого крахмала			
Замочный чан	9 100	7 840	—
Сернистая печь $D300$, $H=2500$ мм	337	290	—
Сернистая башня	2 345	2 020	—
Зародышеотделитель	2 670	2 300	—
Вакуум-фильтр для промывки крахмала	10 300	8 900	9,72
Сдвоенное барабанное сито	1 780	1 530	—
Сборник глютеновой воды $D4260$, $H=3200$ мм	3 390	2 920	—
Сборник сернистой воды $D2200$, $H=2200$ мм	1 100	950	—
Заводы по производству патоки			
Мерник крахмального молока $D2000$, $H=2500$ мм	1 450	1 250	—
Конвертер $D1680$, $H=4900$ мм	1 510	1 300	—
Нейтрализатор $D3400$, $H=4900$ мм	3 780	3 260	—
Жироотделитель габаритами $4800\times2000\times2000$ мм	2 380	2 050	—
Фильтр-пресс 100×1100, $l=4000$ мм	30 100	25 900	20,4
Решофер перед выпаркой $D800$, $H=4000$ мм	603	520	—
1-й корпус выпарной установки $D2800$, $H=7000$ мм	3 330	2 870	—
2-й корпус выпарной установки $D2800$, $H=7000$ мм	3 700	3 180	—
3-й корпус выпарной установки $D2800$, $H=7000$ мм	3 990	3 430	—

Продолжение табл. V—1

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Решофер после выпарки $D800$, $H=4000$ мм	605	520	—
Фильтр-пресс густого сиропа 1100×1100, $l=4000$ мм	20 700	17 800	12,5
Контактный сборник густого сиропа со свежим норитом $D3800$, $H=3000$ мм	2 400	2 060	—
Вакуум-аппарат $D2800$, $H=7000$ мм	2 600	2 230	—
Сборник готовой патоки $D4200$, $H=3000$ мм	2 770	2 380	—
Экстрактивные заводы			
1-й корпус выпарного аппарата $D2800$, $H=7000$ мм	2 500	2 150	—
2-й корпус D 2800, $H=7000$ мм	2 600	2 230	—
3-й корпус D 2800, $H=7000$ мм	2 910	2 500	—
Решофер перед выпаркой $D800$, $H=4000$ мм	605	520	—
Ловушка к выпарному аппарату	1 040	890	—
Сборник уваренного экстракта $D2600$, $H=3000$ мм	2 740	2 360	—
Нейтрализатор $D3400$, $H=4900$ мм	652	560	—
Сборник чистого конденсата $D2600$, $H=2200$ мм	1 075	930	—
Испаритель 1-го корпуса выпарной установки	2 460	2 120	—
То же, 2-го корпуса выпарной установки	2 840	2 440	—
То же, 3-го корпуса выпарной установки	2 960	2 550	—
Заводы кормов и биомассы			
Экспеллер или форпресс	15 700	13 500	—
Фузоотделитель	163	140	—
Сборник масла D 4500, $H=3000$ мм	1 015	880	—
Фильтр-пресс 1100×1100, $l=4000$ мм	12 800	11 000	—

Продолжение табл. V—1

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Жаровня шестичанная D 2200, H=3000 мм	1560	1340	—
Сдвоенное барабанное сито	1370	1180	—
Шнековый фильтр-пресс мелкой мезги D400, l=1400 мм	1270	6250	—
Сборник фильтр-прессной грязи D 3500, H=2900 мм	1465	1260	—
Дрожжевые заводы			
Дрожжерастильные чаны вместимостью, м³			
3	1395	1200	—
8	2320	2000	—
30	3490	3000	—
100	8730	7500	—
Сушилка для дрожжей типа ВИС-20	8430	7250	—
Консервные заводы			
Моечные машины для сырья			
КУМ	—	—	0,76
КУМ-I	—	—	0,76
КУМ-II	—	—	0,76
КУВ-I	—	—	0,70
ВМ-25	—	—	0,80
КМЦ	—	—	0,75
КМ-I	—	—	0,70
КМО-III	930	800	0,15
МПП-1,5	—	—	0,25
Моечные машины для тары			
«Беларусь» СП-61	8150	7000	—
ОМЖ или КСБ-6	6400	5500	—
КБВ-3	1160	1000	—
СП-58-4	1160	1000	—
КБВ-10	1160	1000	—
Моечно-сушильный агрегат 8М-8с8-1	6400	5500	—
Машина универсальная для мойки банок УМЖ	6400	5500	—
Машина для мойки бутылок с замочной ванной типа ВМ	6400	5500	—

Продолжение табл. V—

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Бутылкомоечная машина			
АММ-3	6400	5500	—
АММ-6	8720	7500	—
АММ-12	9720	7500	—
Машина для мойки деревянных ящиков производительностью 900 ящиков в час	5820	5000	3,0
Салфетомойка 1725	1730	1500	—
Котел варочный паровой			
МВС-244 а	3720*	3200	4,8
МЗС-244 б	5820	5000	7,4
МЗС-374	4890	4200	5
	8150	7000	
Реактор			
МЗС-210	5 800	5 000	
МЗС-316	3 480	3 000	
Вакуум-аппарат АВВ вместимостью 500 л	11 600	10 000	
Бланширователь для обработки картофеля			
БКП-200	4 640	4 000	3
БКП-400	5 800	5 000	5,
Бланширователь ковшовый БК производительностью 8 т/ч	3 480	3 000	2,
Пастеризатор молока ОПД-1м	3 480	3 000	—
Пастеризационно-охладительная установка			
ОПУ-3м	3 480	3 000	—
ОПУ-5м	4 640	4 000	—
ОПУ-10м	5 800	5 000	—
Деаэратор-пастеризатор ДПУ-1,5	2 320	2 000	—
Агрегат для варки варенья системы Лысянского	5 800	5 000	—
Вакуум-аппарат двустенный ВНИИКЛ-2 вместимостью 1000 л	6 960	6 000	—
Диссутор	2 320	2 000	—
Котел варочный для варенья двустенный вместимостью 12 л	580	500	0,

Продолжение табл. V—1

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Подогреватель трубчатый односекционный КТП-2			
при подогреве сока	3 480	3 000	—
при подогреве томатной пульпы	6 960	6 000	—
при подогреве томатной пасты	580	500	—
Скольдер томатный КОА	11 600	10 000	—
Шпаритель непрерывного действия (шахтный)	2 560	2 200	—
Сироповарочная станция	30 200	26 000	12,5
Печь паромасляная ППМ-0,4	13 950	12 000	—
Печь механизированная М-8	23 200	20 000	—
Плита пароварочная универсальная КПП-1	6 960	6 000	—
Сушилка барабанная СБ-2000М	5 800	5 000	—
Сушилка вертикальная КСВ	4 640	4 000	—
Сушилка конвейерная паровая			
ПКС-10	6 260	5 400	—
ПКС-20	6 260	5 400	—
СПК-30	8 150	7 000	—
СПК-45	8 150	7 000	—
ПКС-90	9 300	8 000	—
Банколакировочная сушильная машина КЛА	1 740	1 500	—
Моечно-сушильная машина КМБ	1 740	1 500	—
Подлакировочная сушильная машина КЛБ	930	800	—
Горизонтальный автоклав ИС-4	3 480	3 000	—
Стерилизатор-охладитель непрерывного действия КСЖ	20 900	18 000	—
Стерилизатор			
СР-2К	4 640	4 000	—
КС-4	6 960	6 000	—
Смеситель-подогреватель КСД-П	3 020	2 600	—
Фаршемешалка ФМТ	1 740	1 500	4,9

Продолжение табл. V—1

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Кондитерские фабрики			
Карамельное производство			
Диссутор			
прямоугольный	1920	1650	—
цилиндрический	1220	1050	—
Открытый опрокидывающийся варочный котел вместимостью, л			
12	580	500	0,80
60	1080	932	1,44
150	1940	1670	2,59
Станция непрерывного приготовления карамельного сиропа ШСК	2150	1850	—
Универсальный варочный вакуум-аппарат	546	470	—
Змеевиковый вакуум-аппарат производительностью, т в смену			
6 (Бальшевского завода)	735	640	—
8 (Ярославского завода)	1110	960	—
4 (Ярославского завода)	930	800	—
Цилиндрическая темперирующая машина			
МТ-250	477	410	—
МТМ-100	299	258	—
Унифицированный карамельный вакуум-аппарат	930	800	—
Универсальный варочный вакуум-аппарат			
ВАВУ-66	297	226	—
ВАНМ-150	523	450	—
Темперирующая машина вместимостью, л			
100	477	410	—
250	477	410	—
Котел варочный открытый типа ВК-200 вместимостью 200 л	1740	1500	2,24

Продолжение табл. V—

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Конфетное и ирисное производство			
Котел варочный опрокидывающийся марки КВО-12 вместимостью 12 л	580	500	0.8
Установка для сушки крахмала	592	510	
Агрегат для формования помадных корпусов конфет	720	620	
Универсальный варочный вакуум-аппарат	162	140	
Вакуум-выпарная установка «Виганд» для сгущения молока	236	200	
Сборник для инвертного сиропа	735	632	
Сборник для сгущенного молока	502	432	
Сборник для сахарного сиропа	618	532	
Котел варочный марки КВ-60	1 080	932	
Производство халвы			
Шахтная сушилка ВИС-2	13 950	12 000	
Сушильно-обжарочный агрегат барабанного типа	500	430	
Котел для сбивания карамельной массы с экстрактом мыльного корня	1 860	1 600	–
Агрегат для вымешивания халвы системы ВКНИИ и фабрики им. Самойлова	1 980	1 720	2,5
Поточно-механизированная линия производства тахинной халвы	1 780	1 536	—
Производство шоколада			
Цилиндрический обжарочный аппарат	17 450	15 000	—
Шахтная сушилка ВИС-3	13 950	12 000	—
Темперирующие сборники вместимостью, л			
2000	1 245	1 070	—
1000	1 445	1 240	—
500	1 220	1 050	—
Автоматическая темперирующая машина для шоколадных масс типа ШМА	488	420	—

Продолжение табл. V—1

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Четырехкорытная отделочная машина вместимостью, л			
1000	1 940	1 650	—
2000	3 820	3 280	—
Темперирующие машины			
D 100 мм	192	165	—
D 400 мм	209	180	—
Шаровой обжарочный аппарат «Сирокко»	348	300	—
Сушильный аппарат	2 440	2 100	—
Миксмашина периодического действия вместимостью 0,5 т	395	340	—
Трехвальная машина ШВА	104	90	—
Пресс для отжима какао	19 550	16 800	—
Мармеладное производство			
Варочный вакуум-аппарат	1 280	1 100	—
Двустенный вакуум-аппарат для уплотнения пюре	175	150	—
Сборник патоки	837	720	—
Универсальный вакуум-аппарат	407	350	—
Сушилка для пастилы	4 770	4 100	—
Мармеладоразливочная машина	1 150	990	—
Машина для розлива трехслойного мармелада	465	400	—
Фруктоварочное производство			
Начиночный вакуум-аппарат			
без мешалки	361	310	—
с мешалкой	348	300	—
Бисквитное производство			
Трехленточная печь	40 700	35 000	—
Конвейерная цепная печь ВКНИИ-6	41 000	35 280	—
Тупиковая конвейерная печь ТВЭ-6	57 500	49 400	—
Трехцепная печь	116 000	100 000	—
Одноленточная газовая печь ВКНИИ-4	48 000	41 250	—
Конвейерная печь			
ВКНИИ-1	32 600	28 000	—
ВКНИИ-2	23 200	20 000	—

Продолжение табл. V—

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
Карусельная печь УПГ-3	12 320	10 600	—
Печь для выпечки вафельных листов	17 700	15 200	—
Электропечь КЭП-1	14 420	12 400	—
Печь с зеркальными лампами накаливания	23 500	20 200	—
Винодельческие заводы			
Теплообменник-подогреватель	186	160	—
Пастеризатор	198	170	—
Резервуары для выдержки вина, обработанного теплом, вместимостью, л			
750	1 625	1 400	—
1200	2 675	2 300	—
2000	3 370	2 900	—
Сушилка ВКИ	592	510	—
Бражная колонна	697	600	—
Ловушка	116	100	—
Дефлегматор	349	300	—
Бардяной регулятор	250	215	—
Конденсатор	250	215	—
Регулятор лютерной воды	58	50	—
Парорегулятор	192	165	—
Бутылкомоечные машины	См. консервные заводы		
Пиво-безалкогольные заводы			
Сусловарочный котел вместимостью, л			
1,0	1395** 638	1200** 550	—
1,5	1740 696	1500 600	—
3,0	3140 1395	2700 1200	—

Продолжение табл. V—1

Оборудование	Тепловыделения		Влаговыделения, кг/ч
	Вт	ккал/ч	
5,5	7300 2070	6870 1800	—
9,0 (ЧССР)	12 750 3800	11 000 3280	—
Заторный котел вместимостью, т			
1,0	1395 638	1200 550	—
1,5	1395 638	1200 550	—
3,0	2560 930	2200 800	—
5,5	7150 1890	6450 1625	—
9,0 (ЧССР)	9650 1860	8300 1600	—
Фильтрационный котел вместимостью, т			
1,0	1570 348	1350 300	—
1,5	2070 520	1800 450	—
3,0	3250 1040	2800 900	—
5,5	6050 2840	5200 2450	—
9,0 (ЧССР)	7700 2740	6650 2360	—
Вертикальный варочный аппарат с мешалкой			
ВВМ-25	58	50	—
ВВМ-100	133	115	—
ВВС-150	163	140	—
ВВМ-250	232	200	—
ВВМ-500	372	320	—
Бутылкомоечные машины	См. консервные заводы		

Примечание. Таблица составлена на основании экспериментальных данных и расчетов, при этом использованы материалы отраслевых научно-исследовательских институтов. Учтено, что горячие поверхности оборудования теплоизолированы в соответствии с требованиями, изложенными в главе IV. Приведенные величины тепловыделений включают также и скрытое тепло от испаренной влаги (для оборудования с открытой поверхностью испарения). Тепло- и влаговыделение от оборудования, не приведенного в настоящей таблице, определяются экспериментально или расчетами по методике этой главы.

---

* В числителе указаны данные при варке заливки, а в знаменателе — при панировке овощей.

** В числителе указано тепловыделение в варочном отделении, а в знаменателе — подварочном.

Таблица V—2

Тепловыделения от хлебопекарных печей и сушилок для макарон

Марка печи или сушилки	Тепловыделения			
	в топочное отделение		в пекарный зал	
	Вт	ккал/ч	Вт	ккал/ч
УПГ-3	17 400	15 000	11 600	10 000
ВК (бараночная)	14 500	12 500	—	—
ХВ	47 700	41 000	37 200	32 000
ФТЛ-2	38 400	33 000	28 500	24 500
Подмосковная	54 600	47 000	38 400	33 000
ХПГ	31 400	28 000	23 200	20 000
ХПН	67 400	58 000	29 100	25 000
БН-25 с газовым обогревом	16 750	14 400	—	—
БН-50 » »	35 400	30 500	—	—
БН-25 с электрообогревом	13 000	11 200	—	—
ПХС-25 м	22 800	19 600	—	—
ПХС-40 м	36 000	31 000	—	—
Сушилка в поточной линии производства длинных макаронных изделий ЛПЛ	3 720	3 200	—	—
Сушилка конвейерная паровая				
ПКС-10	6 270	5 400	—	—
ПКС-20	6 270	5 400	—	—
ПКС-90	9 300	8 000	—	—
СПК-30	8 140	7 000	—	—
СПК-45	8 140	7 000	—	—
Сушилка вертикальная КСВ	4 650	4 000	—	—
Сушилка вертикальная шахтная ВИС-2	13 950	12 000	—	—

Примечания: 1. Таблица составлена по материалам «Киевэнергоналадки» Укргипропищепрома, Мособлхлебтреста и ВНИИХПа.

2. В приведенные данные включены тепловыделения от остывающего хлеба и от камер окончательной расстойки теста.

3. Для подмосковной печи тепловыделения приняты по аналогии с печью ФТЛ-2 ввиду отсутствия испытаний.

$$Q_т = \overline{q_l}\,\overline{l}\ \text{Вт},$$

$$\text{или } Q_т = 0{,}86\overline{q_l}\ \overline{l}\ \text{ккал/ч}. \qquad \text{(V—1)}$$

Для оборудования с плоскими и криволинейными поверхностями

$$Q_{об} = F\,\overline{q}\ \text{Вт},$$

$$\text{или } Q_{об} = 0{,}86F\,\overline{q}\ \text{ккал/ч}, \qquad \text{(V—2)}$$

где $\overline{l}$ — длина трубопровода, м;

F — площадь теплоизлучающей наружной поверхности оборудования (по обмеру), м²;

$\overline{q_l}$ и $\overline{q}$ — соответственно потери тепла 1 м трубопровода данного диаметра или 1 м² поверхности оборудования в зависимости от температуры среды внутри трубопровода или аппарата и окружающего воздуха, Вт/м или Вт/м²; принимаются по табл. IV—4 и IV—7;

0,86 — переводной коэффициент.

В сложных случаях (печи различного типа, сушилки, обжарочные печи и т. п.) потери тепла в окружающую среду следует определять по тепловому балансу или экспериментальным путем. Иногда для ориентировочных расчетов допускается принимать потери тепла в окружающую среду в размере до 30% от общего количества тепла, расходуемого на данный аппарат.

С достаточной для практических расчетов точностью потери тепла нагретыми поверхностями изолированных трубопроводов и арматуры можно брать в процентах от суммарных тепловыделений технологическим оборудованием по помещению или участку: для крахмальных, крахмало-паточных и дрожжевых заводов до 5%; для консервных заводов до 15%; для кондитерских фабрик до 10%.

Количество тепла, поступающего в помещение от остывающего продукта, определяется по формуле

$$Q_{ос} = G_м\,c_м\,(t_{нач} - t_{кон})\,0{,}278\ \text{Вт}, \qquad \text{(V—3)}$$

$$\text{или } Q_{ос} = G_м\,c_м\,(t_{нач} - t_{кон})\ \text{ккал/ч},$$

Таблица V—3

Удельная теплоемкость некоторых пищевых продуктов

Наименование продукта	кДж/(кг·°К)	ккал/(кг·°С)
Корпуса многослойных конфет	2,28	0,545
Ирисная масса	2,22	0,53
Карамельная масса	2,14	0,511
Конфетная масса	2,51	0,60
Галеты, печенья разных сортов	2,18	0,52
Сахар	1,28	0,295
Крахмал	1,885	0,45
Ячменный солод	2,14	0,51
Карамельная смесь	2,01	0,48

Примечание. Таблица составлена по материалам ВНИИКПа.

где $G_м$ — масса остывающего продукта, кг/ч;
$c_м$ — теплоемкость остывающего продукта, кДж/(кг·К), или ккал/(кг·°С) (см. табл. V—3);
$t_{нач}$, $t_{кон}$ — начальная и конечная температуры продукта, определяются экспериментальным путем или по табл. V—4;
0,278 — переводной коэффициент.

Таблица V—4

Начальная и конечная температура некоторых пищевых охлаждаемых продуктов

Наименование продукта	$t_{нач}$, °С	$t_{кон}$, °С
Карамель, поступающая на узколенточный транспортер	80	65
То же, на двухъярусный или пятиярусный транспортер	65	35
Карамельная масса	80	75
Конфетная масса	40	35
Крахмал после сушки	60	30
Ячменный солод после сушки	70	30

Примечание. Таблица составлена по материалам ВНИИКПа.

Количество тепла, поступающего в помещение от остывающего хлеба (независимо от его сорта), находят по формуле

$$Q_{хл} = \frac{P_с q}{m} \cdot 0{,}278 \text{ Вт}, \qquad \text{(V—4)}$$

$$\text{или } Q_{хл} = \frac{P_с q}{m} \text{ ккал/ч},$$

где $P_с$ — суточная производительность хлебозавода, кг;
q — количество тепла, выделяемого 1 кг хлеба с учетом тепла, вносимого испаренной влагой; q=92 кДж/кг (22 ккал/кг);
m — время работы завода в сутки, ч;
0,278 — переводной коэффициент.

Количество тепла, выделяющегося от механической энергии работающего оборудования, в том числе и от работающих электродвигателей.

$$Q_м = 1000 N \psi \text{ Вт}, \qquad \text{(V—5)}$$

$$\text{или } Q_м = 860 N \psi \text{ ккал/ч},$$

где N — установленная мощность электродвигателей, кВт;
ψ — коэффициент, учитывающий отношение средней фактической потребляемой мощности к установленной мощности электродвигателей.

Значение коэффициента ψ в зависимости от вида производства

Все производственные помещения хлебозаводов и макаронных фабрик (кроме пекарных залов)	0,25
Все помещения кондитерских фабрик (за исключением варочных, протирочных, обжарочных отделений, отделений варочных и бисквитных печей, шоколадоотделочного отделения, сиропных, паточных и фруктоварочных станций)	0,40
Все производственные отделения табачных фабрик	0,60
Зерносклады и отделения подработки ячменя и солода пивоваренных заводов	0,30

Во всех остальных производственных помещениях по отраслям промышленности, в том числе и перечисленных выше в скобках, тепловыделения от механической энергии не учитываются.

В этих помещениях следует учитывать тепловыделение от работающих электродвигателей

$$Q_э = 1000N(1 - \eta)\ \text{Вт},$$

$$\text{или } Q_э = 860N(1 - \eta)\ \text{ккал/ч}, \qquad \text{(V—6)}$$

где η — коэффициент полезного действия электродвигателя при полной нагрузке, определяемый по каталогу, а при его отсутствии принимается в зависимости от установленной мощности электродвигателя.

Значение коэффициента η

N, кВт		N, квт	
$<0{,}5$	0,75	10—28	0,88
0,5—5	0,84	28—50	0,9
5—10	0,85	>50	0,92

Теплопотери в холодный период года и приток тепла от солнечной радиации в теплый период года через наружные ограждения следует учитывать по материалам главы III.

Количество тепла, поступающего от работающих людей,

$$Q_л = 116n\ \text{Вт}, \qquad \text{(V—7)}$$

$$\text{или } Q_л = 100n\ \text{ккал/ч},$$

где n — количество работающих в данном помещении в максимальную смену.

Количество тепла, поступающего с испарившейся влагой,

$$Q_{вл} = W(692 + 0{,}50t_ж)\ \text{Вт}, \qquad \text{(V—8)}$$

$$\textit{или } Q_{вл} = W(597 + 0{,}43\,t_ж)\ \text{ккал/ч},$$

где W — количество влаги, поступающей в помещение от испаряющей жидкости, кг/ч;

$t_ж$ — температура жидкости, °С.

Тепло от испарившейся влаги с поверхности смоченного пола или с поверхности жидкости, имеющей температуру мокрого термометра окружающего воздуха, не учитывается (испарение происходит за счет тепла сухой части окружающего воздуха).

Количество тепла, поступающего в помещение от прорывающегося пара через неплотности соединений труб и арматуры,

$$Q_{\text{п}} = 0{,}278 G_{\text{п}} i \text{ Вт}, \qquad \text{(V—9)}$$

$$\text{или } Q_{\text{п}} = G_{\text{п}} i \text{ ккал/ч},$$

где $G_{\text{п}}$ — количество прорывающегося пара, кг/ч;
i — энтальпия пара, кДж/кг или ккал/кг; с достаточной для практических расчетов точностью можно принимать $i = 1{,}84$ кДж/кг (0,44 ккал/кг).

Тепло, поступающее от электроосвещения, работающего в дневное время,

$$Q_{\text{осв}} = 1000 Na \text{ Вт}, \qquad \text{(V—10)}$$

$$\text{или } Q_{\text{осв}} = 860 Na \text{ ккал/ч},$$

где N — установленная мощность осветительных приборов, кВт;
a — коэффициент, учитывающий вид арматуры.

Значение коэффициента a

Тип лампы	
Люминесцентные открытые	0,9
То же, закрытые матовым стеклом	0,6
Открытые лампы накаливания	1,0
Лампы накаливания, закрытые стеклянными матовыми колпаками	0,7

Количество влаги, поступающей в воздух помещений от открытой поверхности горячей жидкости, например сахарного раствора, (в кг/ч)

$$W = Fw, \qquad \text{(V—11)}$$

где F — площадь зеркала испарения, м²;
w — количество влаги, испаряющейся с 1 м² поверхности жидкости — сахарного раствора (табл. V—5), кг/(м²·ч).

Количество влаги W_x (в кг/ч), поступающей в помещение с поверхности смоченного пола или жидкости, имеющей температуру мокрого термометра окружающего воздуха $t_{\text{м}}$, определяется по формуле

$$W_x = Fw', \qquad \text{(V—12)}$$

где F — площадь поверхности смоченного пола или зеркала жидкости, м²;
w' — количество влаги, испаряющейся с 1 м² поверхности смоченного пола или жидкости, кг/(м²·ч); (табл. V—6).

Количество пара, прорывающегося через неплотности соединения трубопроводов и арматуры, принимается в процентах от общего расхода пара в данном помещении или участке: на консервных заводах — до 3%; на кондитерских фабриках — до 2%. На всех предприятиях остальных отраслей промышленности прорыв пара через неплотности не учитывается.

Таблица V—5

Количество влаги, испаряющейся с поверхности сахарных растворов при температуре окружающего воздуха 20° С и относительной влажности 70%

Температура жидкости, °С	Количество испаряющейся влаги w [в кг/(м²·ч)] при содержании сухих веществ в 100 г раствора, г							
	0—59	60	65	70	75	80	85	90
30	0,60	—	—	—	—	—	—	—
35	0,94	—	—	—	—	—	—	—
40	1,28	1,20	1,17	1,12	1,04	0,87	0,715	0,482
45	1,68	1,48	1,44	1,38	1,29	1,16	0,95	0,64
50	2,16	1,96	1,92	1,84	1,72	1,55	1,27	0,86
55	2,59	2,41	2,34	2,24	2,09	1,89	1,55	1,04
60	3,08	3,00	2,92	2,80	2,61	2,36	1,94	1,31
65	3,63	3,58	3,49	3,35	3,12	2,32	2,31	1,56
70	4,48	4,45	4,27	4,07	3,78	3,40	2,79	1,88
75	5,75	5,55	5,39	5,17	4,83	4,35	3,57	2,41
80	7,63	7,14	6,90	6,60	6,21	5,54	4,65	3,24
85	9,98	9,76	9,52	9,12	8,49	7,65	6,27	4,24
90	13,45	11,20	10,78	10,35	9,64	8,74	7,73	6,52
95	19,51	18,34	17,86	17,10	15,90	14,35	11,75	7,95
100	45*	20,25	19,60	18,45	17,65	16,08	13,60	9,86
105	—	24,30	23,60	22,65	22,50	19,55	16,48	12,00
110	—	—	—	—	26,81	23,22	19,88	17,20
115	—	—	—	—	—	—	23,85	19,20
120	—	—	—	—	—	—	—	23,15

Примечание. Относительная влажность окружающего воздуха и его температура влияют незначительно на количество выделяющейся влаги (до 3—4%), поэтому для практических расчетов можно пользоваться настоящей таблицей при любых параметрах окружающего воздуха.

* Количество влаги, выделяющейся при кипении.

Количество влаги $W_{сл}$ (в кг/ч), поступающей в помещение при сливе жидкости в сборные желоба или лотки при мойке бочек, оборудования, сливе сока или сусла в желоба и т. п.,

$$W_{сл} = \frac{G_{ж}\,(t_{нач} - t_{кон})}{585}, \qquad (V—13)$$

где $G_{ж}$ — масса сливаемой жидкости, кг/ч;

$t_{нач}, t_{кон}$ — начальная и конечная температуры жидкости, °С; принимаются: начальная — по данным технологов; конечная (при изливе воды на пол) — по температуре мокрого термометра окружающего воздуха, а при непосредственном изливе в канализацию — на 20—25° С ниже начальной температуры.

Таблица V—6

Количество испаряющейся влаги w^1 с поверхности смоченного пола или зеркала испарения жидкости, имеющей температуру мокрого термометра окружающего воздуха

Температура воздуха в помещении $t_{вн}$, °С	Относительная влажность воздуха φ, %	Температура мокрого термометра $t_м$, °С	w^1, кг/(м²·ч)
16	60	11,6	0,04
	70	12,7	0,03
	80	13,9	0,019
18	60	13,4	0,041
	70	14,5	0,031
	80	15,7	0,020
20	60	15,0	0,045
	70	16,3	0,033
	80	17,6	0,022
22	60	16,8	0,047
	70	18,3	0,033
	80	19,6	0,022
24	60	18,6	0,049
	70	20,0	0,036
	80	21,5	0,022
26	60	20,4	0,050
	70	22,0	0,036
	80	23,3	0,024
28	60	22,6	0,054
	70	23,6	0,040
	80	25,2	0,025
30	60	23,7	0,060
	70	25,4	0,041
	80	27,0	0,025

Поступление влаги от пропарки бочек в помещение определяется по расходу пара на пропарку по сведениям технологов.

Поступление влаги (в кг/ч) в помещение от остывающего хлеба на хлебозаводах (учитывается только в хлебохранилищах и при длительном хранении хлеба)

$$W_{хл} = \frac{P_с q_с}{m \cdot 100}, \qquad (V—14)$$

где $P_с$ — суточная производительность завода, кг;
$q_с$=2,5% — процент усушки хлеба;
m — время работы завода в сутки, ч.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ВЕНТИЛЯЦИЯ. РАСЧЕТЫ. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Глава VI. АСПИРАЦИЯ

Пыль, ее характеристика и источники образования

Запыленный воздух характеризуется содержанием пыли в единице объема воздуха, обычно запыленность выражается в мг/м^3 или числом частиц в 1 см^3. Размер частиц пыли характеризуется величиной поперечного сечения в микрометрах (1 мкм = 0,001 мм).

Пыль, выделяемую в результате обработки, переработки и перемещения продукта, можно квалифицировать:

по степени измельчения (дисперсности);

по роду вещества, из которого состоят частицы;

по вредности для организма человека;

по взрывоопасности.

В зависимости от размеров частиц пыль либо удерживается в воздухе во взвешенном состоянии, либо под действием силы тяжести выпадает из него и оседает.

В промышленных предприятиях приходится встречаться с пылью, состоящей из частиц с размерами в поперечнике от доли микрометра до 100 мкм и более. Частицы пыли в поперечнике более 100 мкм падают в неподвижном воздухе с возрастающей скоростью, частицы от 100 до 0,1 мкм падают с постоянной скоростью. Частицы меньше 0,1 мкм не оседают и находятся в состоянии непрерывного движения, вызываемого ударами молекул газа о поверхности частиц (так называемое броуновское движение). Мелкие частицы пыли увлекаются даже слабыми потоками воздуха.

Пыль, выделяющаяся от технологического оборудования на предприятиях пищевой промышленности, по своему происхождению может быть разделена на следующие группы.

Органическая пыль:
растительная — мучная, табачная, крахмальная, сахарная; животная — костяная.

Неорганическая пыль:
минеральная — известковая;
металлическая — чугунная, медная и т. п.

Смешанная пыль:
зерновая — являющаяся смесью растительной и минеральной;
образующаяся при шлифовке, дающая смесь минеральной и металлической пыли.

Плотность пыли различна: металлической 7,5—8,5 т/м^3, минеральной 2,0 т/м^3, органической 1,6 — 1,8 т/м^3.

В табл. VI—1 приведен фракционный состав различных видов пыли, встречающихся в пищевой промышленности. Данные получены на основании большого числа экспериментальных исследований, проведенных на действующих предприятиях.

Таблица VI—1

Фракционный состав пыли

Вид пыли	Процентное содержание в пыли частиц размером, мкм				Содержание SiO_2,%
	до 1	до 5	до 10	10	
Зерновая (ячмень. солод)	8,3	16,6	24,8	50,3	До 10
Мучная	30,4	36,8	18,3	14,5	—
Сахарная	30,2	24,6	28,9	16,3	—
Крахмальная	34,0	28,0	26,0	12,0	—
Табачная	12,4	15,0	27,6	45,0	—

Степень вредности пыли для организма человека зависит от количества ее во взвешенном состоянии, величины и формы частиц химического состава и степени растворимости. Частицы диаметром более 50 мкм задерживаются в верхних дыхательных путях, частицы размером от 50 до 10 мкм могут глубоко проникнуть в легочную ткань и причинить большой вред организму. Наиболее опасными по своему воздействию на легочную ткань являются частицы пыли размером от 5 до 0,25 мкм. Очень малые частицы пыли, размером менее 0,25 мкм, относительно безвредны.

По СН 245—71 предельно допустимая концентрация пыли составляет (в мг/м^3): известковая — 2; зерновая (элеваторы, зерносклады) — 4; табачная — 3; мучная и крахмальная — 6; сахарная — 10.

Пыль по степени пожароопасности разделяют на три класса:

Класс I — легковоспламеняющаяся пыль, для нее характерно быстрое распространение пламени. Требуемый для этого источник невелик — пламя зажженной спички.

Класс II — легковоспламеняющаяся ныль, в которой пламя распространяется либо при источнике больших размеров и с высокой температурой (электрическая дуга), либо при длительно действующем источнике тепла (газовая горелка).

Класс III — пыль, в которой при условиях, существующих на предприятии, пламя не распространяется либо вследствие того, что пыль не создает в воздухе облака, либо потому, что в ней содержится в виде примеси большое количество негорючего вещества, либо, наконец, потому, что составляющее ее вещество недостаточно быстро горит.

Классификация пыли, встречающейся в пищевой промышленности, по степени пожароопасности приведена в табл. VI—2, а температура воспламенения — в табл. VI—3.

В табл. VI—3 указаны температуры: воспламенения минимальная — при которой пыль может воспламеняться; относительная — при которой пыль легко воспламеняется. Как видно из таблицы, минимальные температуры воспламенения для всех видов пыли колеблются в пределах 540—650° С, т. е. примерно равны температуре красного каления железа.

Таблица VI—2

Классификация пыли по степени пожароопасности

Класс I	Класс II	Класс III
Сахарная, крахмальная и мучная пыль	Древесные опилки, зерновая, зерномучная пыль	Табачная пыль

Примечание. Таблица составлена на основании справочника «Пожарная опасность веществ и материалов». Под ред. И. В. Рябова. М., Стройиздат, 1966. 258 с.

Таблица VI—3

Температура воспламенения пыли

Вид пыли	Содержание негорючих веществ, %	Температура воспламенения, °С	
		минимальная	относительная
Зерновая пыль из элеватора	10,5	630	1050
Кукурузная мука	0,9	620	1060
Пшеничная мука	1,5	650	1060
Сахарная	0,4	630	960
Крахмальная	1,5	640	1035
Отруби пшеничные	30,0	640	980
Кукурузная	8,0	645	1010
Солод	11,7	600	990
Табачная	8,0	540	800

Примечание. Таблица составлена на основании справочника «Пожарная опасность веществ и материалов». Под ред. И. В. Рябова. М., Стройиздат, 1966. 258 с.

Взрыв пыли возможен лишь при определенной концентрации ее в воздухе, колеблющейся в известных пределах. Предел взрываемости характеризуется количеством взвешенной пыли в граммах, содержащейся в 1 м^3 воздуха, при наличи определенных условий для возникновения взрыва — температуры воспламенения, определенного состава воздуха, определенной влажности пыли.

В табл. VI—4 приведены данные, характеризующие пыль с точки зрения взрывоопасности.

К числу причин, способных вызвать рассеяние пыли в воздухе помещений, обычно относят: кинетическую энергию пылинок, сообщенную им движущимися частями механизмов; диффузию пылевоздушной смеси; избыточное давление воздуха в укрытии, созда-

Взрывные характеристики зерновой и мучной пыли

Вид пыли	Средняя влажность, %	Минимальная температура искрения, °С	Минимальная температура вспышки, °С	Нижний предел взываемости, г/м³
Зерновая пыль в подсилосном отделении элеваторов	14,0	—	—	41
То же, в надсилосном отделении элеватора	22,1	—	—	62
То же, в рабочей башне	13,0	—	—	135
Мучная пыль	16,7	293	626	17,6

Примечание. Таблица составлена по тем же данным, что и табл. VI—2 и VI—3.

ваемое эжектирующим (увлекающим) действием материала при его перемещении.

Под влиянием кинетической энергии частицы пыли очень быстро теряют первоначальную скорость и не могут рассеиваться на большие расстояния. В силу этого их пребывание в зоне дыхания человека настолько кратковременно, что их влиянием на здоровье можно пренебречь. Скорость диффузии пылевидных смесей не превышает нескольких сантиметров в секунду.

Основной причиной распространения пыли является динамическое действие перемещаемого материала, вызывающее эжекцию воздуха и взвешенных частиц пыли.

Во время работы дробильно-размольного оборудования, при транспортировании сыпучих материалов и при других операциях внутри кожухов оборудования возникают потоки воздуха, способствующие возникновению избыточного давления.

На основании экспериментов была определена величина $p_и$ избыточного давления в некоторых видах оборудования.

Значения $p_и$ (в Па*)

Башмак нории	2	Места падения материала на транспортер	2
Сито-бурат	2		
Бункера и силосы	10—15	Вальцовые дробилки	0,8—1,0
Шнеки	1	Вальцовые станки	1—2

* 1 Па=0,098 кгс/м². С достаточной для практических расчетов точностью можно принимать 1 Па=0,1 кгс/м²=0,1 мм вод. ст.

Аспирационные устройства

Системы аспирации представляют собой устройства для удаления пыли в местах ее образования и для предотвращения распространения ее в производственные помещения через кожухи и укрытия пылящего оборудования.

Выделение пыли наблюдается:

мучной — в складах тарного и бестарного хранения муки на хлебозаводах и макаронных фабриках, около завальных ям, силосов, бункеров, транспортеров, шнеков и норий в результате загрузки и перемещения продукта, а также на пивоваренных заводах в результате дробления и размола солода и ячменя;

зерновой — в силосных складах, рабочих башнях и отделениях подработки ячменя и солода на пивоваренных, солодовенных и крахмало-паточных заводах, около силосов и бункеров — при загрузке материала; в шнеках, около норий и транспортеров — при обработке и перемещении материала;

крахмальной — в сушильных и упаковочных отделениях крахмальных заводов и в отделениях приготовления корпусов конфет на кондитерских фабриках, у мест выгрузки и обработки крахмала, около сушилок, бункеров, шнеков, норий и транспортеров;

табачной — на участках обработки листового и резаного табака на табачных фабриках.

Технологическое оборудование, в котором осуществляется обработка продукта, обычно в той или иной степени ограждено или укрыто герметическим кожухом для предотвращения распространения образующейся пыли в помещении. Как уже указывалось, возникающее внутри кожухов или укрытий избыточное давление способствует проникновению пыли через неплотности их в помещение. Для погашения возникающего избыточного давления необходимо в кожухе или укрытии создать разрежение. Тогда обеспечится непрерывное поступление воздуха из рабочего помещения внутрь кожуха и пыль не будет попадать в помещение.

Объем воздуха, необходимый для обеспыливания, зависит от степени герметизации кожуха, формы, размеров и технологических особенностей обеспыливаемого оборудования и может быть определен из баланса прихода и расхода воздуха в кожухе. В герметический кожух воздух может поступать различными путями.

Часовой объем воздуха, поступающего во внутрь кожуха через его неплотности q_1 (в м³/ч), можно вычислить по формуле

$$q_1 = 3600 f_1 v_1, \qquad \text{(VI—1)}$$

где f_1 — площадь отверстий неплотностей кожуха, м²;

v_1 — скорость движения воздуха, подсасываемого в кожух через его неплотности, м/с.

В частном случае при движении открытого продуктового потока на ленточном транспортере или через отверстие кожуха наружу скорость движения воздуха в свободном сечении этого отверстия принимается в пределах от половины до полной величины скорости движения продуктового потока. В отверстиях кожуха расчетная скорость подсоса принимается не более 1 м/с.

Воздух в герметический кожух может поступать через самотечные трубы. При движении продукта в самотечной трубе движется

Таблица VI—5

Характеристика пылеприемников от аспирируемого оборудования складов хранения и обработки муки, зерна и солода

Технологическое оборудование		Место установки пылеприемника	Расчетные данные				
				скорость движения воздуха в пылеприемниках, м/с			
наименование	марка		размеры пылеприемника, мм	на примыкании к оборудованию	на примыкании к аспирационному воздуховоду	объем отсасываемого воздуха, м³/ч	потеря давления в оборудовании, Па
Хлебозаводы и макаронные фабрики							
Нории для муки	ТНЖ-10	Башмак (рис. VI—2, *а*)	*а*=300 *б*=200 *d*=125 *l*=320	1,7	8	360	60
	НЦГ-10	Головка (рис. VI—2, *б*)	*а*=300 *б*=125 *d*=200 *l*=320	1,7	8	360	60
	ТНЖ-2×10	Башмак (рис. VI—2, *а*)	*а*=300 *б*=200 *d*=125 *l*=320	1,7	8	2×360	60

	НЦГ-2×10	Головка (рис. VI—2, *б*)	*a*=300 *б*=200 *d*=125 *l*=320	1,7	8	2×360	60
Бурат-просеиватель	ЦМБ-3 ПБ-1,5 и т. п.	Кожух укрытия (рис. VI—2, *в*)	*a*=300 *б*=250 *d*=125 *l*=320	1,3	8	360	30
Просеивательно-дозировочный агрегат	—	Кожух укрытия (рис. VI—2, *е*)	*a*=300 *б*=200 *d*=125	1,7	8	360	30
Автомукомер-дозировщик вместимостью 200 и 500 л	—	То же	*a*=300 *б*=200 *d*=125 *l*=320	1,7	8	360	30
Автоматические весы для муки	ДМ-20*	Кожух весов (рис. VI—2, *д*, *з*)	*a*=300 *б*=200 *d*=125 *l*=320	1,7	8	360	30
	ДМ-100-3	То же	*a*=300 *б*=200 *d*=125 *l*=320	1,7	8	2×360	30
Надвесовой и подвесовой бункер	—	Кожух (рис. VI—2, *ж*)	*a*=300 *б*=200 *d*=125 *l*=320	1,7	8	360	30
Шнек распределительный	—	Кожух у места пересыпки (рис. VI—2, *и*, *к*)	*a*=350 *б*=200 *d*=125	1,4	8	360	60

Продолжение табл. VI—5

Технологическое оборудование		Место установки пылеприемника	Расчетные данные				
наименование	марка		размеры пылеприемника, мм	скорость движения воздуха в пылеприемниках, м/с: на примыкании к оборудованию	скорость движения воздуха в пылеприемниках, м/с: на примыкании к аспирационному воздуховоду	объем отсасываемого воздуха, м³/ч	потеря давления в оборудовании, Па
Пивоваренные, солодовенные и крахмало-паточные заводы							
Ленточный транспортер с лентой шириною до 500 мм	—	Приемная коробка (рис. VI—2, *м*)	*a*=250 *б*=300 *d*=140 *l*=300	2	10	560	100
		Сбрасывающая коробка (рис. VI—2, *н*)	*a*=250 *б*=300 *d*=140 *l*=300	2	10	560	100
То же, с лентой шириною 600 м	—	Приемная и сбрасывающая коробки	*a*=250 *б*=400 *d*=160 *l*=450	2	10	720	100
То же, с лентой шириною 700 мм	—	То же	*a*=250 *б*=550 *d*=180	2	11	1000	100

Нории для зерна	НЦП-100	Башмак (рис. VI—2, *а*)	*а*=250 *б*=550 *d*=180 *l*=720	2	11	1000	120
		Головка (рис. VI—2, *б*)	*а*=250 *б*=550 *d*=180 *l*=720	2	11	1000	120
	НЦТ-2×100	Башмак	*а*=250 *б*=550	2	11	2×1000	120
		Головка	*d*=180 *l*=720				
	НЦГ-10 НЦГ-15	Башмак	*а*=250 *б*=300	2	10	560	100
		Головка	*d*=140 *l*=300				
Автоматические весы для зерна	ДО-20	Кожух (рис. VI—2, *г*)	*а*=250 *б*=300 *d*=140 *l*=300	2	10	560*	100
	ДО-50	То же	*а*=250 *б*=400 *d*=160 *l*=450	2	10	720	100
	Д-100-3	Кожух (рис. VI—2, *з*)	*а*=250 *б*=400 *d*=160 *l*=450	2	10	2×720	100

Продолжение табл. VI—5

Технологическое оборудование		Место установки пылеприемника	Расчетные данные				
				скорость движения воздуха в пылеприемниках, м/с			
наименование	марка		размеры пылеприемника, мм	на примыкании к оборудованию	на примыкании к аспирационному воздуховоду	объем отсасываемого воздуха, м³/ч	потеря давления в оборудовании, Па
	ДН-500	Кожух (рис. VI—2, *з*)	*а*=250 *б*=550 *d*=180 *l*=720	2	10	920	100
Надсепараторные и подсепараторные силосы, надвесовые и подвесовые бункера любой вместимости при скорости загрузки до 45 т/ч	—	Верхняя крышка (рис. VI—2, *д*)	*а*=300 *б*=300 *d*=160 *l*=190	2,2	10	720	100
То же, до 100 т/ч		То же	*а*=350 *б*=350 *d*=180 *l*=280	2,3	10	1000	100

Сепараторы	МОП-5	Встроенный вентилятор (избыточное давление 700—1000 Па)	Выхлопной патрубок d=280	—	—	2600	—
	КДМ-100	Встроенные два вентилятора (избыточное давление 700—1000 Па)	2 патрубка d=450	—	—	2×7800	—
	ЗСМ-5	Встроенный вентилятор 1-й продувки (избыточное давление 700—1000 Па)	Выхлопное отверстие 240×240	—	—	1500	—
		То же, 2-й продувки	d=260 l=200	—	—	4500	—
			d=450 l=200	—	—		—
	ЗСМ-10	Встроенный вентилятор 1-й продувки (избыточное давление 700—1000 Па)	Выхлопное отверстие 240×240, d=260 l=200	—	—	1500	—
		То же, 2-й продувки	300×300 d=450 l=200	—	—	4500	—
	ЗМ-20	Вентиляторы, заводом не поставляемые	2 выхлопных отверстия с патрубками 300×300 d=480 l=200	—	—	2×5400	240

Продолжение табл. VI—5

Технологическое оборудование		Место установки пылеприемника	Расчетные данные				
				скорость движения воздуха в пылеприемниках, м/с			
наименование	марка		размеры пылеприемника, мм	на примыкании к оборудованию	на примыкании к аспирационному воздуховоду	объем отсасываемого воздуха, м³/ч	потеря давления в оборудовании, Па
	ЗСМ-50	Вентиляторы, заводом не поставляемые	Выхлопное отверстие с патрубком 520×900 d=560 l=650	—	—	10 800	240
	ЗСМ-100	То же	2 выхлопных отверстия с патрубками 520×900 d=560 l=650	—	—	2× ×10 800	240
Сбрасывающая тележка на транспортере для загрузки силосов		Кожух тележки	400×1000	0,8	10	1200	20

Бункера для молотого ячменя и солода, промежуточный бункер над автоматическими весами		Верхняя крышка (рис. VI—2, *д*)	*a*=300 *б*=300 *d*=160 *l*=190	2,2	10	720	100
Триер-сортировка цилиндрический		Кожух (рис. VI—2, *о*)	*a*=250 *б*=400 *d*=180 *l*=300	2	10	920	120
Отбоечная машина	ЗНМ-5	Кожух по месту	*a*=500 *б*=400 *d*=225 *l*=510	2	12,5	1800	200
Солододробилка	СД-350 БДА-1-М	Кожух по месту	*a*=250 *б*=400 *d*=160 *l*=450	2	10	720	200
Вальцовый станок	ЗМ	Кожух под нижней частью станка	*a*=300 *б*=220 *d*=140 *l*=190	2,5	10	600	200
Полировочная и росткоотбойная машины		Встроенный вентилятор (избыточное давление 700—1000 Па)	—	—	—	700	—

Продолжение табл. VI—5

Технологическое оборудование		Место установки пылеприемника	Расчетные данные				
				скорость движения воздуха в пылеприемниках, м/с			
наименование	марка		размеры пылеприемника, мм	на примыкании к оборудованию	на примыкании к аспирационному воздуховоду	объем отсасываемого воздуха, м³/ч	потеря давления в оборудовании, Па
Очистительный сортировочный агрегат	ОСА	Непосредственно от кожуха машины (место подключения аспирации предусмотрено в конструкции машины)	d=175 (по данным завода-изготовителя)	—	—	1200	—

Примечания: 1. Таблица составлена по материалам: «Указания по проектированию обеспыливающих установок на элеваторах, зерноскладах и сушильно-очистительных башнях», утвержденные Министерством заготовок СССР в сентябре 1971 г., «Указания по проектированию аспирации мельниц, комбикормовых и кукурузообрабатывающих заводов ЦНИИпромзернопроекта», 1971 г.— и паспортам оборудования.

2. Сепараторы должны быть полностью окожушены и герметизированы, чтобы обеспечить эффективное пылеудаление.

3. На основании экспериментальных данных минимальные диаметры воздуховодов приняты:
для муки d=125 мм,
для зерна d=140 мм.

4. Пылеприемники и укрытия оборудования, не приведенного в таблице, принимать по материалам, перечень которых приведен в примечании 1 с учетом указаний примечания 3 настоящей таблицы.

* По паспорту завода-изготовителя количество отсасываемого воздуха 20—30 м³/ч не обеспечивает.

и увлекаемый продуктом воздух. Скорость движения воздуха в этом случае может быть значительной, и его объем q_2 (в кг/ч) определяется по формуле

$$q_2 = 3600 f_2 v_2, \qquad \text{(VI—2)}$$

где f_2 — площадь свободного сечения самотечной трубы, не занятого продуктом, м²;

v_2 — скорость движения воздуха в самотечной трубе, м/с.

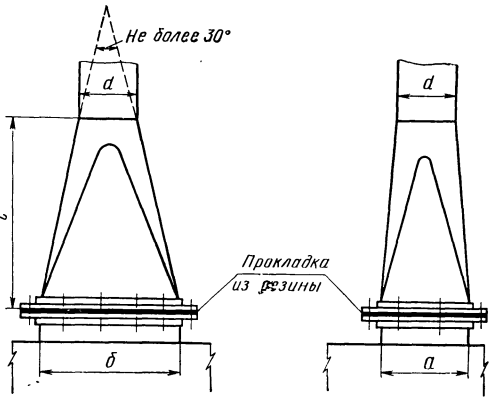


Рис. VI—1. Пылеприемник для присоединения герметического укрытия к аспирационной сети:

а — ширина; *б* — длина; *l* — высота; *d* — диаметр воздуховода.

Продукт, поступающий под герметический кожух силоса, бункера и т. п., накапливаясь, будет вытеснять воздух из него.

В этом случае объем вытесняемого воздуха (в м³/ч) составит

$$q_3 = \frac{G}{\gamma_G}, \qquad \text{(VI—3)}$$

где G — масса продукта, поступающего под кожух, кг/ч;

γ_G — плотность продукта, кг/м³.

Примечание. В случае подачи продукта в силосы и бункера системой пневмотранспорта (аэрозольтранспорта) следует учитывать и объем поступающего воздуха.

Следовательно, объем воздуха, подлежащего удалению для обеспыливания,

$$L = q_1 + q_2 + q_3. \qquad \text{(VI—4)}$$

Чем меньше расход удаляемого для обеспыливания воздуха, тем ниже стоимость и дешевле эксплуатация установки. Следовательно, необходимо конструктивными мерами уменьшать площадь неплотностей в герметическом кожухе, сокращать поступление воздуха в кожух вместе с продуктом и уменьшать вытеснение воздуха продуктом из силосов, бункеров и т. п.

Присоединение герметического кожуха к воздухопроводящей сети системы аспирации осуществляется при помощи пылеприемника, схема которого показана на рис. VI—1.

Пылеприемник, как правило, имеет переменное сечение, наибольшее в месте присоединения к герметическому кожуху. Обычно он укрепляется на кожухе при помощи фланцев из угловой стали и устанавливается в вертикальном положении, чтобы предотвратить оседание пыли на его стенках и в той части кожуха, где траектория движения массы перерабатываемого продукта не пересекает плоскости входного отверстия его.

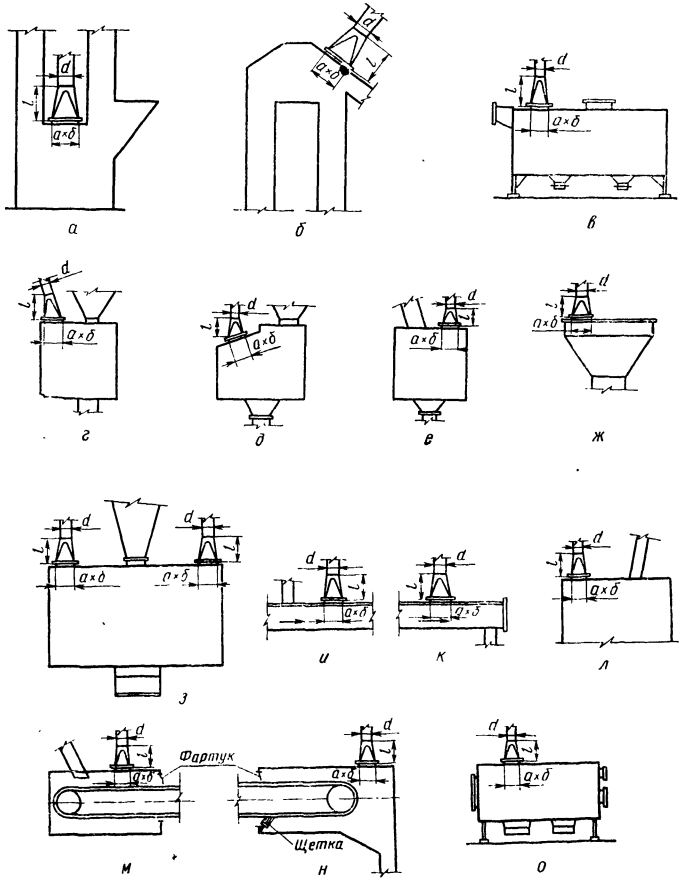


Рис. VI—2. Схемы размещения местных отсосов от оборудования:

а — башмак нории; *б* — головка нории; *в* — бурат; *г* — автоматические весы ДМ-2, ДМ-50; *д* — автоматические весы ДМ-500; *е* — автомукомер-просеиватель и дозировочный агрегат; *ж* — подвесовой и надвесовой бункер; *з* — автоматические весы ДМ-100-3; *и* — шнек на участке загрузки; *к* — шнек на участке выгрузки; *л* — силосы (бункера); *м* — приемная коробка ленточного транспортера; *н* — сбрасывающая коробка ленточного транспортера; *о* — триер-сортировка.

Скорость движения воздуха при входе в пылеприемник принимается такой, чтобы во всех случаях был не возможен захват материала воздухом, а именно: для зерновой пыли 2—2,5 м/с; для мучной и крахмальной пыли 1,5—2 м/с.

Угол раскрытия пылеприемника не должен быть более 30°. В табл. VI—5 приводятся данные для местных отсосов от оборудования по обработке и хранению муки, зерна и солода, необходимые для расчета аспирационных систем.

На рис. VI—2 показаны схемы размещения пылеприемников.

Некоторые виды оборудования, например, сепараторы, полировочные и росткоотбивочные машины, поставляются заводами-изготовителями вместе со встроенными аспирационными установками (фильтрами), количество отсасываемого воздуха в которых определяется главным образом технологическими требованиями. Такое оборудование не включают в общую аспирационную систему.

Системы аспирации

Основные положения

Аспирационные системы необходимо компоновать раздельно для каждой технологической цепочки с минимальной протяженностью воздуховодов.

Это условие относится к аспирационным установкам рабочих башен силосных складов и отделений подработки ячменя и солода пивоваренных и солодовенных заводов. Пуск и остановка каждой аспирационной системы должны быть сблокированы с пуском и остановкой технологического оборудования.

Воздуховоды систем аспирации рекомендуется прокладывать вертикально или под углом 45—60° к горизонту (не меньше угла естественного откоса осевшей пыли). Допускается устанавливать воздуховоды под меньшими углами и горизонтальной протяженностью их не более 15 м при условии поддержания на этих участках скорости движения воздуха не менее 10—12 м/с.

Установки следует компоновать, соблюдая определенные требования, а именно:

каждая установка, как правило, должна объединять не более 5—6 отсосов;

во всех случаях, если это возможно по местным условиям, применять сборные коллекторы (рис. VI—3, *в*), так как они позволяют присоединить к ним любое количество местных отсосов.

В случае необходимости допускается применять параллельные сборные ветви, присоединяемые к общему сборному воздуховоду, при этом на каждой ветви должно быть не более 3—4 отсосов (рис. VI—3, *а* и *б*).

Воздуховоды, примыкающие непосредственно к укрытиям и кожухам оборудования, должны, как правило, проектироваться вертикальными или наклонными, при этом угол наклона воздуховода к горизонту следует принимать на 10° больше угла естественного откоса материала, увлекаемого в отсос.

По длине горизонтальных воздуховодов рекомендуется устраивать в верхних его стенках прочистные герметические лючки на расстоянии друг от друга не более 10 м. Прочистные герметические

лючки необходимо устанавливать также в непосредственной близости у отводов и тройников для прочистки при засорах.

Производительность аспирационных установок выбирают в зависимости от объема отсасываемого воздуха с учетом одновременности работы всех присоединяемых к данной установке отсосов.

Отключать местные отсосы, кроме резервного, от неработающего оборудования, не разрешается.

Надбавки на подсос воздуха в аспирационных системах следует принимать:

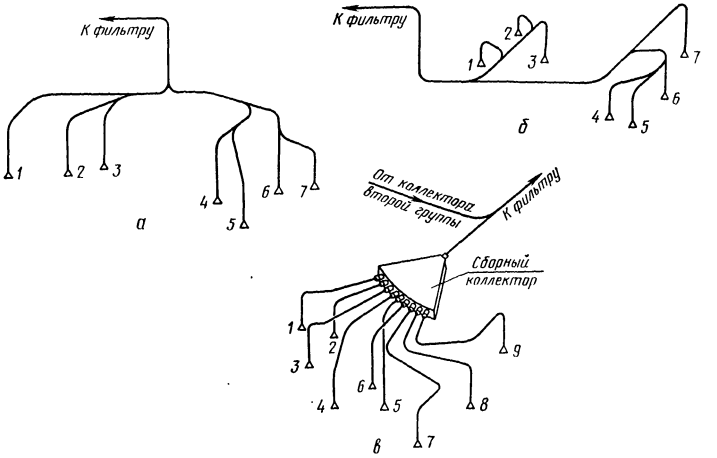


Рис. VI—3. Рекомендуемые схемы компоновки аспирационных систем:

а — фильтр в центре системы; *б* — фильтр по одну сторону системы; *в* — сборный коллектор.

через укрытие неработающего оборудования в размере 30% от расчетного объема воздуха, подлежащего удалению при работе оборудования;

через неплотности в воздуховодах в размере 10% от расчетной производительности всей установки;

в пылеулавливающих устройствах в зависимости от их конструкции.

В качестве побудителей тяги для аспирационных установок используют центробежные вентиляторы, размещая их после пылеуловителей.

Расчетные наименьшие скорости движения воздуха (в м/с) в воздуховодах аспирационных систем

Для зерновой пыли	
на вертикальных участках	**10**
на горизонтальных участках	**12**
Для мучной и табачной пыли	
на вертикальных участках	**8**
на горизонтальных участках	**10**

Конструктивные требования

Воздуховоды аспирационных систем, как правило, выполняются круглого сечения. Магистральные воздуховоды в основном применяют следующих типов: цилиндрический, плавный конический и с перепадами поперечных сечений.

Плавный конический воздуховод обычно используют для аспирационных систем большой протяженности, когда расход воздуха от отдельных машин, включенных в систему, составляет небольшую величину. При этих условиях сечения воздуховода между двумя смежными ответвлениями мало изменяются, что позволяет осуществить

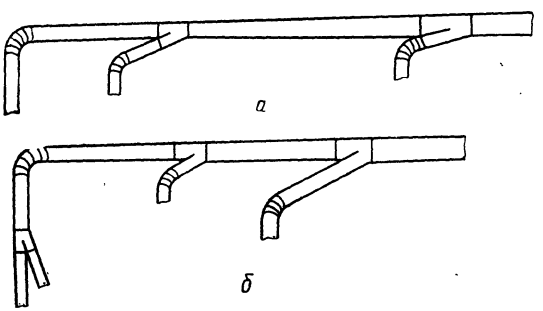


Рис. VI—4. Схемы магистральных воздуховодов:
а — постепенно расширяющегося; *б* — с резко меняющимися сечениями на ответвлениях.

плавный переход от одного участка к другому. Магистраль такого воздуховода представляет собой постепенно расширяющийся трубопровод (рис. VI—4, *а*).

При относительно большем количестве отсасываемого воздуха от отдельных машин и мест обеспыливания и при неравномерном распределении ответвлений по длине магистрали смежные сечения воздуховодов резко изменяются: переход трубы в этом случае от одного сечения к другому обычно осуществляется через диффузор или тройник для присоединения ответвления к магистрали (рис. VI—4, *б*).

В магистральных воздуховодах и ответвлениях к прямым воздуховодам присоединяются различные фасонные части, изменяющие направление движения воздушного потока, соединяющие два потока, изменяющие скорость воздушного потока и присоединяющие воздуховоды к машине или оборудованию.

Для изменения направления воздушного потока служат отводы. Отводы обычно имеют круглое сечение и определяются следующими величинами: диаметром d_0, центральным углом отвода α (угол, лежащий между крайними радиусами, ограничивающими отвод) и радиусом закругления R.

Соединение двух или трех воздушных потоков в один производится при помощи двойных вводов-тройников или тройных вводов-крестовин. Двойные вводы бывают симметричные и несимметричные. У несимметричного двойного ввода плоскость сборного сечения параллельна плоскости одного из подводящих воздуховодов.

Присоединение воздуховодов ответвлений к магистральным следует выполнять под углом 30—45° только сбоку или сверху, не допуская присоединения снизу.

Нельзя устанавливать задвижки, шиберы и дроссель клапанов на воздуховодах систем аспирации.

Воздуховоды аспирации прокладываются под перекрытием, по стенам и колоннам. При этом следят, чтобы они не мешали обслуживанию оборудования и свободному перемещению персонала по цеху.

Воздуховоды подвешивают к перекрытию, балкам и фермам на специальных подвесках и хомутах, а вдоль стен и по колоннам они крепятся на консолях или кронштейнах. В зависимости от местных условий, а также от диаметра воздуховода подвески размещаются на расстоянии от 2 до 5 м друг от друга.

Компоновку и расчет систем аспирации проводят в такой последовательности.

1. На планах, где нанесено технологическое оборудование, намечают размещение местных отсосов от машин и оборудования и составляют таблицу расхода воздуха по всем позициям местных отсосов.

2. По технологической схеме работы оборудования и по разрезам намечают количество аспирационных систем, их схемы по числу обслуживаемого оборудования и точек отсоса.

Примечание. Рекомендуется объединять в одну систему отсосы от оборудования, размещаемого на одном этаже, и только в особых случаях — на разных этажах.

3. На планах и разрезах наносят трассы воздуховодов каждой аспирационной системы, учитывая требования технологии: одновременность работы оборудования, возможность обслуживания оборудования, возможность пересечения с самотечными трубами и т. п., требования техники безопасности: проходы между оборудованием и воздуховодами, проходы под воздуховодами и т. п., конструктивные особенности здания: возможность размещения отверстий в покрытиях и перекрытиях для прохода воздуховодов.

4. Вычерчивают схемы воздуховодов каждой системы, нумеруют расчетные участки, наносят длины участков, расход воздуха по участкам и после расчета проставляют диаметр воздуховодов.

5. Производят аэродинамический расчет систем с увязкой давления в узлах ответвления.

6. Вычерчивают воздуховоды на планах и разрезах.

7. Выбирают оборудование: циклоны, фильтры и вентиляторы.

8. Разрабатывают установочные чертежи вентиляционных и очистных устройств.

Примечание: Размещая очистные устройства — циклоны, фильтры, — следует учитывать возможность непрерывного удаления пыли из этих устройств с выносом ее за пределы здания (см. главу VII «Охрана атмосферного воздуха»).

Аэродинамический расчет систем аспирации

Движение воздуха по трубопроводам

Равномерное движение элементарной воздушной струйки или воздушного потока подчиняется уравнению Д. Бернули, имеющему вид

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2}\gamma = p_2 + \frac{v_2^2}{2}\gamma, \qquad \text{(VI—5)}$$

где p_1 и p_2 — абсолютное давление в рассматриваемом сечении Па;
v_1 и v_2 — скорость движения частиц жидкости в тех же сечениях струйки, м/с;
γ — плотность воздуха, кг/м^3.

Выражение (VI—5) справедливо в том случае, когда воздух движется по каналу, не встречая сопротивлений. В действительных условиях часть механической энергии будет израсходована на преодоление сопротивлений. Исходя из этого, уравнение Д. Бернули для реальных условий примет вид:

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2}\gamma = p_2 + \frac{v_2^2}{2}\gamma + \Delta p, \qquad \text{(VI—6)}$$

где Δp — потери давления по пути движения воздуха, Па.

Потерянная часть механической энергии на преодоление сопротивлений переходит в тепловую энергию, нагревая при этом воздух и стенки канала.

Физический смысл уравнения Д. Бернули (VI—6) в применении к газам состоит в том, что сумма потенциальной и кинетической энергии потока для любого сечения есть величина постоянная.

По закону сохранения энергии движущегося газа, выраженному в уравнении Д. Бернули, суммарная энергия движущегося газа, не встречающего сопротивлений, должна оставаться постоянной по всей длине канала. В узких местах канала, где скорость больше, динамическое давление (потенциальная энергия) увеличивается, а статическое давление (кинетическая энергия) падает. Другими словами, происходит непрерывное превращение динамического давления в статическое, и наоборот. Оно сопровождается потерей полного давления по длине воздуховода.

Статическое давление (p_c) — давление воздуха — действует нормально на любую площадку, а также на стенки канала; при этом на площадку, параллельную потоку, действует только статическое давление, а на площадку, перпендикулярную потоку, действует как статическое, так и динамическое (скоростное) давление.

Статическое давление понимается как избыточное давление над атмосферным, поэтому оно может быть как положительным, так и отрицательным. При положительном давлении воздух будет выходить из канала, а при отрицательном — входить или всасываться в канал под действием разности барометрического давления и давления в канале.

Динамическое давление ($p_д$) — это давление, которое необходимо для того, чтобы воздух двигался с заданной скоростью v, (в м/с)

$$p_д = \frac{v^2}{2}\gamma, \qquad \text{(VI—7)}$$

откуда $v = \sqrt{\frac{2p_д}{\gamma}}$.

Для стандартного воздуха ($t=20°$ С, $\varphi=50\%$) $\gamma=1{,}2$ кг/м^3, следовательно

$$v=\sqrt{\frac{2p_д}{1{,}2}}=1{,}29\sqrt{p_д}. \qquad \text{(VI—8)}$$

Этим соотношением обычно пользуются для определения скорости движения воздуха по измеренному динамическому давлению.

Динамическое давление всегда положительно. Полное давление $p(p=p_с+p_д)$, как и статическое, может быть положительным и отрицательным.

Потери давления в трубопроводах

Давление потока жидкости или газа в трубопроводе расходуется на преодоление трения и местных сопротивлений. Вследствие трения движущихся частиц о стенки трубопроводов возникают силы внешнего трения. Под местными сопротивлениями понимаются различного рода препятствия, которые встречает поток на своем пути: повороты, ответвления, слияние потоков, внезапное изменение сечения и т. п.

Потери давления на преодоление местных сопротивлений (в Па) при чистом воздухе вычисляют по формуле

$$\Delta p_м=\Sigma\zeta\frac{v^2}{2}\gamma, \qquad \text{(VI—9)}$$

где ζ — коэффициент местного сопротивления, показывает отношение потери давления в данном местном сопротивлении к динамическому давлению в выбранном сечении.

Коэффициенты местных сопротивлений в большинстве случаев определяются опытным путем.

Значения коэффициентов местных сопротивлений, встречающихся в системах аспирации, приведены ниже.

Отводы круглого сечения. В системах аспирации применяются отводы круглого сечения радиусом, равным $1d_0$, $1{,}5d_0$, $2d_0$, $2{,}5d_0$, $3d_0$ и $4d_0$. Угол поворота отвода α следует принимать не более 90° (рис. VI—5).

Значения ζ при $\alpha\leqslant 90$

R/d_0	ζ	R/d_0	ζ
1	0,21	3,0	0,12
1,5	0,17	4,0	0,108
2,0	0,15	5,0	0,097
2,5	0,135	6,0	0,085

Если угол поворота отвода меньше 90°, к приведенным выше значениям ζ следует вводить поправочные коэффициенты a (при $\alpha=70°$ $a=0{,}9$, при $\alpha=60°$ $a=0{,}85$).

Плавный изгиб (рис. VI—6). Принимается ζ, как $\Sigma\zeta$ для трех отводов.

Тройники и крестовины (рис. VI—7, VI—8, VI—9). Значения $\zeta_п$ прохода и $\zeta_о$ ответвления для вытяжных тройников

приводятся в табл. VI—5 и VI—6 в зависимости от угла разворота тройника α, площади поперечного сечения прохода и ствола $F_п$ и $F_с$ и ответвления $F_о$, а также расхода воздуха $L_с$ и $L_о$. Площади $F_п$, $F_с$ и $F_о$ вычисляются в м², величины расхода $L_с$ и $L_о$ — в м³/ч.

Сопротивления тройников в табл. VI—6 и VI—7 даны с учетом полуотвода.

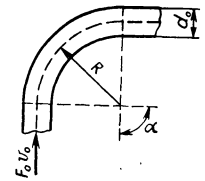


Рис. VI—5. Отвод круглого сечения.

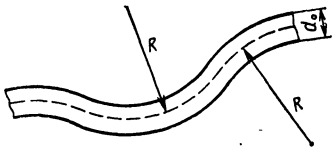


Рис. VI—6. Плавный изгиб.

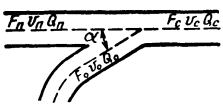


Рис. VI—7. Вытяжной тройник.

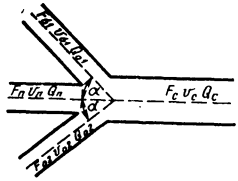


Рис. VI—8. Крестовина.

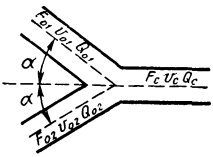


Рис. VI—9. Вытяжной штангообразный тройник.

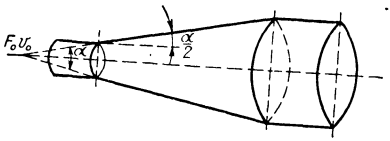


Рис. VI—10. Конический диффузор в сети.

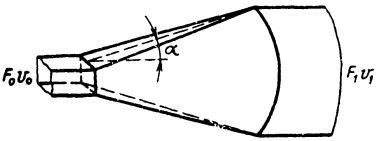


Рис. VI—11. Диффузор переходный с прямоугольника на круг.

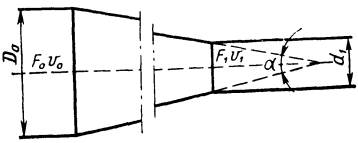


Рис. VI—12. Насадок (сопло) плавно суживающийся.

Таблица VI—6

Значение коэффициента $\zeta_п$ вытяжных тройников и крестовин

$\frac{F_п}{F_с}$	$\frac{F_о}{F_с}$	Величина $\zeta_п$ при $\alpha = 30°$						Величина $\zeta_п$ при $\alpha = 45°$					
		$L_о/L_с$						$L_о/L_с$					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,3	—1,3	—	—	—	—	—	—
	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,1	—0,9	—	—	—	—	—	—
	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0	—0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4
	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,1	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,1	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
0,6	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,1	—0,1	—3,0	0,2	0,2	0,1	—0,1	—1,0	—3,0
	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	—0,6	—2,1	0,2	0,2	0,2	0,2	—0,1	—1,0
	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,2	—1,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	—0,2
	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,1	—0,8	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,0
	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,1
	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	—0,1	—	—	—	—	—	—
	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—

0,7	0,2	0,2	0,2	0,0	−0,4	−1,5	−4,0	0,2	0,2	0,1	−0,2	−1,3	−4
	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	−0,6	−2,5	0,2	0,2	0,2	0,2	−0,1	−1,4
	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,3	−1,9	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	−0,5
	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,2	−1,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	−0,1
	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	0,1
0,8	0,2	0,2	0,2	0,0	−0,5	−2,0	−5,6	0,2	0,2	0,1	−0,4	1,6	−5,3
	0,3	0,2	0,2	0,1	−0,1	−1,1	−3,4	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,3	−1,8
	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	−0,7	−2,8	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	−0,8
	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,3	−1,8	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	−0,5
	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	−0,4
0,9	0,2	0,2	0,2	0,0	−0,6	−2,8	−8,3	0,2	0,2	0,0	−0,6	−2,4	−7,6
	0,3	0,2	0,2	0,1	−0,2	−1,6	−5,3	0,2	0,2	0,2	0,0	−0,7	−2,8
	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	−1,0	−3,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,0	−1,0
	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,3	−2,0	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	−0,5
	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	−0,5
1,0	0,2	0,2	0,0	−0,4	−1,8	−5,2	−13	0,2	0,1	−0,1	−0,8	−3,6	−10,0
	0,3	0,2	0,2	0,0	−0,8	−3,2	−8,4	0,2	0,2	0,1	−0,1	−1,2	−4,4
	0,4	0,2	0,2	0,1	−0,2	−1,6	−5,0	0,2	0,3	0,3	0,2	0,0	−1,2
	0,5	0,2	0,2	0,2	0,0	−0,5	−2,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	−0,5
	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	−0,5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	−0,5

Таблица VI—7

Значение коэффициента ζ_o вытяжных тройников и крестовин

$\frac{F_п}{F_c}$	$\frac{F_o}{F_c}$	Величина ζ_o при $\alpha = 30°$						Величина ζ_o при $\alpha = 45°$					
		L_o/L_c						L_o/L_c					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,5	0,3	—11,7	—1,0	0,6	0,8	1,0	1,0	—10	—0,8	0,1	0,3	0,4	0,5
	0,4	—22,4	—2,4	0,5	0,8	0,9	0,9	—20	—2,8	0,0	0,3	0,4	0,5
	0,5	—38	—6,3	—1,2	0,2	0,5	0,7	—45	—7,2	—1,5	0,0	0,4	0,5
	0,6	—52	—9	—2,5	—0,6	0,0	0,2	—76	—13	—3,4	—0,8	0,1	0,4
	0,7	—70	—12	—3,0	—0,8	0,0	0,2	—106	—18	—4,9	—1,2	0,0	0,3
	0,8	—77	—15	—4,0	—0,8	0,0	0,2	—135	—22	—5,4	—1,5	0,0	0,3
0,6	0,2	—4,2	—0,2	0,6	0,9	1,0	1,0	—3,6	0,3	0,8	1,0	1,0	1,0
	0,3	—10,4	—0,8	0,6	0,9	1,0	1,0	—9	—0,8	0,1	0,3	0,4	0,5
	0,4	—18	—1,8	0,4	0,8	0,9	0,9	—17	—2,0	0,0	0,3	0,4	0,5
	0,5	—30	—6,0	—0,1	0,5	0,7	0,7	—30	—5,0	—0,8	0,2	0,4	0,5
	0,6	—45	—8,1	—2,3	—0,6	0,0	0,2	—50	—8,1	—2,0	—0,3	0,2	0,5
	0,7	—	—	—	—	—	—	—70	—12	—2,7	—0,5	0,2	0,5
	0,8	—	—	—	—	—	—	—93	—14	—3,2	—0,6	0,2	0,5

0,7	0,2	—3,8	—0,1	0,7	0,9	1,0	1,0	—2,8	0,4	0,8	1,0	1,0	1,0
	0,3	—9	—0,6	0,7	0,9	1,0	1,0	—7,7	—0,8	0,1	0,3	0,4	0,5
	0,4	—16	—1,2	0,6	0,8	0,9	0,9	—14	—2,0	0,0	0,3	0,4	0,5
	0,5	—25	—4,7	0,0	0,6	0,7	0,7	—25	—3,8	—0,6	0,2	0,4	0,5
	0,6	—40	—7,2	—2,0	—0,6	0,0	0,2	—	—	—	—	—	—
0,8	0,2	—3,2	0,1	0,7	0,9	1,0	1,0	—2,2	0,4	0,8	1,0	1,0	1,0
	0,3	—8	—0,4	0,7	0,9	1,0	1,0	—6,3	—0,8	0,1	0,4	0,5	0,5
	0,4	—14	—0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	—12	—1,6	0,0	0,4	0,5	0,5
	0,5	—23	—3,5	0,1	0,6	0,7	0,7	—19	—2,5	—0,1	0,4	0,5	0,5
	0,6	—36	—6,8	—1,8	—0,4	0,0	0,2	—	—	—	—	—	—
0,9	0,2	—2,5	0,2	0,8	1,0	1,0	1,0	—1,6	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0
	0,3	—6,3	—0,1	0,8	1,0	1,0	1,0	—5,0	—0,5	0,3	0,5	0,6	0,7
	0,4	—12	—0,1	0,7	0,8	0,9	0,9	—10	—1,2	0,1	0,4	0,5	0,5
	0,5	—19	—2,5	0,2	0,6	0,7	0,7	—15	—1,9	0,1	0,4	0,5	0,5
	0,6	—33	—5,9	—1,4	—0,2	0,1	0,2	—	—	—	—	—	—
1,0	0,2	—2,0	0,3	0,9	1,0	1,0	1,0	—1,2	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0
	0,3	—5,4	0,2	0,9	1,0	1,0	1,0	—3,5	—0,1	0,5	0,7	0,8	0,9
	0,4	—10	—0,4	0,7	0,9	0,9	0,9	—8	—0,6	0,4	0,6	0,7	0,7
	0,5	—15	—1,4	0,3	0,6	0,7	0,7	—13	—1,9	0,0	0,4	0,4	0,5
	0,6	—30	—5,0	—1,1	—0,1	0,1	0,3	—	—	—	—	—	—

Таблица VI—8

Значение коэффициента сопротивления ζ конического диффузора *

$\frac{F_0}{F_1}$	Величина ζ при угле разворота α, °							
	10	12	14	16	20	24	30	40
0,20	0,12	0,14	0,17	0,19	0,25	0,32	0,43	0,61
0,25	0,10	0,12	0,15	0,17	0,22	0,28	0,37	0,49
0,30	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,25	0,33	0,42
0,40	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,19	0,25	0,35
0,50	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14	0,18	0,25
0,60	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,17

* Относится к скорости в меньшем сечении v_0.

Коэффициенты сопротивления для тройников и крестовин, показанные на рис. VI—8 и VI—9, принимают равными коэффициентам для боковых ответвлений (по табл. VI—7).

Конический диффузор (рис. VI—10). Коэффициенты сопротивления конического диффузора определяются по табл. VI—8 в зависимости от отношения площадей входа и выхода $\frac{F_0}{F_1}$ и угла наклона α.

Диффузор переходный с прямоугольника на круг (рис. VI—11). Коэффициент сопротивления диффузора ζ определяется по табл. VI—9 в зависимости от площади F_0, F_1 и угла наклона α.

Таблица VI—9

Значение коэффициента сопротивления ζ диффузора переходного с прямоугольника на круг *

$\frac{F_0}{F_1}$	Величина ζ при угле разворота диффузора α, °							
	10	12	14	16	20	24	30	40
0,20	0,12	0,15	0,18	0,22	0,29	0,38	0,57	0,67
0,25	0,11	0,13	0,16	0,19	0,25	0,33	0,50	0,59
0,30	0,09	0,11	0,14	0,17	0,22	0,29	0,44	0,51
0,40	0,07	0,08	0,10	0,12	0,16	0,21	0,32	0,38
0,50	0,05	0,06	0,07	0,08	0,11	0,15	0,22	0,26
0,60	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,14	0,17

* Относится к скорости в меньшем сечении v_0.

Насадок (сопло), плавно сужи-вающийся (рис. VI—12).

$$\zeta = 1 - \frac{F_1}{F_0}. \qquad \text{(VI—10)}$$

Постепенное центральное расширение

$$\zeta = \left(\frac{F_1}{F_0} - 1\right)^2 \sin\alpha \qquad \text{(VI—11)}$$

по отношению к скорости в большем сечении F_1.

Постепенное центральное сжатие. Коэффициент $\zeta = 0{,}1$ по отношению к скорости в меньшем сечении.

Горизонтальный сборник (коллектор) для систем аспирации (рис. VI—13). На входе $\zeta_0 = 0{,}8$, на выходе $\zeta_1 = 0{,}5$.

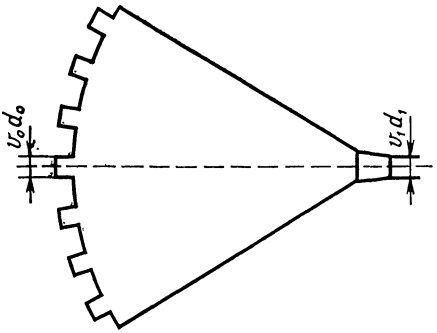


Рис. VI—13. Горизонтальный сборник (коллектор) для системы аспирации.

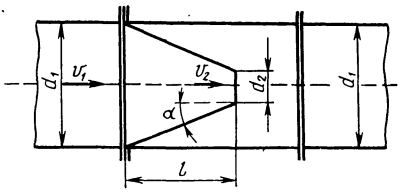


Рис. VI—14. Схема диафрагмы.

Диафрагмы (рис. VI—14) представляют собой местное сужение воздуховода, устанавливаемое в качестве дополнительного сопротивления при регулировании потерь давлений в трубопроводах. Подбор диафрагм рекомендуется производить по табл. VI—10.

Диаметр диафрагмы (в мм) $d_2 = d_1 \sqrt{\frac{v_1}{v_2}}$ (см. рис. VI—14).

Длина конуса (в мм) $l = \frac{d_1 - d_2}{2\,tg\,\alpha}$.

Пример 1. Требуется погасить избыточное давление $\Delta p = 68$ Па при скорости в ответвлении $v_1 = 12$ м/с и диаметре $d_1 = 170$ мм.

В колонке с $v = 12$ м/с выбираем число, близкое к 68, и принимаем диафрагму с углом $\alpha = 30°$, $tg\,\alpha = 0{,}577$;

$$\frac{v_1}{v_2} = 0{,}65; \quad \Delta p = 60 \text{ Па};$$

$$d_2 = 170\sqrt{0{,}65} = 137 \text{ мм}; \quad l = \frac{170 - 137}{2 \cdot 0{,}577} \approx 29 \text{ мм}.$$

Расчетные данные для подбора диафрагм

$\frac{v_1}{v_2}$	ζ^*	Потери давления Δp (в Па) в ответвлении от магистрали при скорости v_1, м/с									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\alpha=20°$, tg $\alpha=0{,}364$											
0,40	2,25	167	197	229	270	310	352	398	447	500	552
0,45	1,73	128	153	176	208	238	271	306	344	383	425
0,50	1,22	91	107	124	146	168	191	216	242	270	300
0,55	0,98	73	86	100	118	135	154	173	194	217	240
0,60	0,75	56	66	76	90	103	117	132	149	166	184
0,65	0,55	41	48	56	66	76	86	97	109	122	135
0,70	0,342	25	30	35	41	47	54	60	68	76	84
0,75	0,145	11	13	15	17	20	23	26	29	32	35
$\alpha=25°$, tg $\alpha=0{,}466$											
0,40	2,59	192	228	264	310	350	400	458	515	574	835
0,45	2,00	148	176	204	240	276	314	353	397	443	490
0,50	1,40	104	123	142	168	193	220	248	278	310	343
0,55	1,15	85	100	117	138	158	180	203	228	254	282
0,60	0,89	66	78	90	107	123	140	157	177	197	218
0,65	0,63	47	56	64	76	87	99	111	125	139	154
0,70	0,37	27	33	38	44	51	58	65	73	82	91
0,75	0,27	26	24	27	32	37	42	48	54	60	66
0,80	0,172	13	15	17	21	24	27	30	34	38	42
$\alpha=30°$, tg $\alpha=0{,}577$											
0,40	2,89	214	254	294	347	398	452	510	574	640	708
0,45	2,25	167	198	229	270	310	352	392	447	498	552
0,50	1,60	119	141	163	192	220	250	282	318	354	392
0,55	1,27	94	112	129	152	175	199	224	252	280	311
0,60	0,94	70	83	96	113	129	147	166	186	208	230
0,65	0,68	51	60	69	82	91	106	120	135	150	166
0,70	0,427	32	37	43	51	59	67	75	85	94	104
0,75	0,31	23	27	31	37	43	49	55	62	69	76
0,80	0,195	14	17	20	23	27	31	34	39	43	48
$\alpha=35°$ tg $\alpha=0{,}700$											
0,40	3,14	232	276	320	377	432	492	555	623	695	770
0,45	2,42	180	213	246	290	333	380	428	480	535	592
0,50	1,70	126	149	173	204	234	266	300	338	376	417
0,55	1,35	100	119	137	162	186	212	238	268	300	330
0,60	1,01	75	88	103	121	139	158	178	200	224	248
0,65	0,745	55	65	76	90	102	117	132	148	165	182
0,70	0,478	35	42	49	57	66	75	84	95	106	117
0,75	0,34	25	30	35	41	47	53	60	67	75	83
0,80	0,203	15	18	21	24	28	32	36	40	45	50

* Отнесено к скорости v_1.

Расчет трубопроводов

Расчет трубопроводов сводится к определению размеров их поперечного сечения на различных участках, подсчету потерь давления в сети на преодоление сопротивлений, выравниванию потерь давления ответвлений в узлах системы.

Выравнивание потерь давления в узлах системы осуществляется за счет изменения диаметров воздуховодов и тем самым увеличения или уменьшения сопротивления ответвления;

увеличения расхода воздуха в ответвлении, установки диафрагм, а также установки горизонтального коллектора (см. рис. VI—13) при условии, что сопротивление ветвей, подходящих к коллектору, будет отличаться друг от друга не более чем на 10%.

Площадь сечения воздуховода (в м²) прямо пропорциональна расходу воздуха и обратно пропорциональна скорости его движения

$$F = \frac{L}{3600v}, \qquad \text{(VI—12)}$$

где L — расход воздуха, м³/ч;
v — скорость движения воздуха, м/с.

Рассчитывать системы аспирации рекомендуется по методу скоростных давлений, где потери на трение (путевые потери) условно заменяются равновеликими им потерями в виде местных сопротивлений, т. е.

$$\frac{\lambda}{d} l = \zeta_{зам}, \qquad \text{(VI—13)}$$

где λ — коэффициент трения, безразмерная величина,
d — диаметр трубопровода, м;
l — длина трубопровода, м.

Основная формула для расчета воздуховодов

$$\Delta p_n = (\Sigma\zeta + \zeta_{зам}) \frac{v^2}{2} \gamma + \Delta p, \qquad \text{(VI— 14)}$$

$$\text{или} \quad \Delta p_n = (\Sigma\zeta + \zeta_{зам})\, p_д + \Delta p,$$

где $\Delta p_п$ — потери давления в рассматриваемом участке, Па;
$\zeta_{зам}$ — потери давления по длине трубопровода, Па;
$\Sigma\zeta$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений;
Δp — сопротивление оборудования в месте присоединения пылеприемника, Па;
v — скорость движения воздуха, м/с;
γ — плотность воздуха, кг/м³.

Значения $\frac{\lambda}{d}$ принимают по табл. VI—11 в зависимости от диаметра трубопровода и скорости движения воздуха.

Значения ζ для местных сопротивлений определяются по данным, изложенным ранее, а значения Δp по табл. VI—5.

Для облегчения расчетов приводятся табл. VI—12 и VI—13.

Пример 2. Рассчитать систему аспирации оборудования рабочей башни склада ячменя, схема которой представлена на рис. VI—15. Перечень оборудования и расчетные данные приводятся в табл. VI—14.

Таблица VI—11

Потери на трение в воздуховодах $\frac{\lambda}{d}$ *на 1 м длины*

Диаметр воздуховода и условный проход d, мм	Величина $\frac{\lambda}{d}$ при скорости движения воздуха v, м/с								
	6,1—9,0	9,1—12,0	12,1—15,0	15,1—18,0	18,1—21,0	21,1—25,0	25,1—30,0	30,1—35,0	35,1—40,0
50	0,580	0,550	0,545	0,524	0,517	0,510	0,503	0,498	0,494
70	0,380	0,361	0,352	0,345	0,339	0,335	0,330	0,327	0,324
80	0,325	0,306	0,297	0,291	0,287	0,284	0,280	0,277	0,275
100	0,243	0,232	0,225	0,221	0,217	0,214	0,211	0,209	0,207
110	0,215	0,206	0,200	0,196	0,193	0,190	0,187	0,184	0,183
125	0,184	0,175	0,170	0,167	0,164	0,162	0,160	0,138	0,157
140	0,159	0,152	0,148	0,145	0,143	0,141	0,140	0,139	0,137
150	0,141	0,134	0,130	0,127	0,125	0,124	0,122	0,121	0,120
160	0,135	0,129	0,125	0,123	0,121	0,119	0,117	0,116	0,114
180	0,116	0,111	0,108	0,106	0,104	0,103	0,101	0,086	0,097
200	0,100	0,097	0,094	0,092	0,091	0,090	0,089	0,088	0,087
225	0,088	0,084	0,082	0,080	0,079	0,078	0,077	0,076	0,075
250	0,077	0,074	0,072	0,070	0,069	0,068	0,067	0,066	0,065
280	0,067	0,064	0,062	0,061	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056
300	0,060	0,058	0,057	0,056	0,056	0,054	0,052	0,050	0,049
315	0,058	0,055	0,054	0,053	0,052	0,051	0,050	0,049	0,048
350	0,050	0,049	0,047	0,046	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042
355	0,050	0,048	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041
400	0,043	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,037	0,037	0,036
450	0,037	0,035	0,034	0,034	0,033	0,033	0,033	0,032	0,032
500	0,032	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,028	0,028
560	0,028	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,025	0,024
630	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	0,021	0,021	0,021	0,020
710	0,021	0,020	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017
800	0,018	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015

Примечание. Таблица составлена по формуле Альтшуля, имеющей вид $\frac{\lambda}{d} = \frac{0{,}011}{d^{1{,}25}} \left(1 + \frac{10{,}2}{v}\right)^{0{,}25}$.

Сопротивление системы и диаметры воздуховодов определяют отдельно по участкам, обозначенным на схеме, пользуясь формулой VI—14 и табл. VI—11 — VI—13.

Участок *1—2*. Отсос от головки нории.

По табл. VI—5 $L=560$ м³/ч, $v=10$ м/с, $d=140$ мм, $\Delta p=100$ Па. По схеме VI—15 $l=3$ м.

По табл. VI—13 при $v=10$ м/с, $p_д=61{,}2$ Па.

Местные сопротивления:

Отвод ($R=3d_o$, $\alpha=60°$) $\zeta=0{,}12\cdot 0{,}85=0{,}1$ (значение ζ для отводов см. ранее в тексте).

Расход воздуха L в трубопроводах при скорости $v_0 = 1$ м/с

Трубопроводы из листовой стали			Стальные бесшовные трубы по ГОСТ 8732—58				
			условный диаметр прохода, мм	размеры труб, мм			
				наружный диаметр и толщина стенки	номинальный внутренний диаметр		
Диаметр воздуховода, мм	$F = \frac{3{,}14 \cdot d^2}{4 \cdot 10^4}$, м²	L, м³/ч				$F = \frac{3{,}14 \cdot d^2}{4 \cdot 10^4}$	L, м³/ч
100	0,00785	28,3	50	57×3,5	50	0,00196	7,05
110	0,00955	34,2	70	76×3,5	69	0,00386	13,89
125	0,0123	44,2	80	89×3,5	82	0,00525	18,90
140	0,0154	56,4	100	108×4	100	0,00785	26,3
160	0,0201	72,3	125	133×4	125	0,0123	44,2
180	0,0255	91,6	150	159×4,5	150	0,0176	63,4
200	0,0314	113,0	200	219×7	205	0,0329	118,4
225	0,0397	143,0	250	273×7	259	0,0526	189,4
250	0,0491	177,0	300	325×9	307	0,0737	265,3
280	0,0616	222	350	377×9	359	0,1112	400,3
315	0,0779	280	—	—	—	—	—
355	0,099	356	—	—	—	—	—
400	0,1256	452	—	—	—	—	—
450	0,1590	572	—	—	—	—	—
500	0,1964	707	—	—	—	—	—
560	0,2463	886	—	—	—	—	—
630	0,3117	1122	—	—	—	—	—
710	0,3951	1425	—	—	—	—	—
800	0,5088	1809	—	—	—	—	—

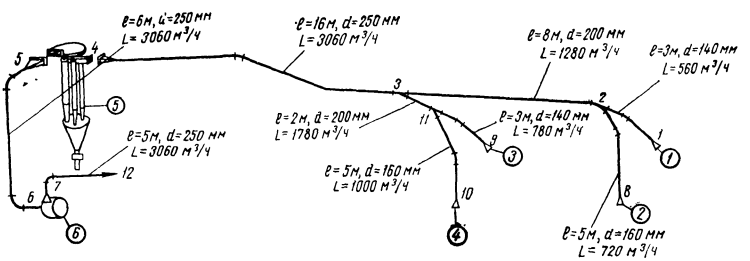


Рис. VI—15. Схема системы аспирации (к расчету примера 2).

Цифры в кружках: *1, 3* — головки нории НГЦ-15; *2, 4* — надвесовой бункер; *5* — циклон 4БЦШ; *6* — вентилятор.

Таблица VI—13

Значение динамического давления $p_д$ (в Па) в зависимости от скорости движения воздуха v (от 8 до 25,9 м/с)

Скорость движения воздуха v, м/с	Десятые доли v									
	0,00	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
8	39,2	40,2	41,1	42,2	43,2	44,2	45,3	46,3	47,4	48,5
9	49,6	50,7	51,8	52,9	54,0	55,2	56,4	57,6	58,8	60,0
10	61,2	62,4	63,7	64,9	66,2	67,4	68,7	70,0	71,4	72,7
11	74,0	75,4	76,7	78,2	79,4	80,9	82,4	83,8	85,2	86,6
12	88,1	89,6	91,2	92,6	94,1	95,6	97,2	98,7	100,0	101,8
13	103,4	105,0	106,6	108,2	110,0	111,5	113,1	114,8	116,5	118,2
14	120,0	121,7	123,4	125,1	126,9	128,7	130,5	132,3	134,1	135,7
15	133,7	139,0	141,4	143,3	145,2	147,0	149,0	150,8	152,7	154,6
16	155,7	158,7	160,7	162,6	164,5	166,6	168,6	170,6	172,8	174,7
17	176,9	179,0	181,1	183,2	185,2	187,5	189,5	191,7	193,8	196,0
18	198,3	200,3	202,9	205,0	207,1	209,3	211,8	214,0	216,2	218,6
19	220,9	223,1	225,6	228,0	230,3	232,7	235,1	237,8	240,0	242,4
20	244,8	247,2	249,8	252,2	254,8	257,2	259,8	262,2	264,8	267,2
21	270,0	272,6	275,0	277,6	280,3	283,0	285,5	288,0	290,9	293,6
22	296,2	299,0	301,6	304,3	307,0	310,0	312,5	315,2	318,0	321,0
23	323,8	326,4	329,4	332,2	335,0	338,0	341,0	343,5	346,8	349,4
24	352,5	355,6	358,4	361,6	364,4	367,5	370,2	373,5	376,5	379,5
25	382,5	385,5	388,5	392,0	395,0	398,0	401,0	404,0	407,0	410,5

Примечание. Таблица составлена по формуле (VI—7) $p_д = \frac{v^2}{2}\gamma = 0{,}6v^2$ Па при $\gamma = 1{,}2$ кг/м³.

Таблица VI—14

Технологическое оборудование	Данные по табл. VI—5			
	диаметр воздуховода, мм	расход воздуха L, м³/ч	скорость воздуха v, м/с	потери давления в оборудовании, Δp, Па
Головка нории НГЦ-15	140	560	10	100
Надвесовой бункер	160	720	10	100
Головка нории НГЦ-15	140	560*	10	100
Надвесовой бункер	160	720**	10	100

* В расчете для уравнивания давления принято 780 м³/ч.
** В расчете принято 1000 м³/ч.

Тройник-проход под углом 30°.

$d_п = 140$ мм; $F_п = 0{,}0154$ м² (по табл. VI — 12); $d_о = 160$ мм; $F_о = 0{,}0201$ м²; $d_с = 200$ мм; $F_с = 0{,}0314$ м²; $L_с = 560 + 720 = 1280$ м³/ч;

$$\frac{F_п}{F_с} = \frac{0{,}0154}{0{,}0314} = 0{,}49; \quad \frac{F_о}{F_с} = \frac{0{,}0201}{0{,}0314} = 0{,}64; \quad \frac{L_о}{L_с} = \frac{560}{1280} = 0{,}43.$$

По табл. VI—6 $\zeta = 0{,}2$; $\Sigma\zeta = 0{,}10 + 0{,}2 = 0{,}3$;

по формуле VI—13 $\zeta_{зам} = \frac{\lambda}{d} l$.

Из табл. VI—11 находим для $d = 140$ мм и $v = 10$ м/с $\frac{\lambda}{d} = 0{,}152$.

$$\zeta_{зам} = \frac{\lambda}{d} l = 0{,}152 \cdot 3 = 0{,}456.$$

По формуле VI—14 $\Delta p_п = (\Sigma\zeta + \zeta_{зам}) p_д + \Delta p = (0{,}3 + 0{,}456) 61{,}2 + 100 = 146{,}27$ Па.

Участок *8—2*. Отсос от надвесового бункера

$L = 720$ м³/ч; $d = 160$ мм; $v = 10$ м/с; $l = 5$ м;

$\Delta p = 100$ Па; $p_д = 61{,}2$ Па; $\frac{\lambda}{d} = 0{,}129$.

Местные сопротивления:
Отвод ($R = 3d$, $\alpha = 60°$) $\zeta = 0{,}12 \cdot 0{,}85 = 0{,}1$.
Тройник — ответвление под углом 30°.
Исходные данные те же, что и для участка 1—2
По табл. VI—6

$$\zeta = 0; \quad \zeta_{зам} = 0{,}129 \cdot 5 = 0{,}645; \quad \Sigma\zeta = 0{,}1;$$
$$\Delta p = (0{,}10 + 0{,}645) \cdot 61{,}2 + 100 = 145{,}6 \text{ Па}.$$

Разница составляет:

$$\frac{(146{,}2 - 145{,}6) \cdot 100}{146{,}27} = 0{,}4\%.$$

Участок *2—3*. Магистральный участок

$L = 1280$ м³/ч; $d = 200$ мм; $F = 0{,}0314$ м²; $q = 113{,}0$ м³/ч;

$v = \frac{1280}{113} = 11{,}3$ м/с; $l = 8$ м; $\frac{\lambda}{d} = 0{,}097$; $p_д = 78{,}2$ Па.

Местные сопротивления:
отвод $\zeta = 0{,}10$ (по аналогии с предыдущим).
Тройник-проход

$d_п = 200$ мм; $F_п = 0{,}0314$ м²; $L_п = 1280$ м³/ч; $d_о = 200$ мм;
$F_о = 0{,}0814$ м²; $L_о = 1280$ м²; $d_с = 280$ мм; $F_с = 0{,}0616$ м²;
$L_с = 2560$ м³/ч;

$$\frac{F_п}{F_с}=\frac{0{,}0314}{0{,}0616}=0{,}51;\quad \frac{F_о}{F_с}=\frac{0{,}0314}{0{,}0616}=0{,}51;$$

$$\frac{L_о}{L_с}=\frac{1280}{2560}=0{,}5;\quad \zeta=0;\quad \zeta_{зам}=0{,}097\cdot 8=0{,}78;$$

$$\Sigma\zeta=0{,}1;\quad \Delta p_п=(0{,}1+0{,}78)\,78{,}2=68{,}6\text{ Па}.$$

Участок *1—3*. Суммарное сопротивление $\Delta p_{общ}=146{,}27+68{,}6=215$ Па.

Участок *8—11*. Отсос от головки нории по аналогии с участком 1—2 $\Delta p_п=146{,}27$ Па.

Участок *10—11*. Отсос от надвесового бункера по аналогии с участком 8—2 $\Delta p_п=145{,}6$ Па.

Участок *11—3*. $L=1280$ м³/ч; $d=200$ мм; $F=0{,}0314$ м²; $v=11{,}3$ м/с; $l=2$ м; $\frac{\lambda}{d}=0{,}097$; $p_д=$ **78,2 Па.**

Местные сопротивления:

тройник-ответвление под углом 30° (см. участок 2—3) $\zeta=0$; $\zeta_{зам}=0{,}097\cdot 2=0{,}194$; $\Delta p=0{,}194\cdot 78{,}2=14$ Па.

Участок *9—3*. Суммарное сопротивление $\Delta p=146{,}27+14=160{,}27$ Па, а так как на участке 1—3 $\Delta p=215$ Па, то разница $215-160{,}27=54{,}73$ Па.

Для уравнивания давлений устанавливают дополнительное сопротивление в виде диафрагмы на участке с меньшим сопротивлением или увеличивают расход воздуха на том же участке. Рассмотрим оба варианта.

По первому варианту

Необходимо увеличить сопротивление участка 9—3 на 54 Па.

По табл. VI—10 принимаем диафрагму с углом конусности $\alpha=30°$ ($\operatorname{tg}\alpha=0{,}577$), имеющей сопротивление $\Delta p=51$ Па при

$$\frac{v_1}{v_2}=0{,}65.$$

Диаметр горловины равен

$$d_2=d_1\sqrt{\frac{v_1}{v_2}}=200\sqrt{0{,}65}=200\cdot 0{,}805=160\text{ мм}.$$

Длина конуса

$$l_1=\frac{d_1-d_2}{2\operatorname{tg}\alpha}=\frac{200-160}{2\cdot 0{,}577}\approx 35\text{ мм}.$$

Таким образом, общее сопротивление участка 9—3 составит

$$\Delta p=160{,}27+51=211{,}27\text{ Па}.$$

Разница $\frac{(215-211{,}27)\,100}{215}=1{,}7\%$ находится в пределах допустимого.

По второму варианту

Участок *9—11*. $L=780$ м³/ч; $d=140$ мм; $q=56{,}4$ м³/ч: $v=\frac{780}{56{,}4}=13{,}8$ м/с; $\Delta p=100$ Па; $l=3$ м; $p_д=116{,}5$ Па; $\Sigma\zeta=0{,}3$; $\frac{\lambda}{d}=0{,}148$; $\zeta_{зам}=0{,}148\cdot 3=0{,}444$; $\Delta p_n=(0{,}3+0{,}444)116{,}5+100=186{,}7$ Па.

Участок *10—11*. $L=1000$ м³/ч; $d=160$ мм; $q=72{,}3$ м³/ч;

$$v=\frac{1000}{72{,}3}=13{,}8 \text{ м/с};\quad \Delta p=100 \text{ Па};\quad l=5 \text{ м};\quad p_д=116{,}5 \text{ Па};$$

$$\Sigma\zeta=0{,}1;\quad \frac{\lambda}{d}=0{,}125;\quad \zeta_{зам}=0{,}125\cdot 5=0{,}625;\quad \Delta p_n=$$

$$=(0{,}10+0{,}625)\,116{,}5+100=184{,}36 \text{ Па}.$$

Разница $\frac{186{,}7-184{,}36}{186{,}7}100=1{,}2\%$.

Участок *11—3*. $L=1780$ м³/ч; $d=200$ мм; $q=118$ м³/ч;

$$v=\frac{1780}{118}=15{,}8 \text{ м/с};\quad l=2 \text{ м};\quad p_д=152{,}7 \text{ Па};\quad \frac{\lambda}{d}=0{,}092;$$

$$\zeta_{зам}=0{,}092\cdot 2=0{,}184;\quad \Delta p_n=0{,}184\cdot 152{,}7=28{,}06 \text{ Па}.$$

Участок *9—3*. Суммарное сопротивление $\Delta p=186{,}7+28{,}06=214{,}76$ Па ≈ 215 Па.

В дальнейших расчетах принимаем увеличенный расход воздуха на участке 9—3, учитывая некоторое усложнение монтажа, вызываемое изготовлением и установкой диафрагмы.

Участок *3—4*. $L=1280+1780=3060$ м³/ч; $d=250$ мм; $q=177$ м³/ч;

$$v=\frac{3060}{177}=17{,}2 \text{ м/с};\quad l=16 \text{ м};\quad p_д=181{,}1 \text{ Па}.$$

Местные сопротивления — 2 отвода ($R=3d_o$, $\alpha=60°$) $\Sigma\zeta=0{,}1\cdot 2=0{,}2$;

$$\frac{\lambda}{d}=0{,}07;\quad \zeta_{зам}=0{,}070\cdot 16=1{,}12;\quad \Delta p_n=(0{,}2+1{,}12)\,181{,}1=$$

$$=239{,}05 \text{ Па}.$$

Участок *5—6*. $L=3060$ м³/ч; $d=250$ мм; $v=17{,}2$ м/с; $l=6$ м; $p_д=181{,}1$ Па.

Местные сопротивления:

2 отвода ($R=3d_o$, $\alpha=90°$); $\zeta=0{,}12$; $\Sigma\zeta=0{,}12\cdot 2=0{,}24$;

$$\frac{\lambda}{d}l=0{,}07\cdot 6=0{,}42;\quad \Delta p_n=(0{,}24\cdot 0{,}42)181{,}1=119{,}53 \text{ Па}.$$

Расчет системы аспирации (к примеру 2)

Таблица VI—15

Участок	Длина участка l, м	Расход воздуха L, м³/ч	Расчетные данные: диаметр воздуховода, мм	скорость движения воздуха v, м/с	$\frac{\lambda}{d}$	$\zeta_{зам}=\frac{\lambda}{d}l$	$\Sigma\zeta$	$\Sigma\zeta+\zeta_{зам}$	Δp, Па	$p_д=\frac{v^2}{2}\gamma$, Па	Δp_n участка, Па	$\Delta p_{общ}$ магистрали, Па	Величины местных сопротивлений
1—2	3	560	140	10	0,152	0,456	0,3	0,756	100	61,2	146,27		Отвод $R=3d_0$; $\alpha=60°$; $\zeta=0,1$; тройник-проход $\zeta=0,2$
8—2	5	720	160	10	0,129	0,645	0,10	0,745	100	61,2	145,6		Отвод $R=3d_0$; $\alpha=60°$; $\zeta=0,1$; тройник-ответвление $\zeta=0$
2—3	8	1280	200	11,3	0,097	0,78	0,80	0,88	—	78,2	68,6	215,0	Отвод $R=3d_0$; $\alpha=60°$; $\zeta=0,1$; тройник-проход $\zeta=0$
9—11	3	780	140	13,8	0,148	0,444	0,3	0,744	100	116,5	186,7		Отвод $R=3d_0$; $\alpha=60°$; $\zeta=0,1$; тройник-проход $\zeta=0,2$
10—11	5	1000	160	13,8	0,125	0,625	0,10	0,725	100	116,5	184,36		Отвод $R=3d_0$; $\alpha=60°$; $\zeta=0,1$; тройник-ответвление $\zeta=0$
11—3	2	1780	200	15,8	0,092	0,184	0,0	0,184	—	152,7	28,06	214,76	Тройник-ответвление $\zeta=0$
3—4	16	3060	250	17,2	0,07	1,12	0,20	1,32	—	181,1	239,05		2 отвода $R=3d_0$; $\alpha=60°$; $\zeta=0,1$
5—6	6	3060	250	17,2	0,07	0,42	0,24	0,66	—	181,1	119,53		2 отвода $R=3d_0$; $\alpha=90°$; $\zeta=0,12$
7—12	5	3060	250	17,2	0,07	0,35	0,42	0,77	—	181,1	139,45		Отвод $R=3d_0$; $\alpha=90°$; $\zeta=0,12$; выхлоп $\zeta=0,3$
Суммарное сопротивление системы (без циклона)												712,03	

Примечание. Сопротивление циклона определяется по данным главы VII.

Участок *7—12*. $L=3060$ м³/ч; $d=250$ мм; $v=17{,}2$ м/с; $l=5$ м; $p_д=181{,}1$ Па.

Местные сопротивления:

Отвод ($R=3d_0$; $\alpha=90°$); $\zeta=0{,}12$.

Выхлоп в шахту $\zeta=0{,}3$;

$\Sigma\zeta=0{,}12+0{,}3=0{,}42$;

$$\frac{\lambda}{d}\,l=0{,}07\cdot 5=0{,}35;\quad \Delta p_п=(0{,}42+0{,}35)\,181{,}1=139{,}45\text{ Па}.$$

Для наглядности результаты расчетов занесены в табл. VI—15. Такая таблица является обязательным приложением к проекту аспирации и служит основным документом при наладке системы.

Сопротивление циклона определяют по данным главы VII.

Глава VII. ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Воздух, удаляемый местными отсосами систем аспирации и содержащий пыль, необходимо подвергать очистке перед выбросом в атмосферу.

По рекомендации ЦНИИпромзернопроект, а также на основании опыта эксплуатации действующих предприятий очистку воздуха от пыли следует осуществлять одноступенчатую:

от зерновой пыли — в циклонах;

от мучной, крахмальной и табачной пыли — в матерчатых рукавных фильтрах (на складах бестарного хранения муки).

Одноступенчатая очистка воздуха имеет ряд технических и эксплуатационных преимуществ: упрощается компоновка сети и ее обслуживание, сокращается потребная производственная площадь, снижается расчетная сложность и энергоемкость.

При поступлении в циклон воздушный поток приобретает вращательное движение, развивающиеся при этом центробежные силы отбрасывают частицы пыли к стенкам циклона, а воздух, относительно очищенный от пыли, выводится через выхлопную трубу наружу. Частицы пыли, отброшенные к стенкам циклона, теряют скорость движения и под действием силы тяжести падают на дно, а затем выводятся через отверстие.

Мелкая и мельчайшая пыль не улавливается циклонами — в этом и состоит недостаток циклонов почти всех конструкций.

Циклоны относительно малых размеров имеют более высокий коэффициент пылеотделения.

На зерновых складах рекомендуются к применению малогабаритные батарейные циклоны типа БЦШ, выпускаемые Курганским заводом элеваторного и мельничного оборудования. Производительность циклонов, габаритные размеры и установочные данные следует принимать по каталогу завода-изготовителя.

Циклоны монтируют на всасывающей стороне вентилятора, что обеспечивает большую эффективность очистки и предохраняет их от износа или засорения.

Потери давления (в Па) в батарейных циклонах типа 4БЦШ

$$\Delta p_{бат} = 5{,}25 \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \gamma, \qquad \text{(VII—1)}$$

где γ — плотность воздуха, кг/м³;

v — скорость входа воздуха в коллектор циклона, м/с.

Скорость воздуха рекомендуется принимать 16—18 м/с.

Пример 1. Расход воздуха 3060 м³/ч (см. пример 2 гл. VI).

Очистку воздуха ведут в батарейном циклоне 4БЦШ-325. Определить сопротивление циклона.

По заводскому каталогу находим размеры входного коллектора ($И$, $Р$) и определяем его площадь, скорость воздуха.

$$F = И \cdot Р = 0{,}13 \cdot 0{,}38 = 0{,}049 \text{ м}^2;$$

$$v = \frac{3060}{3600 \cdot 0{,}049} = 17{,}4 \text{ м/с}.$$

По формуле (VII-1)

$$\Delta p_{бат} = 5{,}25 \cdot \frac{17{,}4^2}{2} \cdot 1{,}2 = 1140 \text{ Па}.$$

Номинальной и эффективной работы циклонов может быть только при полной герметизации нижнего отверстия конуса. Даже незначительные прососы воздуха через нижнюю часть циклона приводят к резкому снижению эффективности пылезадержания, а при подсосе 10—15% поступающего в циклон воздуха эффективность циклона становится близкой нулю.

Для предотвращения подсоса воздуха и обеспечения непрерывного выброса накапливающейся пыли на выпускном патрубке циклона устанавливается шлюзовой затвор, поставляемый заводом-изготовителем.

Характеристика фильтров приведена в табл. VII—1

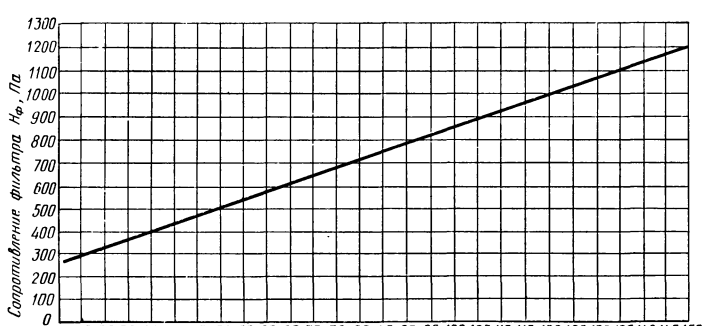


Рис. VII—1. Номограмма для определения потерь давления в матерчатых рукавных фильтрах типа ФВ и ФВВ.

Таблица VII—.

Техническая характеристика матерчатых рукавных фильтров

Показатели	ФВ-30	ФВ-45	ФВ-60	ФВ-90
Площадь поверхности фильтровальной ткани, $м^2$	30	45	60	9(
Число секций	2	3	4	(
Число рукавов в фильтре	36	54	72	10(
Мощность электродвигателя типа АОЛ2-21/4, кВт	1,1	1,1	1,1	1,
Частота его вращения	1400	1400	1400	140(
Период между встряхиванием одной секции, шт.	3,5	3,5	3,5	3,5
Длительность встряхивания, с	30	30	30	30
Масса, кг	900	1210	1460	2000
Автоматический выключатель	АП-50-3МТ	—	—	—

Примечание. Габаритные и установочные размеры указаны в каталоге завода-изготовителя.

Подсос воздуха через неплотности и во время продувки принимается не более 15%.

Нагрузка по воздуху на поверхность рукавов для мучной, крахмальной и табачной пыли следует принимать не более 100 $м^3/(м^2 \cdot ч$,

Гидравлическое сопротивление рукавных фильтров определяют по графику (рис. VII—1).

Фильтры типа ФВ предназначены для систем с разрежением не более 2500 Па. Для установок высокого вакуума (централизованная уборка пыли) применяют фильтры типа ФВВ, работающие при разрежении до 20 кПа. Фильтры ФВ и ФВВ выпускаются Шебекинским механическим заводом.

Матерчатые рукавные фильтры работают на всасывание, поэтому их устанавливают до вентилятора на всасывающей его стороне.

При суммарной производительности всех пылеочистных устройств в одном здании более 15 тыс. $м^3/ч$ необходимо предусматривать механическое удаление пыли из фильтров и циклонов. Выбор того или иного способа удаления пыли должен быть экономически обоснован. Удаляемую пыль следует направлять в сборный бункер, установленный на территории предприятия, откуда пыль должна периодически вывозиться автотранспортом.

Сборный бункер размещают у глухой стены снаружи здания или на расстоянии не менее 10 м от любой стены, имеющей световые проемы. Высота установки бункера должна обеспечить проезд автомашины под ним для возможности выгрузки пыли непосредственно в автомашину или мешки.

Ориентировочно вместимость бункера (в м³) может быть определена по формуле

$$V = \frac{L\gamma_в \mu t}{\gamma_п}, \qquad \text{(VII—2)}$$

где L — суммарный расход воздуха, м³/ч;
μ — концентрация пыли, кг/кг;
t — продолжительность загрузки бункера, ч;
$\gamma_в$ — плотность воздуха, кг/м³;
$\gamma_п$ — плотность пыли, кг/м³.

Для расчетов следует принимать: концентрацию зерновой пыли $\mu = 0{,}003$ кг/кг; табачной 0,001 кг/кг; мучной и крахмальной 0,0005 кг/кг; продолжительность загрузки бункера $t = 7$ ч; плотность зерновой пыли $\gamma_п$ 300 кг/м³, табачной, мучной и крахмальной — 200 кг/м³.

Эффективность пылезадержания оценивается по содержанию пыли в воздухе (в мг/м³), выходящем из пылеотделителя,

$$\delta_0 = \delta_н \frac{100 - \eta_о}{100}, \qquad \text{(VII—3)}$$

где δ_0 — содержание пыли в воздухе, выходящем из пылеотделителя, мг/м³;
$\delta_н$ — начальное содержание пыли в воздухе, мг/м³;
$\eta_о$ — общая эффективность пылезадержания, %.

Общая эффективность пылезадержания $\eta_о$ (%):

матерчатых рукавных фильтров (мучная, крахмальная и табачная пыль)	99
батарейных циклонов 4БЦШ (зерновая пыль)	85

Допустимое содержание пыли в воздухе (в мг/м³), выбрасываемом в атмосферу, должно определяться по формуле (СНиП II—А. 33—75):

$$G_1 = 100K, \qquad \text{(VII—4)}$$

где K — коэффициент — безразмерная величина.

Значение коэффициента K

Предельно допустимые концентрации пыли в воздухе рабочей зоны помещения на постоянных рабочих местах, мг/м³	
2 и менее	0,3
2—4	0,6
4—6	0,8
6 и более	1

Если общее количество выбрасываемого воздуха не превышает 15 тыс. м³/ч, то

$$G_1 = (160 - 4L)\,K, \qquad \text{(VII—5}$$

где L — объем воздуха, удаляемого системами местных отсосов тыс. м³/ч.

Степень очистки выбросов от пыли и высоту труб для удаления как очищенных, так и неочищенных выбросов нужно определять из условий, что максимальные разовые концентрации нетоксической пыли в воздухе населенных мест не превышали предельно допустимой концентрации (СН 245—71).

Таблица VII—

Начальное содержание пыли перед очистными устройствами и рекомендуемые схемы очистки

Производственные помещения	Место отсоса пыли	Пыль	Начальное содержание пыли перед очистными устройствами, мг/м³	Схема очистки перед выбросом в атмосферу
Силосные склады зерна	Силосы, транспортеры, триеры, сепараторы, нории, пневмотранспорт	Зерновая	600—650	Батарейные циклоны 4БЦШ
Отделения подработки ячменя и солода	Сепараторы, триеры, ростко-отбивные и полировочные машины, бункера, пневмотранспорт		650—700	То же
Цехи бестарного хранения муки, просеивательные и дозировочные отделения	Автовесы, силосы, просеиватели, шнеки, нории	Мучная	1600—1800	Фильтр рукавный матерчатый
Крахмалосушильные заводы	Сушилки, бураты, нории, шнеки	Крахмальная	800—830	То же
Производственные помещения табачных фабрик	Резальные машины, транспортер, расщипки табака	Табачная	630—700	»

Примечание. Таблица составлена на основании экспериментальных исследований, проведенных на действующих заводах.

Начальное содержание пыли перед очистными устройствами, рекомендуемые устройства для очистки воздуха от пыли по отраслям промышленности указаны в табл. VII—2.

Максимальная концентрация пыли (в мг/м²) на высоте z от поверхности земли и на расстоянии x от точечного источника загрязнения вычисляется по формуле

$$G_x^z = \frac{1000 M_т \eta}{0{,}025 \pi v_к x^2} \left(\frac{1}{e^{\frac{(z-H)^2}{0{,}05x^2}}} + \frac{1}{e^{\frac{(z+H)^2}{0{,}05x^2}}} \right), \qquad \text{(VII—6)}$$

где $M_т$ — суммарное количество пыли, выбрасываемой в атмосферу,

$M_т = \frac{M}{360}$, (M — количество пыли, выбрасываемой единичным точечным источником непрерывного действия, г/ч);

$\eta = 0{,}425$;

$v_к$ — «критическая» скорость ветра, м/с (при всех случаях $0{,}5 \leqslant v_к \leqslant 1$);

$$v_к = \frac{1{,}9 D u_0}{\varphi h};$$

D — диаметр выхлопа, м;

u_0 — скорость выхлопа, м/с;

φ — коэффициент, зависящий от высоты трубы (определяется по табл. VII—3);

Таблица VII—3

Изменение значения коэффициента φ в зависимости от высоты трубы h

h, м	φ	h, м	φ
20	1,15	120	1,54
40	1,30	140	1,57
60	1,40	160	1,60
80	1,46	180	1,63
100	1,50	200	1,65

h — высота трубы от уровня земли, м;

H — оптимальная высота выброса, м; $H = 2h$;

x — расстояние от источника выброса до рассматриваемой точки, м;

z — высота рассматриваемой точки от поверхности земли, м.

Значения $e^{\frac{(z-H)^2}{0{,}05x^2}}$ и $e^{\frac{(z+H^2)}{0{,}05x^2}}$ можно брать из табл. VII—4.

Максимальная концентрация у поверхности земли на расстоянии $20H$ от точечного источника загрязнения

$$G_{макс} = \eta \frac{235 M_т}{v_к H^2}. \qquad \text{(VII—7)}$$

Таблица VII—4

Значение величины e^m

m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m
0,00	1,00	0,26	1,30	0,52	1,68	0,78	2,18	1,04	2,83	1,29	3,63	1,54	4,66	1,79	5,99	2,04	7,69
0,01	1,01	0,27	1,31	0,53	1,70	0,79	2,20	1,05	2,86	1,30	3,67	1,55	4,71	1,80	6,05	2,05	7,77
0,02	1,02	0,28	1,32	0,54	1,72	0,80	2,23	1,06	2,89	1,31	3,71	1,56	4,76	1,81	6,11	2,06	7,84
0,03	1,03	0,29	1,34	0,55	1,73	0,81	2,25	1,07	2,91	1,32	3,74	1,57	4,81	1,82	6,17	2,07	7,92
0,04	1,04	0,30	1,35	0,56	1,75	0,82	2,27	1,08	2,94	1,33	3,78	1,58	4,85	1,83	6,23	2,08	8,00
0,05	1,05	0,31	1,36	0,57	1,77	0,83	2,29	1,09	2,97	1,34	3,82	1,59	4,90	1,84	6,30	2,09	8,08
0,06	1,06	0,32	1,38	0,58	1,79	0,84	2,32	1,10	3,00	1,35	3,86	1,60	4,95	1,85	6,36	2,10	8,17
0,07	1,07	0,33	1,40	0,59	1,80	0,85	2,34	1,11	3,03	1,36	3,90	1,61	5,00	1,86	6,42	2,11	8,25
0,08	1,08	0,34	1,40	0,60	1,82	0,86	2,36	1,12	3,06	1,37	3,94	1,62	5,05	1,87	6,49	2,12	8,33
0,09	1,09	0,35	1,42	0,61	1,84	0,87	2,39	1,13	3,10	1,38	3,97	1,63	5,10	1,88	6,55	2,13	8,41
0,10	1,11	0,36	1,43	0,62	1,86	0,88	2,41	1,14	3,13	1,39	4,01	1,64	5,15	1,89	6,62	2,14	8,50
0,11	1,12	0,37	1,45	0,63	1,88	0,89	2,43	1,15	3,16	1,40	4,06	1,65	5,21	1,90	6,69	2,15	8,58
0,12	1,13	0,38	1,46	0,64	1,90	0,90	2,46	1,16	3,19	1,41	4,10	1,66	5,26	1,91	6,75	2,16	8,67
0,13	1,14	0,39	1,48	0,65	1,92	0,91	2,48	1,17	3,22	1,42	4,11	1,67	5,31	1,92	6,82	2,17	8,76
0,14	1,15	0,40	1,49	0,66	1,93	0,92	2,51	1,18	3,25	1,43	4,18	1,68	5,37	1,93	6,89	2,18	8,85
0,15	1,16	0,41	1,51	0,67	1,95	0,93	2,53	1,19	3,29	1,44	4,22	1,69	5,42	1,94	6,96	2,19	8,94
0,16	1,17	0,42	1,52	0,68	1,97	0,94	2,56	1,20	3,32	1,45	4,26	1,70	5,47	1,95	7,03	2,20	9,02
0,17	1,19	0,43	1,54	0,69	2,00	0,95	2,59	1,21	3,35	1,46	4,31	1,71	5,53	1,96	7,10	2,21	9,12
0,18	1,20	0,44	1,55	0,70	2,01	0,96	2,61	1,22	3,39	1,47	4,35	1,72	5,58	1,97	7,17	2,22	9,21
0,19	1,21	0,45	1,57	0,71	2,03	0,97	2,64	1,23	3,42	1,48	4,39	1,73	5,64	1,98	7,24	2,23	9,30
0,20	1,22	0,46	1,58	0,72	2,05	0,98	2,66	1,24	3,46	1,49	4,44	1,74	5,70	1,99	7,32	2,24	9,39
0,21	1,23	0,47	1,60	0,73	2,08	0,99	2,69	1,25	3,49	1,50	4,48	1,75	5,75	2,00	7,39	2,25	9,49
0,22	1,25	0,48	1,62	0,74	2,10	1,00	2,72	1,26	3,53	1,51	4,53	1,76	5,81	2,01	7,46	2,26	9,58
0,23	1,26	0,49	1,63	0,75	2,12	1,01	2,75	1,27	3,56	1,52	4,57	1,77	5,87	2,02	7,54	2,27	9,68
0,24	1,27	0,50	1,65	0,76	2,14	1,02	2,77	1,28	3,60	1,53	4,62	1,78	5,93	2,03	7,61	2,28	9,78
0,25	1,28	0,51	1,67	0,77	2,16	1,03	2,80										

Продолжение табл. VII—4

m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m	m	e^m
2,29	9,87	2,58	13,20	2,87	17,64	3,16	23,57	3,45	31,50	3,74	42,10	4,30	73,70	7,20	1339,4
2,30	9,97	2,59	13,33	2,88	17,81	3,17	23,81	3,46	31,82	3,75	42,52	4,40	81,45	7,30	1480,5
2,31	10,07	2,60	13,46	2,89	17,99	3,18	24,05	3,47	32,14	3,76	42,95	4,50	90,02	7,40	1636,0
2,32	10,18	2,61	13,60	2,90	18,17	3,19	24,29	3,48	32,46	3,77	43,38	4,60	99,48	7,50	1808,0
2,33	10,28	2,62	13,74	2,91	18,34	3,20	24,53	3,49	32,79	3,78	43,82	4,70	109,95	7,60	1998,0
2,34	10,38	2,63	13,87	2,92	18,54	3,21	24,78	3,50	33,11	3,79	44,26	4,80	121,51	7,70	2208,3
2,35	10,49	2,64	14,01	2,93	18,73	3,22	25,03	3,51	33,45	3,80	44,70	4,90	134,29	7,80	2440,6
2,36	10,59	2,65	14,15	2,94	18,92	3,23	25,28	3,52	33,78	3,81	45,15	5,00	148,41	7,90	2697,3
2,37	10,70	2,66	14,30	2,95	19,11	3,24	25,53	3,53	34,12	3,82	45,60	5,10	164,02	8,00	2981,0
2,38	10,80	2,67	14,44	2,96	19,30	3,25	25,79	3,54	34,47	3,83	46,06	5,20	181,27	8,10	3294,5
2,39	10,91	2,68	14,58	2,97	19,49	3,26	26,05	3,55	34,81	3,84	46,52	5,30	200,34	8,20	3641,0
2,40	11,02	2,69	14,73	2,98	19,69	3,27	26,31	3,56	35,16	3,85	46,99	5,40	221,41	8,30	4023,9
2,41	11,13	2,70	14,88	2,99	19,89	3,28	26,53	3,57	35,52	3,86	47,46	5,50	244,69	8,40	4447,1
2,42	11,25	2,71	15,03	3,00	20,09	3,29	26,84	3,58	35,87	3,87	47,94	5,60	270,43	8,50	4914,8
2,43	11,36	2,72	15,18	3,01	20,29	3,30	27,11	3,59	36,23	3,88	48,24	5,70	298,87	8,60	5431,7
2,44	11,47	2,73	15,33	3,02	20,49	3,31	27,38	3,60	36,60	3,89	48,91	5,80	330,30	8,70	6002,9
2,45	11,59	2,74	15,49	3,03	20,70	3,32	27,66	3,61	36,97	3,90	49,40	5,90	365,04	8,80	6634,2
2,46	11,70	2,75	15,64	3,04	20,90	3,33	27,94	3,62	37,34	3,91	49,90	6,00	403,43	8,90	7332,0
2,47	11,82	2,76	15,80	3,05	21,11	3,34	28,22	3,63	37,71	3,92	50,40	6,10	445,86	9,00	8103,1
2,48	11,94	2,77	15,96	3,06	21,33	3,35	28,50	3,64	38,09	3,93	50,91	6,20	492,75	9,10	8955,3
2,49	12,06	2,78	16,12	3,07	21,54	3,36	28,79	3,65	38,47	3,94	51,42	6,30	544,57	9,20	9897,1
2,50	12,18	2,79	16,28	3,08	21,76	3,37	29,08	3,66	38,86	3,95	51,93	6,40	601,85	9,30	10938
2,51	12,30	2,80	16,44	3,09	21,98	3,38	29,37	3,67	39,25	3,96	52,46	6,50	665,14	9,40	12088
2,52	12,43	2,81	16,61	3,10	22,20	3,39	29,67	3,68	39,65	3,97	52,98	6,60	735,10	9,50	13360
2,53	12,55	2,82	16,78	3,11	22,42	3,40	29,96	3,69	40,04	3,98	53,52	6,70	812,41	9,60	14765
2,54	12,68	2,83	16,94	3,12	22,65	3,41	30,26	3,70	40,45	3,99	54,05	6,80	897,85	9,70	16318
2,55	12,81	2,84	17,12	3,13	22,87	3,42	30,57	3,71	40,85	4,00	54,60	6,90	992,27	9,80	18034
2,56	12,94	2,85	17,29	3,14	23,10	3,43	30,88	3,72	41,26	4,10	60,34	7,00	1096,6	9,90	19930
2,57	13,07	2,86	17,46	3,15	23,34	3,44	31,19	3,73	41,68	4,20	66,69	7,10	1212,0	10,00	22026

Значение удельной концентрации пыли K_y (в мг/м³) у поверхности земли

Расстояние от источника загрязнения воздуха x, м	$K_y \cdot 10^{-3}$ при эффективной высоте выброса H, м										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	490	55	—	0,39	—	—	—	—	—	—	—
400	590	170	30	2,95	0,2	—	—	—	—	—	—
500	560	260	85	18,50	3,1	0,41	—	—	—	—	—
600	480	270	130	43,00	13,0	3,2	1,2	—	—	—	—
700	380	250	145	66,50	27,5	9,5	2,9	0,75	—	—	—
800	310	230	150	83,00	40,0	18,0	7,3	2,40	0,73	—	—
900	240	185	135	92,00	52,0	28,5	12,5	5,70	2,30	0,80	—
1000	210	176	130	94,00	61,0	35,0	20,0	10,20	4,70	2,05	0,8
1100	185	153	122	91	63,5	42	26	14	7,8	3,8	1,7
1200	155	136	123	89	65,2	42,3	29,4	19	10,7	6,3	3,2
1300	135	120	106	84	65,2	47,5	33,5	22,4	15	8,8	5
1400	112	109	94	78,5	62	48	34	26	17,4	10,7	6,9
1500	108	97	86	73,5	59,5	47	36	26,5	18,8	13,3	8,5
1600	93	87	78	68	56,6	46	37	28	20,8	14,8	10,4
1700	85	78	71	64,5	53,4	45	36,5	28,7	21,9	16,3	11,9
1800	76	72	65	57,5	50	42,5	35,5	29	22,7	17,6	13
1900	67	64	59	54	47,5	41,5	35	29	23,2	18,6	14,4
2000	60	58	55	50	45	39	33,5	28,4	23,5	19,3	15,2
2200	52	49	48	43	39,4	35	31	27	23	19,4	16
2400	45	42	40	37	34,5	31,5	28,5	25	22	19	16,3
2600	37	36	34,5	33	31	28,5	25,5	23,5	21	18,5	16,2
2800	31	30,5	30	29	27,5	25,5	24	22	19,8	17,7	15,7
3000	27	26,8	26	25	24	22,5	21	19,5	17,8	16,2	14,9
3200	24,8	24	23,5	23	21,5	20,5	19,5	18,2	16,9	15,6	14,3
3400	21,8	20	20	20	19,5	18,5	17,7	16,6	15,6	14,6	13,4
3600	19,6	19	18,5	18,1	17,5	17	16	15,3	14,4	13,5	12,5
3800	17,5	17	16,5	16,7	16	15,5	14,2	13,4	13,4	12,6	11,9
4000	16	15,5	15,3	15,1	14,7	14,1	13,7	13,1	12,5	11,9	11,2

В случае необходимости определить концентрацию пыли у поверхности земли на разных расстояниях от точечного источника можно пользоваться формулой

$$G_{\text{макс}} = \frac{K_{\text{у}} M_{\text{т}} \eta}{v_{\text{к}} \cdot 10^3}. \qquad \text{(VII—8)}$$

где $K_{\text{у}}$ — удельная концентрация пыли, мг/м³.
Значения $K_{\text{у}} \cdot 10^{-3}$ даны в табл. (VII—5).

Пример 2. На солодовенном заводе осуществляется выброс воздуха от пяти аспирационных систем в атмосферу на высоте 45 м от уровня земли после очистки на циклонах 4БЦШ.

Остаточная запыленность воздуха, выбрасываемого в атмосферу, 95 мг/м³. Выброс факельный со скоростью 20 м/с.

Производительность систем:

№ 1 — 6000 м³/ч; $D_0 = 290$ мм; $F_1 = 0{,}066$ м²;
№ 2 — 9000 м³/ч; $D_0 = 355$ мм; $F_2 = 0{,}099$ м²;
№ 3 — 18000 м³/ч; $D_0 = 500$ мм; $F_3 = 0{,}196$ м²;
№ 4 — 4000 м³/ч; $D_0 = 235$ мм; $F_4 = 0{,}043$ м²;
№ 5 — 11000 м³/ч; $D_0 = 390$ мм; $F_5 = 0{,}119$ м².

Определить запыленность атмосферного воздуха на расстоянии 500 м и на высоте 12 м от уровня земли и максимальную концентрацию на уровне земли на расстоянии $20H$.

Эффективная высота выброса $H = 2h = 45 \cdot 2 = 90$ м.

Суммарное количество пыли, выбрасываемой в атмосферу,

$$M_{\text{т}} = \frac{(6000 + 9000 + 18000 + 4000 + 11000)\,95}{3600 \cdot 1000} = 1{,}26 \text{ г/с}.$$

Суммарный усредненный диаметр выброса

$$D = \sqrt{\frac{(F_1 + F_2 + F_3 + \cdots F_{\text{п}})^4}{3{,}14}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(0{,}066 + 0{,}099 + 0{,}196 + 0{,}043 + 0{,}119)^4}{3{,}14}} = 0{,}82 \text{ см};$$

$$v_{\text{к}} = \frac{1{,}9 D u_0}{\varphi h} = \frac{1{,}9 \cdot 0{,}82 \cdot 20}{1{,}35 \cdot 45} = 0{,}51 \text{ м/с}; \quad \varphi = 1{,}35 \text{ (по табл. VII—3)};$$

$$G_x^z = \frac{1000 \cdot 1{,}26 \cdot 0{,}425}{0{,}025 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}51 \cdot 500^2} \left(\frac{1}{e^{\frac{(12-90)^2}{0{,}05x^2}}} + \frac{1}{e^{\frac{(12+90)^2}{0{,}05x^2}}} \right) =$$

$$= 0{,}053 \left(\frac{1}{e^{0{,}485}} + \frac{1}{e^{0{,}835}} \right) = 0{,}053 \left(\frac{1}{1{,}62} + \frac{1}{2{,}81} \right) =$$

$$= 0{,}053\,(0{,}61 + 0{,}43) = 0{,}053 \cdot 1{,}04 = 0{,}055 \text{ мг/м}^3 < 0{,}5 \text{ мг/м}^3.$$

Значение e^m находим из табл. VII—4.

Определяем максимальную концентрацию у поверхности земли на расстоянии 20 H по формуле (VII—7)

$$G_{\text{макс}} = \eta \frac{235 M_{\text{т}}}{v_{\text{к}} H^2} = 0{,}425 \cdot \frac{235 \cdot 1{,}26}{0{,}51 \cdot 90^2} = 0{,}0305 \text{ мг/м}^3 < 0{,}5 \text{ мг/м}^3$$

или по формуле (VII—8) и по табл. VII—5

$$G_{\text{макс}} = \frac{K_{\text{у}} M_{\text{т}}}{10^3 v_{\text{к}}} \eta = \frac{29 \cdot 1{,}26}{10^3 \cdot 0{,}51} \cdot 0{,}425 = 0{,}0305 \text{ мг/м}^3 < 0{,}5 \text{ мг/м}^3.$$

Глава VIII. ОБЩЕОБМЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Расчет воздухообменов по тепло- и влаговыделениям

Количество воздуха, необходимое для обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей зоне определяют по избыткам явного тепла в помещениях с тепловыделениями и по избыткам явного тепла, влаги и скрытого тепла в помещениях с тепло- и влаговыделениями.

Необходимый воздухообмен:
при наличии только тепловыделений
в системе СИ

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{0{,}278 \gamma (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})} \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad \text{(VIII—1)}$$

или МКГСС

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{0{,}24 \gamma (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})} \text{ м}^3/\text{ч};$$

при наличии явного тепла, влаги и скрытого тепла от испарившейся влаги
в системе СИ

$$L = \frac{3{,}6 Q_{\text{м}}}{(I_{\text{ух}} - I_{\text{пр}}) \gamma} = \frac{W}{(d_{\text{ух}} - d_{\text{пр}}) 1000 \gamma} \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad \text{(VIII—2)}$$

или МКГСС

$$L = \frac{Q_{\text{м}}}{(I_{\text{ух}} - I_{\text{пр}}) \gamma} = \frac{W}{(d_{\text{ух}} - d_{\text{пр}}) 1000 \gamma} \text{ м}^3/\text{ч};$$

где $Q_{\text{изб}}$ — избыточное явное тепло, выделяющееся в помещение, Вт или ккал/ч;
$Q_{\text{м}}$ — избыточное явное и скрытое тепло, Вт или ккал/ч;
W — избыточная влага, кг/ч;
$t_{\text{ух}}$ и $t_{\text{пр}}$ — температура уходящего и приточного воздуха, °С;
γ — плотность воздуха при данной температуре, кг/м³;
$I_{\text{ух}}$ и $I_{\text{пр}}$ — энтальпия уходящего и приточного воздуха, Вт или ккал/кг;

$d_{ух}$ и $d_{пр}$ — влагосодержание уходящего и приточного воздуха, г/кг.

Избыточное тепло- и влаговыделение вычисляют по тепловлажностному балансу, составленному для каждого периода года.

Температура вводимого воздуха для расчета воздухообменов в теплый период года принимается равной расчетной температуре наружного воздуха, а в переходный и холодный периоды года в зависимости от тепловлажностного отношения:

при наличии тепловыделений — на 5—8° С ниже расчетной температуры в рабочей зоне;

при наличии тепло- и влаговыделений, когда тепловлажностное отношение (угловой масштаб) более 8,36 кДж/г (2 ккал/г), — на 5—8° С ниже расчетной температуры в рабочей зоне;

при наличии тепло- и влаговыделений, когда тепловлажностное отношение менее 8,36 кДж/г (2 ккал/г) — по I—d-диаграмме.

Температуру уходящего воздуха при расчете воздухообменов для пекарных залов и топочных отделений хлебозаводов, сушильных отделений макаронных фабрик, пекарных, вафельных отделений и отделений бисквитных печей кондитерских фабрик следует принимать на 3—4° С выше температуры воздуха в рабочей зоне $t_{р.з}$.

В других помещениях при наличии значительных явных тепловыделений (более 23,6 Вт/м³, или 20 ккал/(ч·м³)) и высоте помещения более 4,0 м

$$t_{ух} = t_{р.з} + (H - 2)\,\Delta t,$$

где H — высота помещения и $\Delta t = 0{,}5 \div 0{,}7$° С.

В остальных производственных помещениях $t_{ух} = t_{р.з}$.

Расход тепла на нагрев приточного воздуха

$$Q = L \cdot 0{,}278 \gamma\,(t_{пр} - t_{н})\ \text{Вт}, \qquad \text{(VIII—3)}$$

или

$$Q = L \cdot 0{,}24 \gamma\,(t_{пр} - t_{н})\ \text{ккал/ч};$$

этот расход тепла может быть также определен по следующей формуле

$$Q = 1{,}16 G\,(I_{пр} - I_{н})\ \text{Вт}, \qquad \text{(VIII—4)}$$

или

$$Q = G\,(I_{пр} - I_{н})\ \text{ккал/ч},$$

где L — количество приточного воздуха, м³/ч;

γ — плотность воздуха при конечной температуре после нагрева, кг/м³;

$t_{пр}$ и $t_{н}$ — температура приточного и наружного воздуха, °С;

G — количество приточного воздуха, кг/ч;

$I_{пр}$ и $I_{н}$ — энтальпия приточного и наружного воздуха, кДж/кг или ккал/кг.

В системах вентиляции и воздушного отопления допускается предусматривать рециркуляцию воздуха в холодный и переходный периоды года, для систем кондиционирования воздуха — круглогодичную рециркуляцию.

При применении рециркуляции воздуха расход наружного воздуха следует принимать:

для помещений с объемом на одного работающего менее 20 м³ — не менее 30 м³/ч на каждого работающего;

для помещений с объемом на каждого работающего более 20 м³ — не менее 20 м³/ч на каждого работающего.

Во всех случаях расход наружного воздуха при рециркуляции должен составлять не менее 10% от общего воздухообмена.

При этом подаваемый в помещение воздух не должен содержать пыли и других вредностей больше 30% предельно допустимой концентрации (см. главы VI и VII), однако общее содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимой концентрации.

Рециркуляция воздуха в холодный и переходный периоды года не допускается в следующих производственных помещениях:

в пекарных и топочных отделениях хлебозаводов и кондитерских фабрик;

в варочных, сиропных и обжарочных отделениях кондитерских фабрик;

во всех отделениях консервных, крахмальных, крахмалопаточных и дрожжевых заводов;

в бродильно-прессовых отделениях и хранилищах заводов первичного виноделия;

в варочных и подварочных отделениях пивоваренных заводов;

в помещениях, отнесенных по пожарной опасности к категориям А, Б и Е.

Все расчеты рекомендуется выполнять в последовательности и по формам, приведенным в примерах расчетов.

Пример 1. В пекарном зале хлебозавода в Киеве размещается 6 печей ПХС-40 со шкафами окончательной расстойки теста. Печи отапливаются газом. Объем помещения 2100 м³. Теплопотери через наружные ограждения зимой составляют 198500 Вт (171 000 ккал/ч). Теплоприток в теплый период года от солнечной радиации составляет 155 000 Вт (133800 ккал/ч).

Установленная мощность электродвигателей — 98 кВт. Число работающих в максимальную смену — 30 человек. Объем воздуха, отсасываемого через входные и выходные отверстия печей для предотвращения выбивания горячих газов, составляет 3600 м³/ч на одну печь. Определить расчетный воздухообмен и расход тепла на вентиляции.

По табл. I—1 находим расчетные параметры наружного воздуха для Киева: температура наружного воздуха для расчета вентиляции в теплый период года 23,7° С, в холодный период года —10° С.

По табл. I—2 находим расчетные параметры внутреннего воздуха:

в холодный период года

$$t_{вн} = 20\,°C,\ \varphi = 60\%;$$

в теплый период года

$$t_{вн} = 23{,}7 + 3 \approx 27°\,C,\ \varphi = 60\%\ \text{(по табл. I—3)}.$$

По табл. V—1 тепловыделение от печи ПХС-40 с учетом тепловыделений от остывающего хлеба и от камеры окончательной расстойки теста составляет 36 000 Вт (31 000 ккал/ч).

Тепловыделение по пекарному залу:
от печей

$$Q_{\text{печ}} = 36\,000 \cdot 6 = 216\,000 \text{ Вт}, \text{ или } Q_{\text{печ}} = 31\,000 \cdot 6 = 186\,000 \text{ ккал/ч};$$

от электродвигателей по формуле (V—6)

$$Q_{\text{э}} = 1000 \cdot 98\,(1 - 0{,}82) = 17\,650 \text{ Вт},$$

$$\text{или } Q_{\text{э}} = 860 \cdot 98\,(1 - 0{,}82) = 15\,200 \text{ ккал/ч};$$

от работающих людей по формуле (V—7)

$$Q_{\text{л}} = 116 \cdot 30 = 3480 \text{ Вт}, \text{ или } Q_{\text{л}} = 100 \cdot 30 = 3000 \text{ ккал/ч}.$$

Суммарные тепловыделения составят:
в холодный период года

$$Q_{\text{общ}} = 216\,000 + 17\,650 + 3480 - 198\,500 = 38\,630 \text{ Вт},$$

$$\text{или } Q_{\text{общ}}\,186\,000 + 15\,200 + 3000 - 171\,000 = 33\,200 \text{ ккал/ч}.$$

в теплый период года $Q_{\text{общ}} = 216\,000 + 17\,650 + 3480 + 155\,000 = 392\,130$ Вт, или $Q_{\text{общ}} = 186\,000 + 15\,200 + 3000 + 133\,800 = 338\,000$ ккал/ч.

Удельное тепловыделение

$$q = \frac{392\,130}{21\,000} = 18{,}7 \text{ Вт/м}^3, \text{ или } q = \frac{338\,000}{21\,000} = 16{,}1 \text{ ккал/(ч·м}^3).$$

Расчетный воздухообмен по формуле (VIII—1)
в холодный период года

$$t_{\text{пр}} = 20 - 5 = 15^\circ \text{ С}; \quad t_{\text{ух}} = 20 + 3 = 23^\circ \text{ С};$$

$$L = \frac{38\,630}{0{,}278 \cdot 1{,}2\,(23 - 15)} = \frac{33\,200}{0{,}24 \cdot 1{,}2\,(23 - 15)} = 14\,400 \text{ м}^3\text{/ч};$$

в теплый период года

$$t_{\text{пр}} = 23{,}7^\circ \text{ С}; \quad t_{\text{р.з}} = 27^\circ \text{ С}; \quad t_{\text{ух}} = 27^\circ + 3 = 30^\circ \text{ С};$$

$$L = \frac{392\,130}{0{,}278 \cdot 1{,}2\,(30 - 23{,}7)} = \frac{338\,000}{0{,}24 \cdot 1{,}2\,(30 - 23{,}7)} = 186\,000 \text{ м}^3\text{/ч}.$$

Расход тепла на нагрев приточного воздуха
$Q = 14400 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}278\,(15 + 10) = 120\,000$ Вт,
или $Q = 14\,400 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}24\,(15 + 10) = 103\,500$ ккал/ч.

Пример 2. В варочном отделении консервного завода в Запорожье установлены: 1 бланширователь типа БП-200, 1 печь паромасляная типа ППМ-0,4 и печь типа М-8, котел варочный двустенный паровой МЗС-244б с мешалкой.

Расход пара — 875 кг/ч; число работающих в максимальную смену — 25 человек; поверхность смоченного пола — 175 м²; приток тепла от солнечной радиации — 15 900 Вт (13 700 ккал/ч); теплопотери ограждениями в холодный период года —55 100 Вт (47 500 ккал), а в переходный — 18 450 Вт (15 880 ккал/ч); внутренний объем помещения — 3000 м³.

Определить расчетный воздухообмен и расход тепла на вентиляцию.

По табл. I—1 находим параметры наружного воздуха для помещений с местными отсосами и значительной влажностью для расчета вентиляции:

в холодный период года

$$t_н = -23°\,С, \quad \varphi = 82\%;$$

в переходный период

$$t_н = 10°\,С, \quad \varphi = 75\%;$$

в теплый период года

$$t_н = 27{,}1°\,С, \quad \varphi = 42\%.$$

По табл. IV—9 находим количество воздуха (в м³/ч), удаляемого местными отсосами от оборудования:

Бланширователь БП-200 2·750	1500
Печь обжарочная паромасляная	
типа ППМ-0,4	19 000
типа М-8	24 000
Котел варочный типа МЗС-244б	1800
Итого	46 300

По табл. V—2 тепло- и влаговыделения от оборудования составят:

	Тепловыделения, ккал/ч	Влаговыделения, кг/ч
Бланширователь БП-200	4000	3,9
Печь обжарочная паромасляная		
типа ППМ-0,4	12 000	—
типа М-8	20 000	—
Котел варочный М36-244б (при панировке овощей)	5000	7,4
Итого:	41 000	11,3

Тепловыделение от людей

$$Q_л = 25 \cdot 100 = 2500 \text{ ккал/ч } (2900 \text{ Вт}).$$

Тепловыделение от механической энергии для данного помещения не учитывается, а тепловыделениями от электродвигателей пренебрегаем ввиду их незначительной мощности.

Тепловыделение от трубопроводов принимаем 1,5% от суммарных

$$Q_т = 41\,000 \cdot 0{,}15 = 6150 \text{ ккал/ч } (7140 \text{ Вт}).$$

Расход пара при давлении 1 МПа равен 600 кг/ч, а при давлении 0,3 МПа — 275 кг/ч.

По таблице насыщенного водяного пара находим энтальпию пара при $p=1$ МПа 664,1 ккал/ч и при $p=0{,}3$ МПа 653,9 ккал/ч.

Пар, поступающий в помещение, охладится до 20° С. Количество прорывающегося пара составит 3%.

Сводная ведомость тепло- и влаговыделений по варочному отделению

Тепловыделения											
от людей		от технологического оборудования		от трубопроводов		от испарившейся влаги		от солнечной радиации		теплопотери наружными ограждениями	
Вт	ккал/ч	Вт	ккал/ч	Вт	ккал/ч	Вт	ккал/ч	Вт	ккал/ч	Вт	ккал/ч
2900	2500	47600	41000	7140	6150	26500	22866	15900	13700	55100 18450	47500 15880

Таким образом, количество прорывающегося пара

$$G = (600 + 275)\,0{,}03 = 24{,}25 \text{ кг/ч},$$

а количество тепла по формуле (V—9),

$$Q_{\text{п}} = 600 \cdot 0{,}03\,(664{,}1 - 20) + 275 \cdot 0{,}03\,(653{,}9 - 20) =$$

$$= 15\,556 \text{ ккал/ч } (18\,000 \text{ Вт})$$

Количество тепла, поступающего от влаги, испарившейся от оборудования, при средней температуре жидкости 80° С определим по формуле (VI—8)

$$Q_{\text{вл}} = 11{,}3\,(597 + 0{,}43 \cdot 80) = 7310 \text{ ккал/ч } (8500 \text{ Вт}).$$

Суммарное количество тепла, поступающего с влагой,

$$Q_{\Sigma\text{вл}} = 15\,556 + 3310 = 22\,866 \text{ ккал/ч } (26\,500 \text{ Вт}).$$

Баланс тепла в течение года:
холодный период

$$2500 + 41\,000 + 6150 + 22\,866 - 47\,500 = 25\,016 \text{ ккал/ч } (29\,000 \text{ Вт});$$

переходный период

$$2500 + 41\,000 + 6150 + 22\,866 + 13\,700 - 15\,880 = 70\,356 \text{ ккал/ч } (81\,613 \text{ Вт});$$

теплый период

$$2500 + 41\,000 + 6150 + 22\,866 + 13\,700 = 86\,216 \text{ ккал/ч } (100\,000 \text{ Вт}).$$

Результаты приведенных выше расчетов заносим в табл. VIII—1. Количество влаги, испаряющейся с поверхности пола, определяют по формуле (V—12) и табл. V—6, принимая, что в помещении относительная влажность будет не более 70% при температуре 20° С.

$$W = 175 \cdot 0{,}033 = 5{,}77 \text{ кг/ч}.$$

Общее количество испарившейся влаги составит

$$W_{\text{общ}} = 11{,}3 + 24{,}25 + 5{,}77 = 41{,}32 \text{ кг/ч}.$$

Полученные результаты заносим также в табл. VIII—1.

консервного завода, расположенного в Запорожье

Тепловыделения						Влаговыделения, кг/ч			
Всего в периоды года									
холодный		переходный		теплый		от технологического оборудования	от прорыва через неплотности	от поверхности смоченного пола	всего
Вт	ккал/ч	Вт	ккал/ч	Вт	ккал/ч				
29000	25016	81613	70356	100000	86216	11,3	24,25	5,77	41,32

Дальнейший расчет ведем графоаналитически с использованием *I—d*-диаграммы влажного воздуха (подробно об *I—d*-диаграмме и способах построения процессов изменения состояния воздуха по ней см. главу X).

Заполняем по пунктам табл. VIII—2; 1, 2, 3 по данным задания и табл. VIII—1.

Графа 4. Угловой масштаб $\left(\frac{\Delta I}{\Delta d}\right)$ для периодов года:

холодного

$$\frac{3{,}6 \cdot 29\,000}{41{,}32 \cdot 1000} = 2{,}53 \text{ кДж/г, или } \frac{25\,016}{41{,}32 \cdot 1000} = 0{,}605 \text{ ккал/г;}$$

переходного

$$\frac{3{,}6 \cdot 81\,613}{41{,}32 \cdot 1000} = 7{,}13 \text{ кДж/г или } \frac{70\,356}{41{,}32 \cdot 1000} = 1{,}7 \text{ ккал/г;}$$

теплого

$$\frac{3{,}6 \cdot 100\,000}{41{,}32 \cdot 1000} = 8{,}70 \text{ кДж/г, или } \frac{86\,216}{41{,}32 \cdot 1000} = 2{,}08 \text{ ккал/г.}$$

Графа 5. Параметры наружного воздуха по ранее приведенным данным проставляем в таблице и наносим на *I—d*-диаграмму (точки *1*, *2*, *3* на рис. VIII—1).

Графа 6. Значение параметров вводимого воздуха находим по *I—d*-диаграмме.

Графы 7, 8. Задаваясь температурой воздуха в рабочей зоне в соответствии с данными табл. I—2, по угловому масштабу находим остальные параметры воздуха (рис. VIII—1).

Графа 9. Связующий эффект определяется:

по теплу — как разность энтальпий уходящего и вводимого воздуха;

по влаге — как разность влагосодержаний уходящего и вводимого воздуха.

Таблица VIII—2

Ведомость расчетных воздухообменов по варочному отделению консервного завода, расположенного в Запорожье

№ п.п.	Расчетные величины	Периоды года		
		холодный	переходный	теплый
1	2	3	4	5
1	Внутренний объем, м³		3000	
2	Число работающих		25	
3	Избыточные тепловыделения			
	Вт	29000	81613	10000(
	ккал/ч	25016	70336	8621(
	Избыточные влаговыделения, кг/ч	41,32	41,32	41,3
4	Угловой масштаб (тепловлажностное отношение)			
	кДж	2,53	7,13	8,7(
	ккал/г	0,605	1,7	2,0
5	Параметры наружного воздуха			
	$t_н$, °С	—23	10	27,1
	φ, %	82	75	42
	$I_н$, кДж/кг	—22	24,7	51,4
	ккал/кг	5,25	5,9	12,2
	d, г/кг	0,40	5,8	9,5
6	Параметры вводимого воздуха (после подогрева на калорифере в переходный и холодный периоды года)			
	$t_{пр}$, °С	20	16,8	27,1
	φ, %	5	51	42
	$I_{пр}$, кДж/кг	20,92	31,4	51,4
	ккал/кг	5	7,48	12,2
	d, г/кг	0,40	5,9	9,5
7	Параметры воздуха в рабочей зоне			
	$t_{р.з}$, °С	20	20	31
	φ, %	10	44	35
	$I_{р.з}$, кДж/кг	22,80	36,7	57,7
	ккал/кг	5,45	8,76	13,5
	d, г/кг	1,14	6,64	10,1
8	Параметры уходящего воздуха			
	$t_{ух}$, °С	20	20	31
	φ, %	10	44	36
	$I_{ух}$, кДж/кг	22,8	36,7	56,7
	ккал/кг	5,45	8,76	13,5
	d, г/кг	1,14	6,64	10,1

Продолжение табл. VII—2

№ п.п.	Расчетные величины	Периоды года		
		холодный	переходный	теплый
1	2	3	4	5
9	Связующий эффект			
	по теплу ΔI, кДж/кг	1,88	5,3	5,3
	ккал/кг	0,45	1,28	1,28
	по влаге Δd, г/кг	0,74	0,74	0,61
10	Расчетный воздухообмен L, м³/ч	46300	46300	56200
11	Расход воздуха через местные отсосы, м³/ч	46300	46300	46300
12	Расход тепла на подогрев приточного воздуха Q,			
	Вт	662000	102500	—
	ккал/ч	570000	87900	—
13	Кратность воздухообмена	15,4	15,4	18,7

Холодный период года

$\Delta I = 22{,}8 - 20{,}92 = 1{,}88$ кДж/кг, или $\Delta I = 5{,}45 - 5 = 0{,}45$ ккал/кг;

$$\Delta d = 1{,}14 - 0{,}40 = 0{,}74 \text{ г/кг}.$$

Переходный период года

$\Delta I = 36{,}7 - 31{,}4 = 5{,}3$ кДж/кг, или $\Delta I = 8{,}76 - 7{,}48 = 1{,}28$ ккал/кг;

$$\Delta d = 6{,}64 - 5{,}9 = 0{,}74 \text{ г/кг}.$$

Теплый период года

$\Delta I = 56{,}7 - 51{,}4 = 5{,}3$ кДж/кг, или $\Delta I = 13{,}53 - 12{,}25 = 1{,}28$ ккал/кг;

$$\Delta d = 10{,}11 - 9{,}5 = 0{,}61 \text{ г/кг}.$$

Графа 10. Расчетный воздухообмен по периодам года: холодный

$$L = \frac{3{,}6 \cdot 29\,000}{1{,}88 \cdot 1{,}2} = \frac{25\,016}{0{,}45 \cdot 1{,}2} = \frac{41{,}32 \cdot 1000}{0{,}74 \cdot 1{,}2} = 46\,300 \text{ м}^3/\text{ч};$$

переходный

$$L = \frac{3{,}6 \cdot 81\,613}{5{,}3 \cdot 1{,}2} = \frac{70\,356}{1{,}28 \cdot 1{,}2} = \frac{41{,}32 \cdot 1000}{0{,}74 \cdot 1{,}2} = 46\,300 \text{ м}^3/\text{ч};$$

теплый

$$L = \frac{3{,}6 \cdot 100\,000}{5{,}3 \cdot 1{,}2} = \frac{86\,216}{1{,}28 \cdot 1{,}2} = \frac{41{,}32 \cdot 1000}{0{,}61 \cdot 1{,}2} = 56\,200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Графа 11. Заполняется по данным, приведенным в начале примера.

Графа 12. Расход тепла на подогрев приточного воздуха по периодам года:

холодный

$$Q = \frac{46\,300 \cdot 1{,}2\,(20{,}92 + 22)}{3{,}6} = 662\,000 \text{ Вт},$$

или $Q = 46\,300 \cdot 1{,}2\,(5 + 5{,}25) = 57\,000$ ккал/ч;

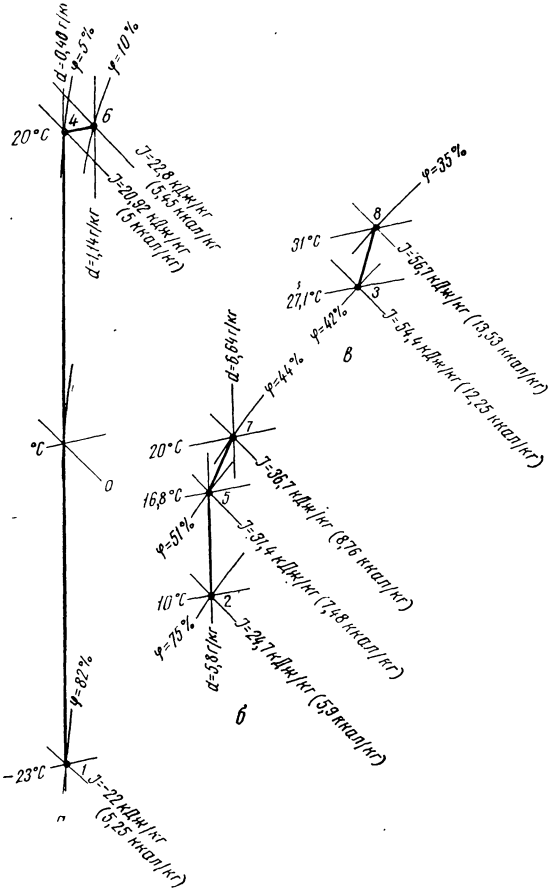


Рис. VIII—1. Построение в *I — d*-диаграмме процесса изменения состояния воздуха для расчета воздухообменов варочного отделения консервного завода в Запорожье:

а — холодный период года; *б* — переходный период года; *в* — теплый период года; *1, 2, 3* — параметры наружного воздуха; *4, 5* — параметры воздуха после подогрева в калорифере; *6, 7, 8* — параметры воздуха в рабочей зоне и уходящего воздуха.

переходный

$$Q = 46\,300 \cdot 1,2 \cdot \frac{31,4 - 24,7}{3,6} = 102\,500 \text{ Вт},$$

или $Q = 46\,300 \cdot 1,2\,(7,48 - 5,9) = 87\,900$ ккал/ч.

Графа 13. Кратность воздухообмена в периоды года: холодный и переходный

$$\frac{46\,300}{3000} = 15,4;$$

теплый

$$\frac{56\,200}{3000} = 18,7.$$

Как видно из таблицы VIII—2, в теплый период года кроме местных отсосов требуется дополнительная вытяжка.

Газовыделение и определение необходимых воздухообменов

На отдельных участках технологического процесса пищевых производств выделяются вредные и ядовитые газы.

К ним относятся.

Углекислый газ (CO_2). Газ бесцветный, практически без запаха, с кисловатым вкусом. Плотность при 0° С 1,96 кг/м³, при 20° С 1,86 кг/м³; предельно допустимая концентрация 9000 мг/м³.

Образуется в процессе брожения органических веществ в бродильных отделениях и отделениях дображивания и фильтрации пива пивоваренных заводов, в бродильных чанах винодельческих заводов, в винных бочках со старым вином, на складах зерна, в овощехранилищах и силосных башнях, в хранилищах квашенных овощей, в маточных чанах дрожжевых заводов, в солодорастильных отделениях пивоваренных и солодовенных заводов.

Обладает наркотическим действием, раздражает кожу и слизистые оболочки, возможны смертельные отравления. Высокое содержание CO_2 связано с понижением содержания кислорода в воздухе, что является причиной быстрой смерти.

Угарный газ (CO). Плотность при 0° С 1,25 кг/м³, при 20° С 1,16 кг/м³; предельно допустимая концентрация 20 мг/м³. Газ образуется при обжарке, выпечке и сушке продукции: при ферментации листового табака, в пекарных залах и топочных отделениях хлебозаводов.

CO оказывает непосредственное токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями кислорода. Основные симптомы при отравлении — потеря сознания, судороги, одышка, удушье.

Хроническое отравление, наступающее при непрерывном вдыхании воздуха, содержащего от 10 до 50 мг/м³ CO, снижает устойчивость к инфекциям, в особенности к туберкулезу и гнойничковым заболеваниям кожи.

Сернистый газ (SO_2). Бесцветный газ с острым запахом. Порог восприятия от 3 до 6 мг/м³. Плотность при 0° С 2,86 кг/м³, при 20° С 2,66 кг/м³; предельно допустимая концентрация 10 мг/м³.

Выделяется из продукции, обработанной этим же газом на крахмалосушильных и крахмало-паточных заводах, на консервных заводах при сульфитации продукции, на кондитерских фабриках при десульфитации продукции.

Даже очень малые концентрации действуют раздражающе на слизистые оболочки. Более высокие концентрации вызывают воспаление слизистых оболочек носа, носоглотки, трахеи и бронхов, выражающееся в приступах сухого кашля, хрипоте, ощущении щекотанья в носу, жжение и боли в горле, болях в груди и в подложечной области. Вызывает слезотечение, порой носовые кровотечения. Однократное вдыхание очень высоких концентраций приводит к одышке, посинению и быстро наступающему расстройству сознания.

Аммиак (NH_3). Бесцветный газ с острым запахом, порог восприятия 0,037 мг/м³. Плотность жидкого аммиака при 0° С 0,64 кг/м³, при 25° С 0,59 кг/м³; предельно допустимая концентрация 20 мг/м³. Используется в холодильных машинах.

Поступает в воздух помещения за счет прорыва через неплотности оборудования и трубопроводов.

При объемной концентрации аммиака в воздухе свыше 11% и наличии открытого пламени загорается. Взрывные концентрации лежат в пределах от 15 до 26,8% объемной концентрации. Наибольшее давление взрыва аммиачно-воздушной смеси составляет около 0,45 МПа.

Высокая концентрация вызывает обильное слезотечение и боль в глазах, удушье, сильные приступы кашля, головокружение, боль в желудке, рвоту, задержку мочи. При небольших концентрациях — более легкое раздражение глаз и слизистой носа, чихание, слюнотечение, легкая тошнота и головная боль, покраснение лица, потливость, боль в груди, позывы на мочеиспускание.

Водород (H_2). Бесцветный газ, без запаха и вкуса. Физиологически инертный газ. Плотность 0,07 мг/м³. В смеси с кислородом (2 : 1) составляет гремучую смесь. Образуется при зарядке аккумуляторов.

Фактическая концентрация вредных и ядовитых газов, прорывающихся в помещение, определяется на основании экспериментальных исследований, проводимых санитарно-эпидемиологическими станциями или специально оснащенными лабораториями предприятий. Реже пользуются расчетами.

Необходимый воздухообмен (в м³/ч) для доведения концентрации газов до предельно допустимой в воздухе помещений вычисляется по формуле

$$L = \frac{G_г}{K}, \qquad \text{(VIII—5)}$$

где $G_г$ — фактическая концентрация газа в воздухе помещения, мг;
K — предельно допустимая концентрация газа, мг/м³.

Примечание. Содержание газов в приточном наружном воздухе не учитывается.

В производственных помещениях с выделением вредных и ядовитых газов рециркуляция воздуха не допускается. Воздухообмены необходимо проверять на поглощение избытков тепла и влаги.

Кратность воздухообменов в помещениях с выделением вредных и ядовитых газов

Производственные помещения	Выделяющийся газ	Предельно допустимая концентрация, мг/м³	Возможная концентрация газов в помещении, мг	Кратность воздухообменов	
				приток +	вытяжка —
Хлебозаводы					
дрожжевое отделение	Углекислый газ (CO_2)	9000	24000—29000	+4	—5
пекарный зал	Угарный газ (CO)	20	16—18	+1	—1
бродильные отделения (закрытое брожение)	Углекислый газ (CO_2)	9000	6000—10000	+1	—1
Крахмалосушильные заводы					
отделение измельчения кукурузы и выделение крахмала	Сернистый газ (SO_2)	10	28—29	+3	—5
отделение размыва кукурузного крахмала	То же	10	120—131	+15	—18
отделение размыва картофельного крахмала	»	10	20—25	+2	—3
отделение обработанного грязевого и ловушечного крахмала	»	10	26—30	+2	—3
Винодельческие заводы					
бродильно-прессовые отделения	Углекислый газ (CO_2)	9000	25000—30000	+3	—3
отделения производства вина по красному способу	Углекислый газ (CO_2)	9000	25000—30000	+3	—3
Отделения фильтрации и доображивания пива пивоваренных заводов	Углекислый газ (CO_2)	9000	6000—10000	+1	—1

Примечание. Данными настоящей таблицы можно пользоваться только при отсутствии экспериментальных данных о количестве фактически выделяющихся газов.

В случаях, когда отсутствует возможность получить данные о фактической концентрации газов в воздухе производственных помещений допускается принимать воздухообмены по таблице VIII—3.

Количество углекислого газа (в мг/ч), выделяющегося при солодоращении на пивоваренных и солодовенных заводах, составит

$$G_{CO_2} = 3500\, G_{сол}, \qquad \text{(VIII—6)}$$

где $G_{сол}$ — масса замачиваемого ячменя, загружаемого ежесуточно в солодовню, кг.

Машинные и аппаратные отделения аммиачных холодильных станций должны быть оборудованы приточно-вытяжной механической вентиляцией, рассчитанной на следующую кратность обмена воздуха в час: приток +2; вытяжка —3.

Указанный воздухообмен должен быть проверен на ассимиляции тепловыделений, поступающих в помещение от работающего оборудования.

Кроме того, в этих помещениях предусматривают автономную аварийную вытяжную вентиляцию, рассчитанную на семикратный обмен воздуха в час. Совместная работа аварийной и обычной вентиляции должна обеспечить десятикратный воздухообмен в час.

Аварийная вентиляция должна быть оборудована автоматическим устройством для включения ее от газоанализатора и иметь пусковые приспособления как внутри вентилируемых помещений — у входа, так и вне их — на наружной стене здания.

В помещениях приборов и средств автоматизации осуществляют приточную вентиляцию с подпором, предотвращающим проникновение воздуха с повышенной концентрацией аммиака.

Зарядные помещения зарядных станций в верхней своей зоне относятся к взрывоопасным класса В — 1Б с категорией смеси 4А (водород). Нижняя зона этих помещений считается невзрывоопасной.

Граница между верхней и нижней зонами условно проходит на высоте $^2/_3$ от общей высоты помещения, считая от уровня пола.

По пожарной опасности эти помещения относятся к категории Е. Зарядные помещения оборудуют механической приточно-вытяжной вентиляцией и естественной вытяжной вентиляцией.

Потребный расход свежего воздуха (в м^3/ч), подаваемого приточной вентиляцией для одной батареи

$$L = 0{,}07\, In, \qquad \text{(VIII—7)}$$

где I — зарядный ток, А;

n — число элементов одной аккумуляторной батареи.

Естественная вентиляция в зарядном помещении и помещении хранения заряженных батарей должна обеспечивать в 1 ч обмен воздуха с кратностью 0,25 объема механической вентиляции, но не менее однократного объема помещения. Только при этих условиях водород выводится из помещения.

Вентиляционная система зарядного помещения рассчитана только на обслуживание зарядного помещения. Кислотные и щелочные аккумуляторные батареи должны иметь раздельные вентиляционные устройства. Подключать вентиляцию к дымоходам или общей системе вентиляции здания запрещается.

Вытяжные вентиляционные устройства зарядного помещения должны иметь два вентилятора — рабочий и резервный с автомати-

ческим включением при остановке рабочего. Вентиляторы применяют взрывозащищенного исполнения. Вытяжка из верхней зоны составляет $^2/_3$, а из нижней зоны — $^1/_3$ общего объема вытяжки.

Рекомендуемые схемы общеобменной вентиляции

Эффективность работы систем общеобменной вентиляции зависит не только от расчетного воздухообмена для локализации вредностей, но и главным образом от принятой схемы подачи и удаления воздуха.

Ниже приводятся рекомендуемые схемы общеобменной вентиляции производственных помещений предприятий.

Хлебозаводы

Склады тарного хранения муки. Основная вредность — мучная пыль. Работа тяжелая, связанная с выгрузкой мешков с мукой в завальную яму. Помещение отапливается. От башмака и головки нории предусматриваются местные отсосы.

У ворот в холодный период года необходимо создавать воздушно-тепловую завесу, предотвращающую поступление холодного воздуха в помещение. В холодный период года для компенсации местных отсосов следует предусматривать приток подогретого наружного воздуха с подачей его в верхнюю зону с возможно малыми скоростями. В теплый период года — приток естественный через фрамуги окон или через ворота.

Склады бестарного хранения муки. Закрытый склад отапливается, пылевыделение незначительное — за счет прорыва мучной пыли через неплотности. Рекомендуется периодическая уборка помещений при помощи централизованной пневматической пылесосной установки.

В настоящее время получили распространение открытые склады бестарного хранения муки.

Просеивательное отделение. Вредность — мучная пыль. Работа легкая. Помещение отапливается.

Следует предусмотреть аспирацию пылящих машин: бурата-просевателя, просевательно-дозировочного агрегата, автовесов, шнеков, норий. В холодный период года необходимо подавать подогретый наружный воздух для компенсации местных отсосов. Раздача воздуха в верхнюю зону с возможно малыми скоростями. В теплый период года приток воздуха естественный — через фрамуги окон.

Дрожжевое и заквасочное отделение. Вредности — тепло от оборудования и углекислый газ. Работа средней тяжести. Помещение отапливается. Во все периоды года — вытяжка механическая, при этом $^1/_3$ из нижней зоны, $^2/_3$ из верхней зоны.

В рабочую зону — приток механический, в холодный период года — с подогревом.

Тестоприготовительные, тесторазделочные и пекарные отделения, размещаемые в одном помещении. Основная вредность — тепло от печей, камер окончательной расстойки теста и от остывающего хлеба. Кроме того, в пределах допустимой концентрации выделяется угарный газ (CO). Работа средней тяжести.

Тепловыделение от сквозных печей типа ПХС — незначительное [23,2 Вт/м³, или 20 ккал/(м²·ч)], а от тупиковых печей типа ФТЛ-2 — значительное [>23,2 Вт/м³, или 20 ккал/(м³·ч)].

Подачу приточного воздуха с механическим побуждением следует предусматривать в проходах между печью и стояком камеры расстойки (место работы хлебоукладчицы) в количестве, обеспечивающем подвижность воздуха в поперечном сечении прохода не менее 1,0 м/с в теплый период года и 0,5 м/с в холодный период года и рассредоточено в верхней зоне.

Суммарное количество приточного воздуха должно быть равно расчетному. В холодный период года приточный воздух подлежит подогреву. Рециркуляция воздуха не допускается.

Вытяжка осуществляется:

при незначительных тепловыделениях крышными вентиляторами;

при значительных тепловыделениях через аэрационный фонарь или шахту.

Отопление не предусматривается, однако при наличии больших остекленных поверхностей и расположении рабочих мест около них необходима установка отопительных приборов под ними.

От сквозных печей типа ПХС предусматривается дополнительный отвод продуктов сгорания и воздуха, отсасываемого от загрузочного и выгрузочного отверстия печи вертикальными трубами через кровлю в атмосферу. Объем отсасываемого воздуха принимается по паспорту печи.

Топочное отделение (печей типа ФТЛ-2). Вредности — тепло, угольная пыль, газ. При газовом топливе работа легкая, а при твердом топливе — тяжелая. Помещение не отапливается.

Приток воздуха следует осуществлять в холодный период года через фрамуги окон на высоте не менее 3 м от уровня пола с направлением воздуха вверх (например, с помощью козырьков), в теплый период года через оконные проемы на высоте не более 1,2 м от уровня пола до низа приточного проема.

Вытяжку оформляют в верхней зоне через шахту или фонарь незадуваемого типа. В особых случаях, когда отсутствует возможность организовать естественный приток, следует применять механический во все периоды года.

Конвейерные шкафы окончательной расстойки теста, камеры охлаждения хлеба. Предусматривается кондиционирование воздуха во все периоды года.

Хлебохранилища. Основные вредности — тепло и влага от остывающего хлеба. Работа средней тяжести. Отопление воздушное, совмещенное с вентиляцией. Вытяжка — из верхней зоны крышными вентиляторами или естественная через шахты.

Приток рассредоточенный по воздуховодам в верхнюю зону, в холодный период года с подогревом приточного воздуха.

Экспедиция. Работа средней тяжести, помещение не отапливается. Для предотвращения поступления холодного воздуха предусматриваются у ворот воздушно-тепловые завесы.

Пекарное отделение кондитерского цеха. Вредность — тепло от печей и остывающей продукции. Работа средней тяжести. Отопление дежурное до 10° С.

Вытяжка — из верхней зоны через шахту или крышным вентилятором.

Приток — в верхнюю зону по воздуховодам с подогревом приточного воздуха в холодный период года. В теплый период года — приток естественный через фрамуги окон.

Помещение отделки и укладки пирожных, кладовая кондитерских изделий. Вредности — тепло и влага. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее. Предусматривается механическая вытяжка из верхней зоны во все периоды года.

Приток — в рабочую зону с подогревом в холодный период года. В теплый период года — приток естественный через фрамуги окон.

Макаронные фабрики

Помещение для подготовки муки и яичных обогатителей. Отопление постоянно действующее. Вытяжка из верхней зоны — механическая во все периоды года. Приток — в рабочую зону с подогревом в холодный период года. В теплый период года — приток естественный через фрамуги окон.

Сушильное отделение для сушки вермишели, звездочек и лапши. Приток для компенсации воздуха, забираемого сушилками, механический с подогревом приточного воздуха в холодный период года.

Вытяжка — отсос отработанного воздуха сушилок.

Тестоформовочное и упаковочное отделения, экспедиция и склад готовой продукции вермишели, звездочек и лапши. Вредность — тепло. Постоянно действующее отопление.

Местные отсосы от охлаждающих вибрационных аппаратов. Общеобменная вытяжка из верхней зоны естественная или механическая. Приток — в холодный период года в верхнюю зону с подогревом, в теплый период года — естественный.

Поточная линия производства длинных макарон. На всех участках линии — кондиционирование воздуха во все периоды года для поддержания заданной относительной влажности.

Следует учитывать отсос воздуха из помещения вентиляторами сушилок.

Крахмалосушильные заводы

Моечное отделение, отделение измельчения картофеля, осушающих центрифуг. Вредность — влага с поверхности пола и оборудования. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Приток воздуха — механический, во все периоды года его следует осуществлять в рабочую зону с подогревом воздуха в холодный период года.

Испарение влаги с поверхности пола происходит за счет тепла сухой части воздуха. Поэтому в указанных помещениях в теплый период года температура воздуха будет всегда ниже температуры наружного. В связи с этим необходимо в теплый период года по-

давать в рабочую зону максимально возможное количество наружного воздуха и тем самым уменьшить перепад температур.

Вытяжка во все периоды года — механическая из верхней зоны.

Следует иметь в виду, что эффективность работы вентиляции может быть достигнута только подачей приточного воздуха в рабочую зону. Вытяжная вентиляция в данном случае имеет второстепенное значение.

Отделение сушки и подработки сухого крахмала, упаковка и хранение сухого крахмала. Вредности — тепло и крахмальная пыль. Работа средней тяжести. Отопление дежурное (5° С).

Местные отсосы — от сушилок, буратов, норий.

Приток — механический в верхнюю зону с возможно малыми скоростями с подогревом воздуха в холодный период года.

Дополнительно к местным отсосам, если это подтверждается расчетом по тепловыделениям, предусматривается механическая вытяжка из верхней зоны.

Отделение замочки кукурузы и выделения ростков, отделение измельчения кукурузы и выделение крахмала, отделение размыва кукурузного и картофельного крахмала, обработки грязевого и ловушечного крахмала. Вредности — сернистый газ (SO_2) и влага. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Воздухообмен необходимо определять как сумму потребных воздухообменов по сернистому газу и влаге.

Вытяжка — механическая во все периоды года, при этом $^2/_3$ из нижней зоны и $^1/_3$ из верхней.

Приток — механический в рабочую зону во все периоды года с подогревом в холодный период года.

При эксплуатации следует иметь в виду, что эффективность работы вентиляции в данном случае может быть достигнута только при одновременной работе приточной и вытяжной систем.

Примечание: нижняя зона — 0,5 м от уровня пола, верхняя зона — 0,5 м от потолка.

Отделение гидролиза крахмала. Вредности — пары соляной или серной кислоты. Работа легкая. Отопление постоянно действующее.

Гидролизный чан укрывается, и от него предусматривается отсос паров кислоты с выбросом в атмосферу.

На случай прорыва паров кислоты необходимо осуществлять механическую вытяжку во все периоды года в дополнение к местному отсосу, при этом $^2/_3$ из нижней зоны и $^1/_3$ из верхней зоны. Приток — механический в рабочую зону с подогревом воздуха в холодный период года.

Отделение нейтрализации крахмала. Вредности — углекислый газ (CO_2) и тепло. Работа легкая. Отопление постоянно действующее.

Местные отсосы предусматриваются от нейтрализатора, замочного чана, сдвоенного барабанного сита.

Вытяжка (в дополнение к местным отсосам) — механическая во все периоды года, при этом $^2/_3$ из нижней зоны и $^1/_3$ из верхней зоны.

Приток — механический в рабочую зону с подогревом воздуха в холодный период года.

Фильтрационное отделение. Характеризуется выделением влаги и тепла от испарившейся влаги. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

От корыт фильтр-прессов — местные отсосы. Вытяжка — механическая из верхней зоны. Приток — механический в рабочую зону в проходы между оборудованием. В холодный период года воздух подогревается.

Выпарное отделение. Вредность — тепло. Работа легкая. Отопление дежурное (5° С).

Приток — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года. Кроме того, следует создать воздушные души на рабочих местах. Вытяжка — из верхней зоны естественная.

Отделение кристаллизации. Вредность — тепло. Схема вентиляции та же, что и для выпарного отделения.

Отделение центрифуг. Вредности — влага и тепло от испарившейся влаги. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Вытяжка — механическая из верхней зоны.

Приток — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Дрожжевые заводы

Дрожжерастильное отделение. Вредности — тепло и углекислый газ, выделяющийся в процессе ращения дрожжей в чанах. Работа легкая. Отопление постоянно действующее.

Отвод углекислого газа от дрожжерастильных чанов по вытяжной трубе в атмосферу.

Для локализации тепловыделений рекомендуется механическая вытяжка из верхней зоны и приток в рабочую зону — механический с подогревом воздуха в холодный период года.

Отделение формовочное, упаковочное, разведения дрожжей, сборников дрожжевого концентрата, отделения турбовоздуходувок. Вредность — тепло. Работа легкая. Отопление постоянно действующее.

Вытяжка — механическая из верхней зоны.

Приток — механический в рабочую зону с подогревом воздуха в холодный период года.

Сушильное, сепараторное отделение и цех чистых культур. Вредности — тепло и влага. Работа легкая. Отопление постоянно действующее.

Местные отсосы — от сушилок, вакуум-фильтров. Вытяжка — механическая из верхней зоны. Приток — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Кондитерские фабрики

Варочное отделение. Вредности — тепло и влага в значительных количествах. Работа средней тяжести. Отопление дежурное (10° С).

Местные отсосы от варочных котлов, универсального вакуум-варочного аппарата, варочной колонны, испарителя.

Для борьбы с туманообразованием в холодный период года необходимо создавать механический приток подогретого наружного воздуха в рабочую зону, как можно ближе к аппаратам, выделяющим влагу и тепло.

В теплый период года — приток механический в рабочую зону. Основная вытяжка за счет местных отсосов. Кроме того, следует предусматривать механическую вытяжку из верхней зоны.

Протирочное отделение, отделения подготовки сырья и роспуска крошек. Вредности — влага и тепло. Работа средней тяжести.

Отопление постоянно действующее. В теплый и холодный периоды года рекомендуется приточный воздух подавать в рабочую зону в непосредственной близости от влаговыделяющего оборудования. В холодный период года приточный воздух подогревается.

Вытяжка — механическая из верхней зоны.

Размольное отделение какао бобов. Вредности — пыль и тепло от сушилок. Работа средней тяжести. Отопление дежурное (10° С).

Местный отсос — выброс отработанного воздуха от сушилок. Приток — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Вытяжка — механическая в дополнение к местному отсосу, из верхней зоны.

Размольное отделение какао порошка. Вредность — пыль. Помещение охлаждается рассольными батареями, и в нем постоянно поддерживается температура 8° С.

Для локализации пыли устанавливается встроенная аспирационная установка с возвратом отработанного воздуха в помещении после очистки на рукавных матерчатых фильтрах.

Требуется тщательная герметизация размольного оборудования, обеспечивающая нормальную работу аспирационной установки.

Отделения приготовления шоколадных масс, измельчения и отделки шоколадных масс. Вредности — тепло и влага в незначительных количествах. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Приточный воздух подается в рабочую зону с механическим побуждением и подогревом в холодный период года.

Вытяжка — из верхней зоны механическая или естественная по местным условиям.

Пудрильное, рецептурное отделения и отделения отливки и выборки корпусов конфет. Вредность — крахмальная пыль. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Улавливать крахмальную пыль следует встроенной аспирационной установкой с возвратом отработанного воздуха.

Теплоприток от солнечной радиации, механической энергии и от работающих локализуется общеобменной вентиляцией.

Приток— механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года, вытяжка — механическая из верхней зоны.

Особое внимание должно быть обращено на тщательную герметизацию пылящего оборудования.

Паточная и сиропная станции. Вредности — тепло и влага в значительных количествах. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Предусматривается отсос влаги от сироповарочных котлов, растворителя сахара, дисутора.

Для предотвращения туманообразования надлежит приточный воздух, подогретый в холодный период года, подавать в рабочую зону как можно ближе к влаговыделяющему оборудованию.

Вытяжка — механическая из верхней зоны.

Отделение пекарных и вафельных печей. Вредность — тепло в значительных количествах. Работа средней тяжести. Отопление дежурное (5° С).

Приток воздуха с подогревом в холодный период года в рабочую зону. Приток должен обеспечить подвижность воздуха на рабочих местах не менее 1,0 м/с в теплый период года и 0,5 м/с в холодный период года.

Вытяжка — из верхней зоны механическая или естественная по местным условиям.

Отделение бисквитных печей. Вредность — тепло в незначительном количестве. Работа средней тяжести. Отопление дежурное (5° С).

От козырьков под загрузочным и выгрузочным отверстием печей предусматривается местный отсос.

Приток воздуха — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года. Вытяжка — механическая или естественная по местным условиям.

Отделения дражжировки, завертки, укладки и расфасовки карамели, укладки и завертки шоколада, производства различных сортов шоколада, отделение конвейерных печей бисквитного цеха, цехи изготовления тортов и пирожных. Круглогодичное кондиционирование воздуха для поддержания заданных параметров на постоянном уровне.

Цехи гофрированной и жестяной тары, литографии, хромографии, склоточная тарного цеха. Помещения характеризуются незначительными тепловыделениями от работающих, механической энергии и солнечной радиации. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Приток воздуха — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года, вытяжка — механическая из верхней зоны.

Винодельческие заводы

Дробильно-прессовое отделение. Работает в осенний период. Вентиляция не требуется. Дежурное отопление (5° С).

Бродильное, бродильно-прессовое отделения и отделение производства вина по красному способу. Вредности — углекислый газ (CO_2), прорывающийся через неплотности оборудования. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Рекомендуется трехкратный воздухообмен в час с устройством механической вытяжки в проходах между оборудованием, при этом $^2/_3$ из нижней зоны и $^1/_3$ из верхней зоны, и механического притока в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Отделение доображивания и хранения виноматериалов. Вредность — влага с поверхности пола. Работа легкая. Отопление постоянно действующее.

Предусматривается однократный воздухообмен в час с устройством естественной вытяжки из верхней зоны через шахты и механический приток воздуха в верхнюю зону с подогревом в холодный период года.

Дрожжевое отделение. Естественное проветривание.

Отделение термической обработки вина теплом. Вредность — тепло от оборудования. Работа легкая. Отопление постоянно действующее.

Вытяжка — естественная из верхней зоны. Приток — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Отделение нейтрализации и обработки отходов. Вредность — тепло от оборудования. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Вытяжка — естественная из верхней зоны. Приток механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Аппаратное отделение. Вредность — тепло. Естественная вентиляция (аэрация).

Отделение сушки ВКИ. Вредность — тепло от оборудования. Работа средней тяжести. Отопление дежурное (5°). Вытяжка — естественная из верхней зоны. Приток — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Отделение приема виноматериалов завода городского типа.

Предусматривается однократный воздухообмен в час.

Бутылкомоечное отделение и цех розлива. Вредности — тепло и влага. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее. Местные отсосы — от бутылкомоечной машины и сургучной ванны печатного автомата.

Вытяжка — механическая из верхней зоны. Приток — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Напорное отделение, отделение приема бутылок, склад посуды. Естественное проветривание.

Биохимическое отделение цеха шампанизации. Воздухообмен в час принимается равным однократному объему помещения. Вытяжка — из верхней зоны, приток — в рабочую зону.

Пивоваренные заводы

Отделение подработки ячменя и солода. Вредность — зерновая и мучная пыль. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Местные отсосы от нории, бункеров, автовесов, росткоотбивочных и полировочных машин, вальцовых станков, солододробилки.

Для компенсации местных отсосов должен быть предусмотрен приток наружного воздуха в верхнюю зону с возможно малыми скоростями. В холодный период года приточный воздух подогревается.

В теплый период года, исходя из местных условий, может быть предусмотрен естественный приток через фрамуги окон.

Помещение вертикальных солодосушилок непрерывного действия. Вредности — тепло в районе IV зоны (от вентиляторов подачи горячего воздуха в сушилку) и влага в верхней I зоне (бункер подвяливания). Отопление постоянно действующее.

В районе IV зоны необходимо предусмотреть механический приток наружного воздуха, подогретого в холодный период года, в рабочую зону. Вытяжка — механическая из верхней зоны. В этой зоне отопление не предусматривается. Воздухообмен определяется из условий поглощения избытков тепла от нагретых поверхностей воздуховодов и вентилятора.

В рабочую часть I зоны для предотвращения конденсации влаги на внутренних поверхностях наружных ограждений следует подать приточный подогретый в холодный период воздух как можно ближе к загрузочным бункерам сушилки. Вытяжка — из верхней зоны механическая.

На участке выгрузки высушенного солода из сушилки следует устроить аспирацию выносных и сборных шнеков, а также норий, предназначенных для подачи солода на подработку.

Варочный цех и его машинное отделение (подварочное). Вредность — тепло. Работа средней тяжести. Отопление дежурное (5° С).

Пароотводящие трубы от варочных, заторных и фильтрационных чанов должны быть выведены наружу для выброса паров в атмосферу.

Объединить эти трубы в одну общую (на любой высоте) или соединять их общим горизонтальным каналом не рекомендуется. Опытом эксплуатации установлено, что сборные вертикальные трубопроводы и горизонтальные каналы являются сборниками конденсата, и они в довольно короткий срок выходят из строя из-за коррозии.

Используя тепло пароотводящих труб, можно организовать естественную вытяжную вентиляцию из варочного отделения (см. раздел «Аэрация»).

Приток — механический в рабочую зону с подогревом приточного воздуха в холодный период года.

Отделения бутылочного и бочкового розлива, а также мойки бочек. Вредности — влага в значительных количествах и тепло. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Местные отсосы — от бутылкомоечных машин и зонта над местом пропарки бочек.

Приток — механический в рабочую зону с подогревом приточного воздуха в холодный период года. Температура приточного воздуха в холодный период года должна быть принята с учетом перегрева для испарения выделяющейся влаги. Вытяжка — механическая из верхней зоны.

Следует иметь в виду, что работа вытяжной вентиляции без организованного притока подогретого воздуха в холодный период года приводит к интенсивному туманообразованию в помещении.

Заводы безалкогольных напитков

Сироповарочное отделение производства газированных вод. Вредности — тепло и влага в значительных количествах. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

Отвод паров от сироповарочных котлов производится по специальному трубопроводу, выведенному через кровлю наружу.

Кроме того, необходимо оформить дополнительную вытяжку из верхней зоны — естественную или механическую.

Как и в предыдущем случае, решающим является механический приток воздуха в рабочую зону, с подогревом в холодный период года.

Купажное и водоочистное отделения, отделения мойки бутылок, розлива в бутылки, регенерации щелочи при производстве газированных вод. Вредности те же, что и в сироповарочном отделении. Схема вентиляции аналогичная.

Заторное и вакуум-выпарное отделение, бродильное и купажное отделения, отделение мойки бочек и розлива в бочки при производстве кваса. Вредности — влага и тепло. Работа средней тяжести. Отопление постоянно действующее.

От бутылкомоечной машины предусматривается отсос паров с выбросом их в атмосферу. Вытяжка — из верхней зоны механическая или естественная по местным условиям. Приток — механический в рабочую зону с подогревом в холодный период года.

Глава IX. АЭРАЦИЯ И ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ

Аэрация

В помещениях со значительными избыточными тепловыделениями (более 23,2 Вт/м³, или 20 ккал/(м³·ч) внутреннего объема) надлежит предусматривать естественную вентиляцию — аэрацию.

К таким помещениям относятся:

пекарные залы и топочные отделения хлебозаводов (тупиковые печи);

сушильные отделения макаронных фабрик (кроме поточных линий длинных макарон);

отделения пекарных, вафельных и бисквитных печей кондитерских фабрик;

варочные отделения пивоваренных заводов.

Хлебопекарные печи, печи для выпечки кондитерских изделий, печи для сушки макарон и сухарей, а также вафельные и бисквитные печи должны размещаться в одноэтажной части здания, имеющей наружные стены. При этом ширина и профиль кровли этой части здания должны быть такими, чтобы было обеспечено наиболее эффективное удаление вредных выделений естественным путем.

При необходимости расположения печей и сушилок в многоэтажных зданиях их следует размещать в верхних этажах, если это допустимо по условиям технологического процесса.

В случаях размещения печей и сушилок в промежуточных этажах многоэтажных зданий должна быть предусмотрена возможность пропуска через вышележащие этажи вытяжных аэрационных шахт за счет соответствующей компоновки технологического оборудования.

Аэрационные незадуваемые фонари или шахты должны располагаться вдоль фронта печей, непосредственно над ними.

Размещение шахт параллельно печам приводит к образованию застойных зон между шахтами, а фонарей в центре помещения вдоль печей — к застойным зонам у продольных стен.

В пекарных залах и топочных отделениях хлебозаводов допускается устройство общего аэрационного фонаря или шахты с обязательной установкой разделяющей перегородки внутри фонаря (или шахты), предотвращающей перетекание воздуха из топочного отделения в пекарный зал.

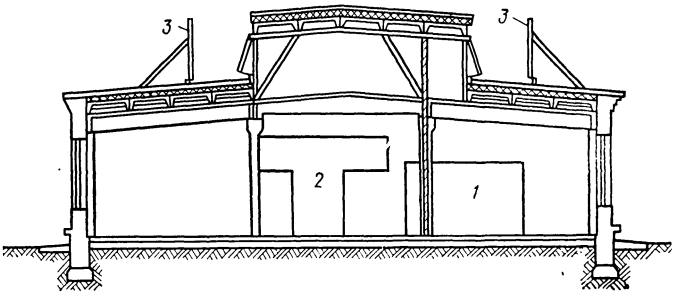


Рис. IX—1. Схема незадуваемого фонаря на покрытии хлебозавода: *1* — хлебопекарная печь; *2* — камера окончательной расстойки теста; *3* — ветрозащитные щиты.

Пристройки, отделяемые сплошными стенами или перегородками от помещений, где предусматривается аэрация, допускаются только при соблюдении следующих условий:

при размещении пристроек вдоль стен протяженность их не должна превышать 40% общей протяженности наружных стен данного помещения;

расположение пристроек или разрывы между ними должны обеспечивать возможность устройства в наружных стенах необходимых для аэрации оконных проемов.

Фонари будут не задуваемыми, если они защищены более высокими примыкающими зданиями, причем расстояние между последними превышает разницу в высотах высоких и низких частей зданий не более чем в 5 раз и если расстояние между фонарями, имеющими одинаковую высоту, не превышает 5 высот фонаря.

В последнем случае проемы фонарей на внешней стороне крайних пролетов могут быть либо глухими (если такая возможность подтверждается расчетом), либо защищенными ветрозащитной панелью или парапетом.

Схема фонаря с ветрозащитными панелями представлена на рис. IX—1.

Управление створками фонарей должно быть дистанционным и по возможности автоматическим.

Торцы между ветрозащитными панелями и фонарями, а также между фонарями в многопролетных зданиях рекомендуется зашивать. Пространство между фонарем и панелью желательно разгораживать поперечными перегородками через каждые 100 м длины фонаря.

Перегородки рекомендуется выполнять поворотными с вертикальной осью вращения для возможности продувания межфонарного пространства в зимнее время, чтобы предотвратить скапливание снега на покрытии.

Шахты выполняются из несгораемых материалов и утепляются. Шахты круглого, квадратного или прямоугольного сечения должны быть снабжены дефлекторными насадками или зонтами. Толщину ограждающих конструкций шахты или утеплителя выбирают из условий предотвращения конденсации на их внутренней поверхности.

Схема аэрационной шахты показана на рис. IX—2. На входном отверстии шахт надлежит устанавливать теплые регулирующие клапаны с дистанционным ручным или автоматическим управлением.

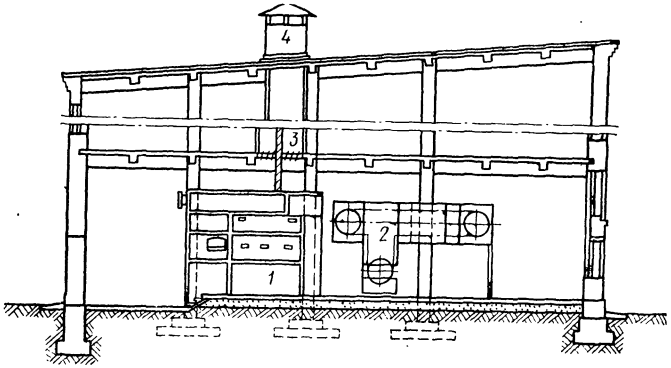


Рис. IX—2. Схема аэрационной шахты на хлебозаводе (многоэтажное здание):

1 — хлебопекарная печь; *2* — камера окончательной расстойки теста; *3* — регулирующий клапан; *4* — аэрационная шахта.

Поступление в помещение наружного воздуха при аэрации в теплый период года надлежит предусматривать на возможно более низкой отметке (0,3—1,2 м) от уровня пола до низа приточного проема, при этом приточные проемы должны быть закрыты мелкой сеткой, препятствующей проникновению в помещение мух и других насекомых.

В переходный и холодный периоды года в помещение следует подавать подогретый приточный воздух, температура которого определяется по данным, приведенным в главе VI.

Необходимая площадь фонарей или шахт (в м^2), а также приточных проемов может быть рассчитана по формуле

$$F = \frac{G}{420\sqrt{h \cdot \Delta t_{ср}}\, K_к}, \qquad \text{(IX—1)}$$

где G — расчетный воздухообмен, кг/ч;

h — расстояние между центром приточных проемов и центром проема фонаря или устьем шахты, м;

$$\Delta t_{ср} = \frac{t_{ух} + t_{р.з}}{2} - t_{пр}, \qquad \text{(IX—2)}$$

$t_{ух}$ — температура уходящего воздуха, °С;
$t_{р.з}$ — температура воздуха в рабочей зоне, °С;
$t_{пр}$ — температура приточного воздуха, °С;
$K_к$ — коэффициент, учитывающий конструкцию вытяжного устройства; для фонарей $K_к = 1$; для шахты $K_к = 1{,}2$.

Примечание. Площадь вытяжных шахт или фонарей при наличии постоянно действующей приточной механической вентиляции

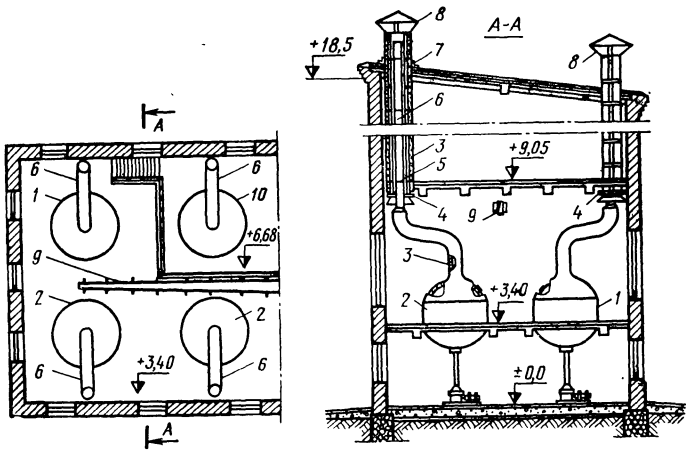


Рис. IX—3. Аэрационные шахты в варочном отделении пивоваренного завода:

1 — заторный чан; *2* — сусловарочный чан; *3* — тепловая изоляция; *4* — двусторонний шибер; *5* — хомут; *6* — пароотводящая труба; *7* — аэрационная шахта; *8* — зонт; *9* — воздуховод приточной системы; *10* — фильтрационный чан.

определяется по скорости движения воздуха в рабочем проеме шахты или фонаря, равной 2 м/с.

При наличии местных отсосов площади аэрационных отверстий определяются: для приточных по формуле (IX—1), вытяжных по следующей формуле

$$F' = \frac{G - G'}{420\sqrt{h \cdot \Delta t_{ср}}\, K_к}, \qquad \text{(IX—3)}$$

где G' — масса воздуха, удаляемого из помещения местными отсосами за 1 ч, кг.

В варочном отделении пивоваренных заводов аэрация осуществляется за счет использования теплового напора пароотводящих труб котлов. Участки пароотводящих труб котлов от низа перекрытия над варочным отделением до выхода на кровлю здания размещаются внутри вентиляционных шахт и не изолируются.

Вытяжные шахты, как правило, выполняются металлическими из отдельных сегментов, укрепляемых на фланцевых соединениях как по горизонтали, так и по вертикали (рис. IX—3).

Высота шахт в варочном отделении так же, как и пароотводящих труб, должна приниматься не менее 8 м (считая от потолка варочного отделения до выхлопного отверстия шахты). Входное отверстие шахты следует выполнять в виде конуса с учетом разворота не более 60° и снабжать двусторонним шибером для регулировки работы шахты в разные периоды года.

Площадь вытяжных шахт рассчитывается по формуле (IX—1), при этом температура уходящего воздуха из сусловарочного и заторного котлов принимается равной 60° С и для фильтрационного котла — 40° С.

Пример 1. В пекарном зале установлены 4 печи ФТЛ-2, тепловыделение составляет 132 000 ккал/ч.

Высота пекарного зала 6 м. Расстояние от середины приточного проема до устья шахты 7 м.

Расчетная температура наружного воздуха в теплый период года 24° С, температура воздуха в рабочей зоне 28° С.

Определить площадь шахты для аэрации.

Температура уходящего воздуха (см. главу VI)

$$t_{ух} = 28 + 4 = 32° \text{ С}.$$

Расчетный воздухообмен

$$G = \frac{Q}{0{,}24\,\Delta t} = \frac{132\,000}{0{,}24(32—24)} = 68\,800 \text{ кг/ч};$$

$$\Delta t_{ср} = \frac{32+28}{2} - 24 = 6° \text{ С}.$$

Необходимая площадь шахты

$$F = \frac{G}{420\sqrt{h \cdot \Delta t_{ср}}\,K_к} = \frac{68\,800}{420\sqrt{7 \cdot 6 \cdot 1{,}2}} = 21 \text{ м}^2.$$

Воздушно-тепловые завесы

Воздушно-тепловые завесы надлежит предусматривать у ворот экспедиций хлебозаводов, тарных складов муки хлебозаводов и макаронных фабрик, приемных отделений и экспедиций консервных заводов, экспедиций и складов табака табачных фабрик, экспедиций кондитерских фабрик, пивоваренных заводов и заводов безалкогольных напитков, цехов посуды пивоваренных, безалкогольных и винодельческих заводов.

Оборудование воздушно-тепловых завес — вентиляторы, калориферы — следует размещать над проемами ворот или на полу рядом с ними.

При размещении оборудования на площадке над воротами каждую завесу рекомендуется укомплектовать двумя независимыми агрегатами (по одному на каждый стояк), а при размещении его на

полу — число вентиляционных агрегатов определяется, исходя из конкретных местных условий.

Воздух для завес следует забирать на уровне установки агрегата. Подача воздуха из воздушно-тепловых завес может быть боковой, двухсторонней и по всей высоте открытой части проемов.

Выпуск воздуха из завесы лучше всего осуществлять под углом 30° к плоскости ворот.

Общий вид стояков воздушно-тепловых завес и их размещение показаны на рис. IX—4.

Для обеспечения выхода воздуха под заданным углом к плоскости проема ворот и в горизонтальном направлении — перпендикулярно к вертикальной оси стояка — глубину направляющих стенок

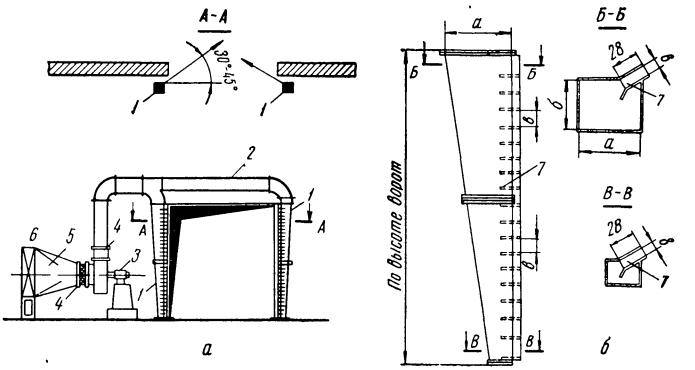


Рис. IX—4. Воздушно-тепловая завеса (*а*) и ее стояк (*б*):

1 — стояк; *2* — воздуховод; *3* — вентилятор с электродвигателем; *4* — гибкие вставки; *5* — диффузор; *6* — калорифер; *7* — направляющие лопатки.

щелевых насадков следует принимать равной или большей 2,5 ширины щелевого насадка. Допускается частичное размещение насадка внутри стояка.

Воздушные стояки завес и щелевые насадки изготовляются из листовой стали толщиной 1,5 мм.

Скорость движения воздуха в корне воздушного стояка должна быть не более 0,7 скорости выпуска воздуха из щели. Последняя в свою очередь не должна быть меньше 12 м/с.

Рекомендуется, чтобы температура воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, была не выше 70° С.

С достаточной для практических расчетов точностью температура воздуха, подаваемого воздушно-тепловой завесой $t_{зав}$ (°С), может быть определена по формуле

$$t_{зав} = t_н + 1,8\,(t_{см} - t_н), \qquad \text{(IX—4)}$$

где $t_н$ — температура наружного воздуха для расчета отопления, °С.

*Количество воздуха (в кг/ч), подаваемого одним стояком воздушно-тепловой завесы**

Температура наружного воздуха для расчета отопления $t_н$, °С	Размеры распашных ворот ($B \times H$), м					Размеры раздвижных ворот ($B \times H$), м				
	2×2,4	3×3	3×4	4×3,6	4×4,2	2×2,4	3×3	4×3	4×3,5	4×4,2
—15	6800	13 500	19 000	25 000	31 000	8 200	16 500	23 500	30 000	37 000
—20	7100	14 500	21 000	27 000	38 000	8 800	17 500	25 000	32 000	41 000
—25	7500	15 500	22 000	28 000	36 000	9 400	19 000	27 000	35 000	44 000
—30	8800	17 000	24 000	33 000	42 000	11 000	21 500	29 000	41 000	51 000
—35	9400	18 000	26 000	35 000	44 000	12 000	22 500	31 000	43 500	54 000
—40	10 000	19 500	27 000	38 000	47 000	13 000	24 500	33 000	46 500	58 000

Здание без фонарей, шахт и верхнего света; $t_{см} = 16°$ С, $t_{р.э} = 16°$ С, B — ширина ворот, H — высота.

Количество воздуха, которое необходимо за 1 ч подать воздушно-тепловыми завесами, позволяет определить табл. IX—1. Ширина щелей (в м) в стояках завесы

$$b = \frac{B}{40},$$

где B — ширина ворот.

Расход тепла на нагрев воздуха, подаваемого воздушно-тепловой завесой,

$$Q_{зав} = G_{зав} \cdot 0{,}278\,(t_{зав} - t_{см})\ \text{Вт},$$

$$\text{или } Q_{зав} = G_{зав} \cdot 0{,}24\,(t_{зав} - t_{см})\ \text{ккал/ч}, \qquad \text{(IX—5)}$$

где $G_{зав}$ — расход воздуха, подаваемого завесой, кг/ч (по табл. IX—1);

$t_{см} = 16°\,\text{C}$ — температура воздуха, поступающего на калорифер завесы.

Пример 2. Подобрать воздушно-тепловую двустороннюю завесу для ворот помещения экспедиции. Размер распашных ворот 3×3 м. Температура наружного воздуха для расчета отопления —22° С.

По табл. IX—1 находим расход воздуха G на один стояк завесы для $t_н = -25°\,\text{C}$. Он равен 15 500 кг/ч.

Суммарный расход воздуха на завесу

$$G_{зав} = 15\,500 \cdot 2 = 31\,000\ \text{кг/ч}.$$

Ширина щели $b = \frac{B}{40} = \frac{3{,}0}{40} = 0{,}075$ м.

Конструктивно принимаем $b = 0{,}08$ м.

Температура воздуха, подаваемого завесой,

$$t_{зав} = t_н + 1{,}8\,(t_{см} - t_н) = -22 + 1{,}8\,(16 + 22) \approx 46{,}5°\,\text{C}.$$

Плотность воздуха при $t = 46{,}5°\,\text{C}$ $\gamma = 1{,}1$ кг/м³.

Скорость выхода воздуха из щели завесы

$$v = \frac{G}{\gamma b H\,3600} = \frac{15\,500}{1{,}10 \cdot 0{,}08 \cdot 3{,}0 \cdot 3600} = 16{,}3\ \text{м/с}.$$

Расход тепла на нагрев воздуха

$$Q_{зав} = G_{зав} \cdot 0{,}278\,(t_{зав} - t_{см}) = 31\,000 \cdot 0{,}278\,(46{,}5 - 16) = 263\,000\ \text{Вт},$$

$$\text{или } Q_{зав} = G_{зав} \cdot 0{,}24\,(t_{зав} - t_{см}) = 31\,000 \cdot 0{,}24\,(46{,}5 - 16) =$$

$$= 227\,000\ \text{ккал/ч}.$$

Глава X. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА

Физические свойства воздуха

Сухой атмосферный воздух содержит около 21% кислорода, 78% азота и ≈1% инертных газов (аргона, гелия, неона и др.). Состояние воздуха характеризуется рядом параметров.

Температуру воздуха измеряют в градусах по шкале Цельсия или по шкале Кельвина.

Соотношение между термометрическими шкалами

$$T = (t + 273),$$

где T — температура по шкале Кельвина, К;

t — температура по стоградусной шкале Цельсия, °С.

Влажность воздуха может быть выражена двумя величинами — абсолютной или относительной влажностью.

Абсолютная влажность воздуха $\rho_п$ — это масса водяного пара, находящегося в 1 м³ влажного воздуха (в г/м³). Следовательно, $\rho_п$ — есть плотность пара в смеси.

Относительная влажность воздуха φ — отношение абсолютной влажности к максимально возможной массе водяного пара $\rho_{макс}$, которая может содержаться в 1 м³ влажного воздуха при тех же условиях (при той же температуре и барометрическом давлении)

$$\varphi = \frac{\rho_п}{\rho_{макс}} \cdot 100\%. \qquad (X—1)$$

Влагосодержанием d (в г/кг) называется масса водяного пара, содержащаяся во влажном воздухе, относимая к 1 кг сухой части воздуха

$$d = \frac{G_п}{G_{с.в}}, \qquad (X—2)$$

где $G_п$ — масса водяного пара, г;

$G^*_{с.в}$ — масса сухой части воздуха в смеси, кг.

Влагосодержание воздуха может быть выражено через соответствующие парциальные давления водяных паров $p_п$ и сухой части влажного воздуха $p_в$

$$d = 623 \frac{p_п}{p_в}, \qquad (X—3)$$

или

$$d = 623 \cdot \frac{p_п}{p_б - p_п}, \qquad (X—4)$$

где $p_б = p_п + p_в$ — давление влажного воздуха.

Влагосодержание 1 кг воздуха в насыщенном состоянии называется влагоемкостью и выражается отношением

$$d_н = 623 \cdot \frac{p_н}{p_б - p_н}, \qquad (X—5)$$

где $p_н$ — парциальное давление насыщенного водяного пара.

Температура точки росы — эта та температура, при которой начинается конденсация водяных паров из воздуха заданных параметров.

---

* Здесь и в дальнейшем индекс «с. в.» означает «сухой части воздуха».

Иными словами, температура точки росы есть та температура, при которой парциальное давление водяного пара $p_п$, содержащегося во влажном воздухе, будет равно парциальному давлению насыщенного водяного пара $p_н$ при той же температуре, $p_п — p_н$.

Удельная теплоемкость воздуха выражает количество тепла (в кДж или ккал), потребное для нагрева 1 кг воздуха на 1° С при постоянном давлении.

Для практических расчетов удельная теплоемкость воздуха $c_{с.в}$ и его барометрическое давление $p_б$ принимаются равными

$$c_{с.в} = 1{,}0 \text{ кДж/(кг·}K\text{)} \approx 0{,}24 \text{ ккал/(кг·°С)} \text{ при } t = 0° \text{ С}$$

$$\text{и } p_б = 101 \text{ кПа} \approx 760 \text{ мм рт. ст.}$$

Удельная теплоемкость пара

$$c_п = 1{,}84 \text{ кДж/(кг·К)} \approx 0{,}44 \text{ ккал/(кг·°С)}.$$

Энтальпия влажного воздуха

$$I_{см} = 1{,}0\,t + \frac{d}{1000}(2500 + 1{,}84\,t) \text{ кДж/кг с. в.},$$

$$\text{или } I_{см} = 0{,}24\,t + \frac{d}{1000}(597 + 0{,}44\,t) \text{ ккал/кг с. в}, \quad \text{(X—6)}$$

Первая часть уравнения «0,24 t» или «1,0 t» представляет собой энтальпию сухой части воздуха: 0,24 или 1,0 — удельная теплоемкость воздуха в ккал/кг или кДж/кг и t — его температура.

Вторая часть уравнения «$\frac{d}{1000}(597+0{,}44\,t)$» или «$\frac{d}{1000}(2500+1{,}84\,t)$» представляет собой скрытое тепло испаренной влаги, находящейся в воздухе: 597 (2500) — теплота испарения влаги при 0° С и $p_б$=760 мм рт. ст. (101 кПа); 0,44 (1,84) — удельная теплоемкость влаги, ккал/(кг·°С), или в кДж/(кг·К); t — температура испаряющейся влаги; d — масса влаги, находящейся в воздухе, в г.

Температура мокрого термометра — такая температура, которую принимает насыщенная воздушно-паровая смесь в процессе испарения при условии сохранения постоянного значения энтальпии, равному начальному.

Температура смеси воздуха (в °С)

$$t_{см} = \frac{G_1 t_1 + G_2 t_2}{G_1 + G_2}, \quad \text{(X—7)}$$

где G_1, t_1, G_2 и t_2 — масса и температура каждой составляющей.

Влагосодержание смеси (в г/кг)

$$d_{см} = \frac{G_1 d_1 + G_2 d_2}{G_1 + G_2}. \quad \text{(X—8)}$$

Энтальпия смеси (в кДж/кг или ккал/кг)

$$I_{см} = \frac{G_1 I_1 + G_2 I_2}{G_1 + G_2}. \quad \text{(X—9)}$$

Величина барометрического давления атмосферного воздуха на уровне моря (физическая атмосфера) в среднем составляет 101 кПа (760 мм рт. ст.). Техническая атмосфера — 100 кПа (735,6 мм рт. ст.).

В расчетах вентиляции приходится оперировать с небольшими давлениями, поэтому за единицу принимается обычно 1 кгс/м^2, соответствующее давлению 1 мм вод. ст., или 10 Па.

I—d-диаграмма влажного воздуха

Графическая зависимость основных параметров воздуха (t, φ, α, I и d) при заданном барометрическом давлении представлена в I-d-диаграмме, построенной в косоугольной системе координат с углом между осями (I и d) $\alpha=135°$ (см. приложение I и II).

На I—d-диаграмме показаны: вертикальные линии — значения влагосодержания d (в г/кг), наклонные (под углом 135° к d) — значения энтальпии I (в ккал/кг или кДж/кг), наклонные линии, направленные вправо вверх — значение температуры t в градусах Цельсия, кривые — значения относительной влажности φ (в %). По краю полей диаграммы сделаны засечки угловых масштабов. В нижней части диаграммы представлены парциальные давления влажной части воздуха при полном насыщении.

Построение процессов изменения состояния воздуха в I—d-диаграмме для большей наглядности представлено в виде конкретных примеров.

Пример 1. I. Задана температура $t=20°$, относительная влажность $\varphi=55\%$. Найти значения I и d.

На I—d-диаграмме (рис. X—1) на пересечении линии $t=20°$ С и кривой $\varphi=55\%$ находим точку A и получим $I=9{,}75$ ккал/кг (40,85 кДж/кг); $d=8{,}15$ г/кг.

II. Задана температура $t=23°$ С и энтальпия $I=10{,}4$ ккал/кг (43,6 кДж/кг). Найти значения d и φ.

По аналогии с предыдущим (рис. X—2) находим точку $Б$, на которой определяем $d=8{,}0$ г/кг; $\varphi=45\%$.

Вывод. По заданным двум параметрам воздуха на I—d-диаграмме можно определить остальные его параметры.

Пример 2. Воздух с параметрами $t=-20°$ С, $d=0{,}42$ г/кг нагревается в калорифере до $t=20°$ С. Найти остальные параметры воздуха.

На I—d-диаграмме (рис. X—3) находим точку B с заданными параметрами. При нагревании в калорифере влагосодержание воздуха не изменяется и будет постоянным. Процесс пойдет по $d=\text{const}$ по ординате $d=0{,}42$ г/кг до пересечения с линией $t=20°$ С.

В точке $Г$ находим $I=5{,}04$ ккал/кг (21,1 кДж/кг); $\varphi=3\%$.

Вывод. При нагревании воздуха (в калорифере и других устройствах) влагосодержание остается постоянным, температура и энтальпия увеличиваются, относительная влажность уменьшается.

Пример 3. Воздух с параметрами $t=20°$ С; $\varphi=3\%$ насыщается влагой при промывке в увлажнительной камере рециркуляционной водой. Найти параметры воздуха при полном насыщении.

В данном случае испарение влаги будет происходить за счет отдачи тепла сухой частью воздуха. Следовательно, температура будет уменьшаться, а влагосодержание и относительная влажность будут

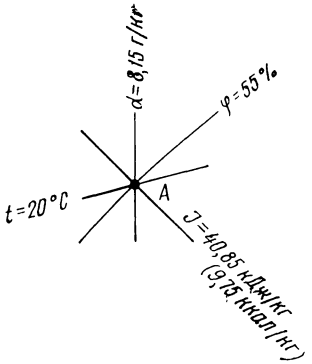


Рис. X—1. К примеру 1 (часть I).

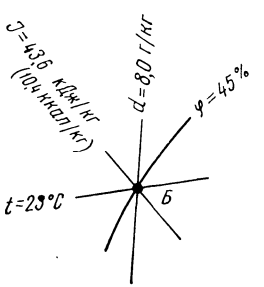


Рис. X—2. К примеру 1 (часть II).

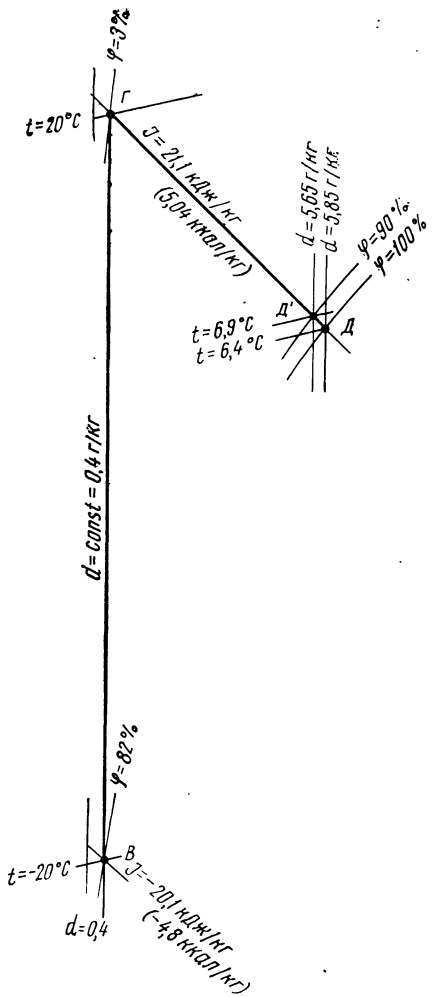


Рис. X—3. Нагрев и увлажнение воздуха:

В — начальные параметры воздуха; *Г* — параметры воздуха после нагрева; *Д'* — параметры воздуха после увлажнения; *Д* — температура мокрого термометра.

увеличиваться и одновременно с этим энтальпия воздуха будет постоянной. Процесс изменения состояния воздуха пойдет по $I=\text{const}$ до пересечения с кривой $\varphi=100\%$ (см. рис. X—3).

Начальные параметры воздуха: $t=20°$, $I=5{,}04$ ккал/кг; (21,1 кДж/кг); $d=0{,}4$ г/кг.

Конечные параметры воздуха (точка $Д$ на I—d-диаграмме рис. X—3): $t=+6{,}4°$ С, $I=21{,}1$ кДж/кг (5,04 ккал/кг); $d=5{,}85$ г/кг.

Указанное подтверждается формулой (X—6)

$$I = 1{,}0\,t + \frac{d}{1000}(2500 + 1{,}84\,t) \text{ кДж/кг},$$

$$\text{или } I = 0{,}24\,t + (597 + 0{,}44\,t)\,\frac{d}{1000} \text{ ккал/кг}.$$

Энтальпия сухой части воздуха после отдачи тепла на испарение влаги уменьшилась на

$$\Delta I_{\text{с.в}} = 20 - 6{,}4 = 13{,}6 \text{ кДж/кг},$$

или

$$\Delta I_{\text{с.в}} = 0{,}24\,(20 - 6{,}4) = 3{,}26 \text{ ккал/кг}.$$

Энтальпия влаги в воздухе увеличилась на

$$\Delta I_{\text{в}} = (2500 + 1{,}84 \cdot 6{,}4)\,\frac{5{,}85 - 0{,}4}{1000} = 13{,}6 \text{ кДж/кг},$$

$$\text{или } \Delta I_{\text{в}} = (597 + 0{,}44 \cdot 6{,}4)\,\frac{5{,}85 - 0{,}4}{1000} = 3{,}26 \text{ ккал/кг}.$$

Начальная энтальпия воздуха

$$I = 20 + (2500 + 1{,}84 \cdot 20)\,\frac{0{,}4}{1000} = 20 + 1{,}1 = 21{,}1 \text{ кДж/кг},$$

$$\text{или } I = 0{,}24 \cdot 20 + (597 + 0{,}44 \cdot 20)\,\frac{0{,}4}{1000} = 4{,}8 + 0{,}242 = 5{,}04 \text{ ккал/кг}.$$

Конечная энтальпия воздуха

$$I = 20 - 13{,}6 + 1{,}1 + 13{,}6 = 21{,}1 \text{ кДж/кг},$$

$$\text{или } I = 4{,}8 - 3{,}26 + 0{,}242 + 3{,}26 = 5{,}04 \text{ ккал/кг}.$$

Испарение влаги за счет тепла сухой части воздуха (с поверхности смоченного пола, увлажнение в оросительной камере рециркуляционной водой, доувлажнение путем разбрызгивания воды в помещении и т. п.) приводит к увеличению влагосодержания и относительной влажности, уменьшению температуры при постоянной энтальпии. Такой процесс носит название адиабатический.

Адиабатический процесс используется для испарительного охлаждения воздуха и его увлажнения в кондиционерах.

Теоретически при помощи адиабатической обработки относительная влажность воздуха может быть доведена до $\varphi=100\%$ и его температура до температуры мокрого термометра, т. е. до температуры разбрызгиваемой влаги. В практических условиях из-за неполн-

ного теплообмена между воздухом и водой относительная влажность воздуха при адиабатическом увлажнении может быть доведена до 90—95%, в то время как разбрызгиваемая влага будет иметь температуру мокрого термометра.

На I—d-диаграмме (рис. X—3) точка $Д$ характеризует температуру мокрого термометра ($t=6{,}4°$ С). Точка D' — температуру воздуха и все остальные его параметры.

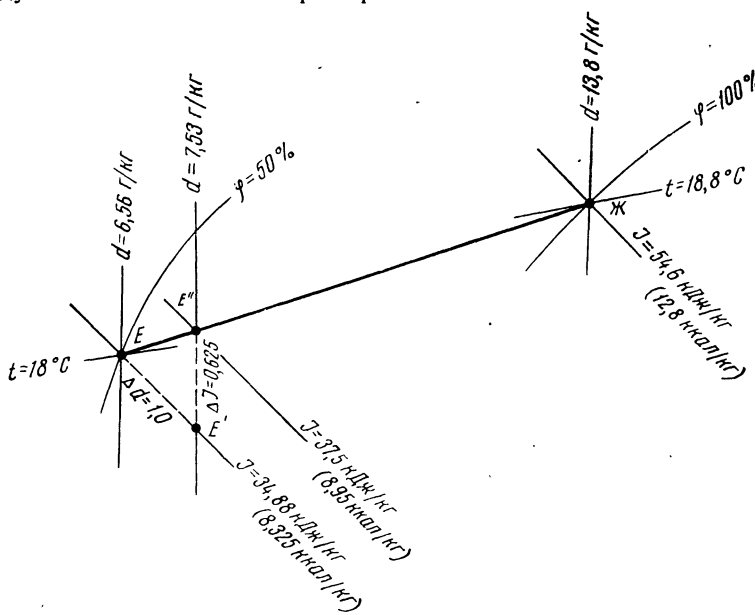


Рис. X—4. Построение углового масштаба:

E — начальные параметры воздуха; E' и E'' — точки, характеризующие угловой масштаб; $EЖ$ — линия углового масштаба.

Пример 4. В воздух помещения выделяется 30 кг влаги в час при температуре 60° С (открытый варочный котел). Начальные параметры воздуха: $t=18°$ С; $\varphi=50\%$; $I^*=8{,}3$ ккал/кг, $d=6{,}55$ г/кг (точка E на I—d-диаграмме рис. X—4). Найти параметры воздуха при полном насыщении.

Энтальпия испаренной влаги, вносимой в воздух помещения,

$$I_в = (597 + 0{,}44 \cdot 60)\frac{30\,000}{1000} = 18\,690 \text{ ккал/ч}.$$

Следовательно, помимо испаряющейся влаги воздух будет получать и тепло от нее.

---

* Здесь и далее значение I в системе СИ приведено на I—d-диаграммах.

Процесс изменения состояния воздуха пойдет по линии, характеризуемой одновременным увеличением влаги и энтальпий (d и I), по так называемому угловому масштабу.

Угловой масштаб (в Вт или ккал/ч) может быть представлен таким выражением

$$\varepsilon = \frac{I_2 - I_1}{d_2 - d_1} = \frac{\Delta I}{\Delta d} = \frac{Q}{W},$$

где I_1 и d_1 — начальные энтальпия и влагосодержание воздуха;
I_2 и d_2 — конечные энтальпия и влагосодержание воздуха;

$$\Delta I = I_2 - I_1; \quad \Delta d = d_2 - d_1;$$

Q — количество тепла, поступающего в воздух (с учетом скрытой теплоты испарения), Вт или ккал/ч;
W — количество влаги, поступающей в воздух, г/ч или кг/ч.

В нашем случае $\varepsilon = \frac{18\,650}{30\,000} = 0{,}625 \frac{\text{ккал}}{\text{г}}$.

Т. е. можно написать

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{\Delta d} = 0{,}625 \text{ или } \Delta I = 0{,}625\ \Delta d.$$

Если принять $\Delta d = 1$, тогда $\Delta I = 0{,}625$.

Используя полученные данные, можно в I—d-диаграмме построить линию направления процесса с помощью углового масштаба.

Из точки E проводим линию, параллельную ординате I. На ней откладываем величину $\Delta d = 1$ в масштабе I—d-диаграммы. Получим пунктирную прямую EE'. От точки E' проводим по линии $d = \text{const}$ вверх прямую и на ней в масштабе I—d-диаграммы откладываем $\Delta I = 0{,}625$, получим точку E'. Соединим точки E и E' и продолжим линию до $\varphi = 100\%$. Линия $EЖ$ и будет искомая линия углового масштаба: любая точка на этой линии показывает увеличение влагосодержания при одновременном увеличении энтальпии в заданном отношении.

Параметры точки $Ж$ определились: $t = 18{,}8°$ С; $\varphi = 100\%$; $I = 12{,}8$ ккал/кг; $d = 13{,}8$ г/кг.

Пример 5. Воздух с параметрами $t = 30°$ С, $\varphi = 50\%$ в количестве 20 000 кг/ч смешивается с воздухом, имеющим параметры $t = 16°$ С, $\varphi = 70\%$ в количестве 5000 кг/ч. Определить параметры смеси.

На I—d-диаграмме (рис. X—5) находим точки $И$ и $З$ отвечающие заданным параметрам составных частей воздуха входящих в смесь и соединяем их прямой.

Энтальпия смеси может быть определена по формуле

$$I_{см} = \frac{G_З I_З + G_И I_И}{G_З + G_И} = \frac{G_З I_З + G_И I_И}{G_{см}} =$$

$$= \frac{20\,000 \cdot 15{,}45 + 5000 \cdot 8{,}6}{20\,000 + 5000} = 14{,}2 \text{ ккал/кг}.$$

На линии $ИЗ$ находим значение $I_{см}=14{,}2$ ккал/кг, получим точку $К$. Отсюда видно, что точка смеси лежит на прямой, соединяющей точки $И$ и $З$, и делит эту линию на отрезки, обратно пропорциональные массе воздуха каждой из составных частей, т. е.

$$n=\frac{ИК}{КЗ}=\frac{5000}{20\,000}=\frac{1}{4}=\frac{2{,}38}{9{,}52}.$$

Длина линии $ИЗ=11{,}9$ см.

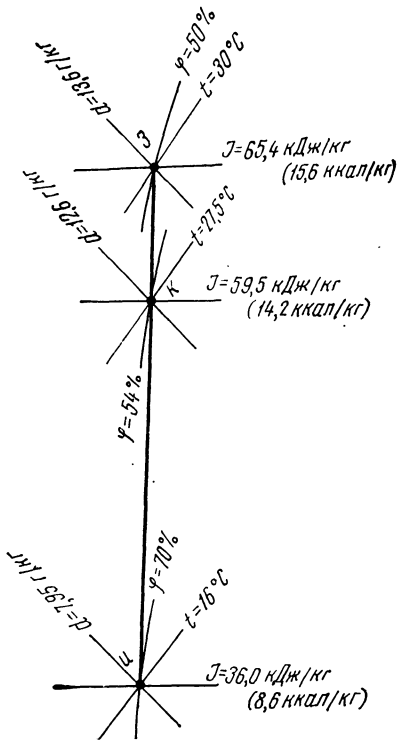


Рис. X—5. Построение процесса смешения воздуха разных параметров:
И и *З* — параметры воздуха первоначального состояния; *К* — параметры смеси

Пример 6. Воздух с параметрами $t=33°$ С, $\varphi=35\%$ охлаждается до температуры $t=8°$ С. Найти остальные параметры охлаждаемого воздуха.

На I—d-диаграмме (рис. X—6) находим точку $Л$ по заданным параметрам. Учитывая, что в практических условиях в оросительной камере или поверхностных воздухоохладителях максимальная относительная влажность охлаждаемого воздуха может быть не более 90%, находим точку $М$ с параметрами $t=8°$ С, $\varphi=90\%$ и опре-

Свойства воздуха

Температура воздуха, °С	$p_б$=99 кПа (745 мм рт. ст.)				$p_б$=101 кПа (760 мм рт. ст.)			
	Плотность сухого воздуха, кг/м³	Упругость водяного пара при полном насыщении		Влагосодержание влажного воздуха при полном насыщении, г/кг сухого воздуха	Плотность сухого воздуха, кг/м³	Упругость водяного пара при полном насыщении		Влагосодержание влажного воздуха при полном насыщении, г/кг сухого воздуха
		кПа	мм рт. ст.			кПа	мм рт. ст.	
—20	1,366	0,103	0,78	0,65	1,396	0,123	0,93	0,8
—19	1,361	0,117	0,88	0,70	1,390	0,134	1,01	0,8
—18	1,356	0,129	0,97	0,79	1,385	0,147	1,11	0,9
—17	1,351	0,143	1,07	0,86	1,379	0,161	1,21	1,0
—16	1,346	0,155	1,16	0,95	1,374	0,175	1,31	1,1
—15	1,341	0,168	1,26	1,05	1,368	0,191	1,43	1,2
—14	1,336	0,187	1,40	1,11	1,363	0,207	1,55	1,3
—13	1,331	0,204	1,53	1,28	1,358	0,224	1,68	1,4
—12	1,326	0,223	1,67	1,36	1,353	0,244	1,83	1,5
—11	1,321	0,240	1,80	1,44	1,348	0,264	1,98	1,6
—10	1,316	0,257	1,94	1,62	1,342	0,279	2,09	1,7
—9	1,311	0,287	2,14	1,71	1,337	0,303	2,27	1,9
—8	1,307	0,310	2,33	1,86	1,332	0,326	2,45	2,0
—7	1,302	0,348	2,53	2,06	1,327	0,355	2,66	2,2
—6	1,298	0,263	2,72	2,30	1,322	0,384	2,88	2,4
—5	1,293	0,366	2,89	2,43	1,317	0,415	3,11	2,6
—4	1,288	0,423	3,17	2,64	1,312	0,450	3,37	2,8
—3	1,283	0,460	3,45	2,90	1,308	0,486	3,64	3,0
—2	1,278	0,497	3,72	3,15	1,303	0,525	3,94	3,2
—1	1,273	0,533	4,00	3,48	1,298	0,568	4,26	3,5
0	1,268	0,572	4,28	3,60	1,293	0,613	4,60	3,8
1	1,263	0,631	4,73	4,05	1,288	0,659	4,94	4,10
2	1,259	0,692	5,19	4,35	1,284	0,707	5,30	4,30
3	1,254	0,752	5,64	4,64	1,279	0,759	5,69	4,70
4	1,249	0,814	6,10	5,05	1,275	0,814	6,10	5,0
5	1,245	0,872	6,54	5,50	1,270	0,871	6,53	5,4
6	1,241	0,939	7,04	5,78	1,265	0,931	6,99	5,82
7	1,234	1,01	7,55	6,30	1,261	0,998	7,49	6,17
8	1,233	1,07	8,05	6,61	1,258	1,065	8,02	6,69
9	1,229	1,135	8,56	7,08	1,252	1,139	8,57	7,12
10	1,225	1,21	9,06	7,75	1,248	1,219	9,16	7,64
11	1,220	1,31	9,81	8,22	1,243	1,30	9,77	8,07
12	1,216	1,405	10,56	8,80	1,239	1,39	10,46	8,69
13	1,211	1,51	11,32	9,44	1,235	1,48	11,16	9,30
14	1,207	1,605	12,06	10,04	1,230	1,585	11,90	9,91
15	1,202	1,71	12,82	10,90	1,226	1,69	12,70	10,62

Температура воздуха, °С	$p_б = 99$ кПа (745 мм рт. ст.)				$p_б = 101$ кПа (760 мм рт. ст.)			
	Плотность сухого воздуха, кг/м³	Упругость водяного пара при полном насыщении		Влагосодержание влажного воздуха при полном насыщении, г/кг сухого воздуха	Плотность сухого воздуха, кг/м³	Упругость водяного пара при полном насыщении		Влагосодержание влажного воздуха при полном насыщении г/кг сухого воздуха
		кПа	мм рт. ст.			кПа	мм рт. ст.	
16	1,198	1,832	13,77	11,55	1,222	1,805	13,54	11,33
17	1,194	1,961	14,71	12,24	1,217	1,92	14,42	12,10
18	1,189	2,042	15,66	13,04	1,213	2,041	15,36	12,93
19	1,185	2,21	16,60	14,0	1,209	2,75	16,36	13,75
20	1,181	2,34	17,55	15,0	1,205	2,315	17,39	14,61
21	1,177	2,505	18,84	16,0	1,201	2,455	18,49	15,60
22	1,173	2,680	20,13	17,0	1,197	2,615	19,66	16,60
23	1,170	2,855	21,42	18,05	1,193	2,679	20,89	17,68
24	1,166	3,11	22,71	19,22	1,189	2,945	22,19	18,81
25	1,162	3,21	24,10	20,80	1,185	3,136	23,55	19,95
26	1,158	3,42	25,73	21,82	1,181	3,36	24,99	21,20
27	1,154	3,63	27,37	23,35	1,177	3,522	26,5	22,56
28	1,150	3,86	29,0	24,80	1,173	3,74	28,10	24,0
29	1,146	4,03	30,64	26,65	1,169	3,96	29,78	25,47
30	1,142	4,30	32,28	28,20	1,165	4,20	31,55	27,03
31	1,138	4,56	34,26	30,0	1,161	4,45	33,41	28,65
32	1,134	4,82	36,25	31,60	1,157	4,70	35,35	30,4
33	1,131	5,09	38,25	33,50	1,154	4,975	37,41	32,2
34	1,127	5,35	40,23	34,60	1,150	5,27	39,56	34,2
35	1,123	5,62	42,21	37,40	1,146	5,56	41,83	36,3
36	1,120	5,92	44,84	39,92	1,142	5,875	44,20	38,5
37	1,116	6,31	47,47	42,43	1,139	6,225	46,69	40,9
38	1,113	6,67	50,09	44,95	1,135	6,561	49,30	43,3
39	1,109	7,02	52,73	47,46	1,132	6,94	52,04	45,9
40	1,106	7,36	55,35	49,98	1,128	7,31	54,91	48,6
41	1,102	7,82	58,70	53,49	1,124	7,71	57,91	51,2
42	1,099	8,26	62,05	57,02	1,121	8,12	61,06	51,2
43	1,096	8,695	63,40	60,53	1,117	8,55	64,15	57,5
44	1,092	9,15	68,73	64,05	1,114	9,05	67,79	61,0
45	1,089	9,60	72,10	66,57	1,110	9,50	71,39	64,8
46	1,086	10,131	76,45	70,94	1,107	9,99	75,16	68,6
47	1,083	10,72	80,85	75,31	1,103	10,60	79,09	72,6
48	1,080	11,32	85,15	79,68	1,100	11,01	83,20	76,9
49	1,076	11,89	89,50	84,05	1,096	11,52	87,49	81,4
50	1,073	12,456	93,85	88,42	1,093	12,19	91,98	86,1
51	1,070	13,212	98,66	94,24	1,090	12,84	96,66	91,3

Температура воздуха, °С	$p_б$ = 99 кПа (745 мм рт. ст.)				$p_б$ = 101 кПа (760 мм рт. ст.			
	Плотность сухого воздуха, кг/м³	Упругость водяного пара при полном насыщении		Влагосодержание влажного воздуха при полном насыщении, г/кг сухого воздуха	Плотность сухого воздуха, кг/м³	Упругость водяного пара при полном насыщении		Влагосодержание влажного воздуха при полном насыщении, г/кг сухого воздуха
		кПа	мм рт. ст.			кПа	мм рт. ст.	
52	1,066	13,78	103,47	100,05	1,086	13,52	101,54	96,62
53	1,063	14,42	108,28	105,87	1,083	14,20	106,64	102,29
54	1,059	15,10	113,09	111,68	1,080	14,89	111,95	108,22
55	1,056	15,70	117,90	117,50	1,076	15,65	117,48	114,43
56	1,053	16,58	124,28	125,33	1,073	16,43	123,24	121,06
57	1,049	17,40	130,66	133,16	1,070	17,24	129,25	127,98
58	1,046	18,28	137,04	140,98	1,067	18,01	135,51	135,13
59	1,043	19,10	143,42	148,71	1,063	16,90	142,01	142,88
60	1,040	19,95	140,80	156,64	1,060	19,82	148,79	152,45

деляем остальные параметры: $I = 5{,}55$ ккал/кг, $d = 6{,}0$ г/кг. Параметры начального состояния воздуха: $I = 14{,}80$ ккал/кг, $d = 11{,}25$ г/кг.

Следовательно, при охлаждении воздуха происходит понижение температуры, уменьшение энтальпии ($\Delta I = 14{,}80 - 5{,}55 = 9{,}25$ ккал/кг), уменьшение влагосодержания (выпадение влаги, в нашем случае $\Delta d = 11{,}25 - 6{,}00 = 5{,}25$ г/кг) и увеличение относительной влажности до 90%.

Пример 7. Найти температуру точки росы τ для воздуха с параметрами $t = 28°$ С, $\varphi = 55\%$.

На I—d-диаграмме (рис. X—7) находим точку H с указанными параметрами и по ординате $d = \text{const}$ проводим прямую до пересечения с $\varphi = 100\%$. Получим точку 0, которая покажет температуру точки росы $\tau = 18{,}5°$ С.

Выпадение влаги из воздуха при охлаждении происходит только в том случае, если конечная температура воздуха будет ниже температуры точки росы воздуха начального состояния (до охлаждения).

Свойства воздуха при давлении 101 кПа (760 мм рт. ст.) и 99 кПа (745 мм рт. ст.) представлены в табл. X—1.

Расчет воздухообменов и конструктивные требования

Исходные данные по предприятиям

Перечень помещений и участков по отраслям промышленности, требующих кондиционирования воздуха, расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха для расчета кондиционирования приведены в главе I.

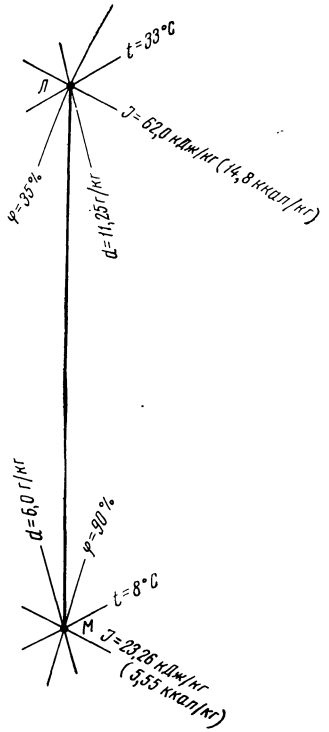


Рис. X—6. Охлаждение и осушение воздуха:

Л — параметры воздуха начального состояния; *М* — параметры воздуха после охлаждения.

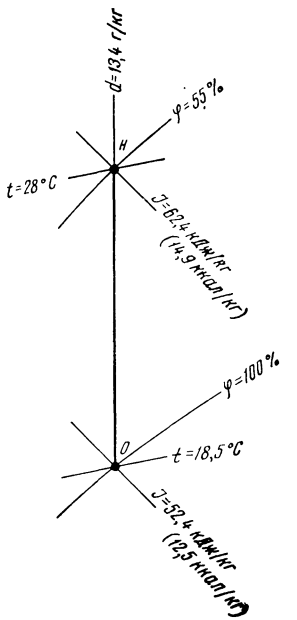


Рис. X—7. Нахождение в *I—d*-диаграмме температуры точки росы:

Н — начальные параметры воздуха; *О* — температура точки росы.

Хлебозаводы

В камерах брожения, шкафах окончательной расстойки теста и камерах охлаждения хлеба воздухообмен рассчитывают из условий покрытия потерь тепла через наружные ограждения, при этом перепад температуры между воздухом, вводимым в камеры, и воздухом в камере принимается равным 5° С.

При расчете воздухообмена в камерах брожения необходимо учитывать также потери тепла (в Вт или ккал/ч) на нагрев дежей

$$Q = qD_ч, \qquad \text{(X—10)}$$

где q — количество тепла на нагрев одной дежи;

при вместимости дежи 600 л q=232 Вт (200 ккал/ч),
» » » 300—350 л q=204—226 Вт (180—195 ккал/ч);
$D_ч$ — число дежей, проходящих через камеру брожения в 1 ч.

В шкафах охлаждения хлеба необходимо учитывать также тепло- и влаговыделение от остывающего хлеба, приведенные в главе VI.

Кондитерские фабрики

В цехах и отделениях, требующих кондиционирования воздуха, воздухообмен в различные периоды года определяется по избыточным тепловыделениям в соответствии с данными, приведенными в главе V.

На участках охлаждения продукции требуемое количество кондиционированного воздуха определяют по табл. X—2, а начальную и конечную температуры продукции, подлежащей охлаждению,— по табл. V—4.

Таблица X—2

Количество кондиционированного воздуха, подлежащего подаче на технологические участки кондитерских фабрик

Технологическое оборудование	Количество подаваемого воздуха, м³/ч
Открытый узкий транспортер для карамели	9—12*
Широкий вибрационный транспортер для карамели	9—12
Закрытый шкаф с двухъярусным вибрационным транспортером для карамели	4000
Закрытый шкаф для карамели с пятиярусным вибрационным транспортером и с подъемом карамели	4500—5500
То же, со спуском карамели	4500—5500
Охлаждающий транспортер для печенья (трехленточная печь)	21 000
Охлаждающий транспортер для печенья (одноленточная печь)	6 900

Примечание. Таблица составлена по нормам технологического проектирования и материалам отраслевых институтов.

* На 1 кг карамели.

Винодельческие заводы

Воздухообмены в винохранилищах определяются по внешнему и внутреннему теплопритокам в теплый и переходный периоды года (солнечной радиации, теплопритоку через стены за счет разности температур от людей, электроосвещения и т. п.) и по теплопотерям в холодный период года, руководствуясь данными главы V.

С целью экономии тепла в холодный период года и холода в теплый и переходный периоды года, а также для создания в помещениях винохранилищ подпора, предотвращающего поступления воздуха извне через неплотности ограждений, необходимо предусматривать рециркуляцию внутреннего воздуха с добавлением наружного. Объем наружного воздуха должен быть не менее 0,5—0,7 внутреннего объема помещения и составлять не менее 10% от общего воздухообмена.

В каждом отсеке цеха выдержки и обработки коньячных спиртов (в деревянной таре) должно быть предусмотрено естественное проветривание (2÷3-кратный воздухообмен в сутки) с тем однако, чтобы подвижность внутреннего воздуха не превышала 0,25 м/с. Заданные относительная влажность и температура в теплый и переходный периоды года поддерживаются с помощью пневматических водораспылительных форсунок (одна форсунка на 40 м^2 площади пола).

Мощность воздушного компрессора, обслуживающего систему доувлажнения, определяют из условий одновременной работы форсунок только в одном отсеке. Время и продолжительность работы форсунок в каждом отсеке задается регулятором влажности и командным аппаратом системы автоматики.

В холодный период года заданная температура должна поддерживаться системой отопления с местными нагревательными приборами (теплоноситель — вода температурой не выше 95° С).

В случае хранения и выдержки коньячных спиртов в металлической таре, следует предусмотреть в холодный период воздушное отопление (кратность воздухообмена не ограничивается).

Пивоваренные и солодовенные заводы

В бродильных отделениях, отделениях доображивания и фильтрации пива, складах хмеля и экспедиции воздухообмен определяется по данным главы V.

В тех случаях, когда бродильные и лагерные емкости расположены в отдельных отсеках и для их обслуживания выделен коридор управления (см. рис. III—2), воздухообмен рассчитывается отдельно для отсеков и коридоров. В отсеках допускается полная рециркуляция внутреннего воздуха без добавления наружного, а в коридорах — с добавлением наружного воздуха не менее 10% от общего воздухообмена и не менее 0,5—0,7 внутреннего объема помещения для создания подпора. Эти же требования соблюдают, если бродильные и лагерные емкости размещаются в общем помещении.

В солодорастильных отделениях пивоваренных и солодовенных заводов тепловыделения в зеленом солоде при ращении за счет потерь сухих веществ для группы из 8 ящиков или барабанов, а также для ящика с передвижной грядкой при восьми секциях составляют

$$Q = 10{,}67 \cdot 1{,}1\, G_c = 11{,}74\, G_c \text{ Вт}, \qquad \text{(X—11)}$$

или $Q = 9{,}2 \cdot 1{,}1\, G_c = 10{,}12\, G_c$ ккал/ч.

То же, влаговыделения (в кг/ч)

$$W = 0{,}00518 \cdot 1{,}1\, G_c = 0{,}0057\, G_c. \qquad \text{(X—12)}$$

То же, выделение углекислоты (в кг/ч)

$$G_{CO_2} = 0{,}0032 \cdot 1{,}1\, G_c = 0{,}0035\, G_c, \qquad \text{(X—13)}$$

где 1,1 — коэффициент, учитывающий неравномерность выделения вредностей по часам суток для группы из восьми ящиков или барабанов или ящика с передвижной грядкой;

G_c — масса замачиваемого ячменя, загружаемого ежесуточно в солодовню, кг.

Примечание. Внешние теплоприток и теплопотери, влияющие только на состояние рециркулируемого воздуха (забираемого из помещения солодовни), при расчете воздухообменов солодорастильных отделений не учитываются.

С достаточной для практических расчетов точностью можно принимать расход воздуха, подаваемого под сита ящиков или барабанов (или необходимый воздухообмен), равным

$$L = 7{,}78\, G_c \text{ кг/ч}, \text{ или } L = 6{,}32\, G_c \text{ м}^3\text{/ч} \qquad \text{(X—14)}$$

и расход холода

$$Q_x = 19{,}92\, G_c \text{ Вт}, \text{ или } Q_x = 17{,}17\, G_c \text{ ккал/ч}. \qquad \text{(X—15)}$$

В зависимости от времени ращения зеленого солода, количество кондиционированного воздуха, подаваемого в солодорастильные ящики или секции одного ящика с передвижной грядкой, а также в барабаны, определяют по табл. X—3.

Расход наружного свежего воздуха для поглощения углекислоты (в м³/ч)

$$l = \frac{1000\, G_{CO_2}}{9}. \qquad \text{(X—16)}$$

Для получения требуемых параметров воздуха, направляемого в подситовое пространство (учитывая повышение температуры и уменьшение относительной влажности воздуха от нагрева в вентиляторе), необходимо предусмотреть доувлажнение его в разводящих воздуховодах. Расход воды на доувлажнение принимается равным 0,003 кг/ч на 1 кг замачиваемого ячменя в сутки.

Доувлажнение рекомендуется осуществлять водораспылительными пневматическими форсунками. Влага, распыляемая форсунками, полностью поглощается воздухом. Число форсунок следует принимать с запасом в 30%.

В помещении солодорастильного отделения поддерживается повышенная влажность (80%), способствующая нормальному солодоращению. Поступление в помещение через неплотности или открытые двери воздуха извне как в теплый, так и в холодный периоды приводит к конденсации водяных паров на внутренней поверхности

Таблица X—3

Рекомендуемый расход кондиционированного воздуха, подаваемого в солодорастильные ящики в зависимости от дня ращения

Показатели	Продолжительность проращивания, сут							Всего по солодовне
	1	2	3	4	5	6	7	
Тепловыделения на 1 кг замачиваемого ячменя в сутки								
Вт	0,48	1,17	2,45	3,14	1,43	1,06	0,94	10,67
ккал/ч	0,40	1,0	2,10	2,7	1,3	0,9	0,8	9,2
Расход воздуха, подаваемого в ящики, % от общего расхода	4	11	23	29	14	10	9	100

стен и покрытий. Это создает антисанитарные условия и отражается на качестве солода. Чтобы избежать этих явлений, необходимо:

обеспечить полную и тщательную герметизацию солодовни — входные двери делать герметичными с резиновыми притворами и клиновидными замками;

объем наружного воздуха при рециркуляции должен быть не менее 0,5—0,7 внутреннего объема помещения для создания в нем подпора, предотвращающего поступления воздуха извне через неплотности.

Табачные фабрики

Воздухообмены во всех производственных помещениях табачных фабрик определяют по избыточным тепловыделениям — по данным главы V.

В холодный и переходный периоды года для экономии тепла должна быть предусмотрена рециркуляция внутреннего воздуха с добавлением наружного. С целью создания подпора, предотвращающего поступление холодного воздуха через неплотности наружных ограждений, объем наружного воздуха должен быть не менее двух объемов помещения и составлять не менее 10% общего воздухообмена.

Для населенных пунктов с расчетной температурой наружного воздуха в теплый период года $>25°\,C \div < 30°\,C$, помимо обработки воздуха в кондиционерах, следует предусматривать доувлажнение воздуха непосредственно в помещениях при помощи водораспылительных пневматических форсунок.

Количество разбрызгиваемой воды и необходимое число форсунок для получения заданных параметров воздуха определяют расчетом или построением процесса в $I-d$-диаграмме.

Для населенных пунктов с температурой наружного воздуха в теплый период года $>30°$ С рекомендуется охлаждать воздух при помощи холодильной установки.

Рециркуляция воздуха от систем аспирации и пневмотранспорта табака не допускается.

Учет нагрева воздуха в вентиляторах и воздуховодах

В системах кондиционирования воздуха следует учитывать нагрев воздуха вентилятором и за счет трения в воздуховодах по формуле

$$\Delta t = 0{,}01 \cdot \frac{H}{\gamma} = \frac{N \cdot 102}{427\, G c_p}, \qquad \text{(X—17)}$$

где Δt — повышение температуры воздуха, °С;

H — давление на выходе вентилятора, кгс/м²;

γ — плотность воздуха при данной температуре, кг/м³;

$N = \dfrac{LH}{3600 \cdot 102}$ — мощность, расходуемая на передвижение воздуха, кВт;

L — объем передвигаемого воздуха, м³/ч;

G — секундный расход воздуха, кг;

c_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, ккал/кг.

Примечание. С достаточной для практических расчетов точностью можно принимать $\Delta t = 1°$ С.

Центральные однотрубные однозональные системы кондиционирования воздуха рекомендуется применять, как правило, для одного помещения площадью не более 2500 м² или такой же части большего помещения, если тепловыделения распределены равномерно по площади помещения. При этом одна из сторон помещения (или частей помещения) не должна быть более 60 м.

Системы кондиционирования воздуха, предназначенные для круглогодичной эксплуатации (винодельческие и пивоваренные заводы), следует оборудовать не менее чем двумя кондиционерами производительностью по 50% от общей производительности системы.

Расчет воздухообменов

Расчет воздухообменов следует производить по данным, полученным в результате построения процессов изменения состояния воздуха в $I-d$-диаграмме и для облегчения расчетов сводить в таблицу.

В таблицу заносят следующие данные:

внутренний объем помещения и число работающих, что позволяет в последующем проверить соответствие полученных воздухообменов с требованиями санитарных норм;

данные по избыточным тепло- и влаговыделениям;

параметры воздуха в различные периоды его обработки в кондиционере и после поглощения избытков тепла и влаги в помещении, получаемые по $I-d$-диаграмме;

угловой масштаб $\varepsilon = \frac{\Delta I}{\Delta d}$ (направление луча углового масштаба наносят на I—d-диаграмму от точки, определяющей состояние воздуха при выходе его из кондиционера, и на нем находят требуемые параметры воздуха в помещении. В случае отсутствия влаговыделений процесс пойдет по линии постоянного влагосодержания);

связующий эффект по теплу и влаге ΔI и Δd;

воздухообмен G;

расход свежего наружного воздуха G_1;

расход тепла на 1-й и 2-й подогрев воздуха Q_1 и Q_2;

расход холода или количество тепла, отводимое в кондиционере Q_x;

$$\Delta I = I_{р.з} - I_{пр}, \qquad (X—18)$$

$$\Delta d = d_{р.з} - d_{пр}, \qquad (X—19)$$

где $I_{р.з}$ и $d_{р.з}$ — энтальпия и влагосодержание воздуха в рабочей зоне (по I—d-диаграмме);

$I_{пр}$ и $d_{пр}$ — энтальпия и влагосодержание воздуха, вводимого в помещение.

Воздухообмен (в кг/ч)

$$G = \frac{Q}{\Delta I} = \frac{W}{\Delta d}, \qquad (X—20)$$

где Q — избыточное тепловыделение;

W — избыточное влаговыделение.

Расход свежего наружного воздуха (в кг/ч)

$$G_1 = \frac{G(I_{см} - I_н)}{I_{р.з} - I_н}, \qquad (X—21)$$

где $I_{см}$ — энтальпия смеси;

$I_н$ — то же, наружного воздуха или воздуха после 1-го подогрева;

$I_{р.з}$ — то же, воздуха в рабочей зоне (рециркулируемого).

Расход тепла на 1-й подогрев

$$Q_1 = G_1(I_1 - I_н), \qquad (X—22)$$

Расход тепла на 2-й подогрев

$$Q_2 = G(I_2 - I_к), \qquad (X—23)$$

где I_1 — энтальпия воздуха после 1-го подогрева;

I_2 — то же, после 2-го подогрева;

$I_н$ — то же, наружного воздуха;

$I_к$ — то же, после обработки в камере орошения или на воздухоохладителе.

Таблица X—4

Удельные расходы воздуха и холода для некоторых помещений с кондиционированием воздуха

Производственные помещения	Удельный расход		
	воздуха	холода	
	м³/ч	Вт	ккал/ч
Винодельческие заводы (на 1000 дал виноматериалов)			
Хранилища крепких и десертных вин			
подземные	15—20	35—40	30—35
надземные	100—150	350—400	300—350
Хранилища марочных вин			
подземные	200—250	290—350	250—300
надземные	1000—1200	2900—3200	2500—2800
Бродильные отделения	150—200	350—470	300—400
Пивоваренные и солодовенные заводы			
Солодорастильные отделения (на 100 кг замачиваемого ячменя в сутки)	630	2000	1720
Бродильные отделения (на 100 дал пивоматериалов)	80—100	580—810	500—700
Отделения доображивания и фильтрации пива — лагерные отделения (на 1000 дал пивоматериалов)	250—300	990—1280	950—1100
Экспедиция (на 1 м³ внутреннего объема)	4—5	18,6—19,8	16—17

Примечания: 1. Данные, приведенные в таблице, допускается использовать только для предварительных ориентировочных расчетов.

2. Таблица составлена на основании проектов кондиционирования воздуха для соответствующих помещений.

Расход холода или количество тепла (в Вт или ккал/ч), отводимого в кондиционере,

$$Q_{\text{х}} = G\,(I_{\text{см}} - I_{\text{к}}). \qquad \text{(X—24)}$$

Удельные расходы воздуха и холода на единицу продукции для помещений с кондиционированием воздуха приведены в табл. X—4.

Расчет типовых камер орошения (форсуночных камер)

Промышленностью выпускаются типовые камеры орошения для кондиционеров производительностью от 10 до 250 тыс. м³/ч.

Техническая характеристика типовых камер орошения для кондиционеров типа Кд-10 и Кд-20 и от Кт-30 до Кт-250 представлена в каталогах заводов-изготовителей. Расчет таких камер рекоменду-

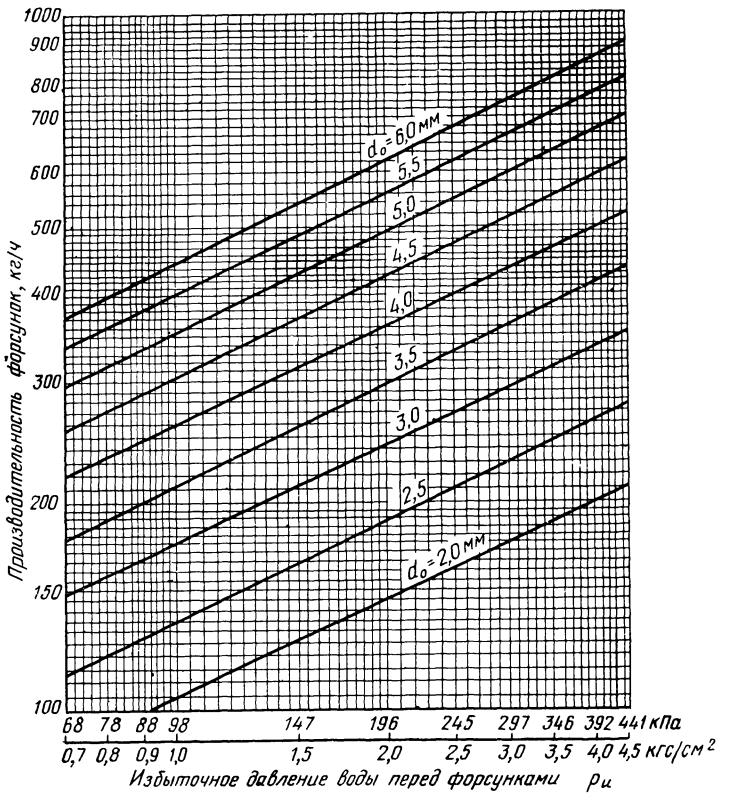


Рис. X—8. График для выбора водораспылительных форсунок.

ется проводить по методике, предложенной д-ром техн. наук Карписом Е. Е. (НИИсантехники Госстроя СССР), заключающейся в следующем.

По заданным параметрам начального и конечного состояния воздуха *I—d*-диаграмме строят процесс изменения состояния воздуха, после чего определяют:

начальную $t_{сн}$ и конечную $t_{ск}$ температуру воздуха по сухому термометру;

начальную $t_{мн}$ и конечную $t_{мк}$ температуру мокрого термометра;

начальную $I_н$ и конечную $I_к$ энтальпию воздуха;

начальное $d_н$ и конечное $d_к$ влагосодержание воздуха;

необходимый воздухообмен по формуле (X—20);

количество тепла, отводимого в кондиционере, по формуле (X—24);

по необходимому воздухообмену принимают тип кондиционера и число форсунок в камере орошения;

определяют общий расход воды, разбрызгиваемой в камере орошения W (в кг/ч)

$$W = qm, \qquad \text{(X—25)}$$

где q — производительность одной форсунки, л/ч; определяется по графику на рис. X—8;

m — число форсунок, определяемое по каталогам в зависимости от принятой плотности размещения форсунок.

Фактический коэффициент орошения B; коэффициент эффективности E по табл. X—5.

Рекомендуется из экономических соображений принимать давление воды перед форсунками в пределах 0,1—0,12 МПа (1—1,2 кгс/см²)

$$B = \frac{W}{G}, \qquad \text{(X—26)}$$

где G — количество воздуха, проходящего через камеру, кг/ч.

Таблица X—5

Значения коэффициента эффективности теплообмена E типовых камер орошения при массовой скорости воздуха $v\gamma \geqslant 3$ кг/(м²·с) и числе форсунок в ряду $m = 18 \div 24$ шт./м²

Диаметр выходного отверстия форсунок, мм	*E* при величине коэффициента орошения *B*										
	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8 и более
3,5	0,725	0,815	0,845	0,875	0,90	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
3,5—5	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,775	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84

Примечания: 1. Таблица составлена по материалам д-ра техн. наук Е. Е. Карписа (НИИсантехника Госстроя СССР).

2. Процесс обработки воздуха — политропический; число рядов действующих форсунок 2 и 3.

Температурный перепад орошающей воды

$$\Delta t = \frac{Q_x}{W}, \qquad \text{(X—27)}$$

Начальная и конечная температура воды в камере

$$t_{в.н} = \frac{t_{м.к} - t_{м.н}(1 - E) - \Delta t}{E}, \qquad \text{(X—28)}$$

$$t_{в.к} = t_{в.н} + \Delta t. \qquad \text{(X—29)}$$

Сопротивление камеры орошения проходу воздуха принимается по каталогам заводов-изготовителей.

Расчет типовых поверхностных воздухоохладителей

Типовые поверхностные воздухоохладители выпускаются производительностью по воздуху от 10 до 250 тыс. м³/ч, при этом воздухоохладители производительностью от 30 до 250 тыс. м³/ч собираются из «базовых» теплообменников (одно- и полутораметровых).

Они не имеют камер орошения и предназначены:

для охлаждения воздуха без выпадения влаги (температура на их поверхности выше температуры точки росы);

для охлаждения и осушки воздуха (температура на их поверхности ниже температуры точки росы).

Холодильным агентом служит охлажденная вода температурой не ниже 1° С.

Расчет типовых поверхностных воздухоохладителей осуществляют в следующем порядке.

Зная количество воздуха, подлежащего охлаждению, подбирают по каталогу завода тип кондиционера и определяют живое сечение для прохода воздуха ($F_ж$). По I—d-диаграмме находят температуру точки росы начального состояния воздуха $t_{р.н}$, температуру мокрого термометра начального состояния воздуха $t_{м.н}$ и по местным условиям, зависящим от режима работы холодильной установки, принимают начальную температуру охлаждающей воды $t_{в.н}$.

Температурный перепад охлаждающей воды, обеспечивающий оптимальный рабочий режим холодильной установки, принимают $t_в = 2 \div 3$° С.

Средняя температура охлаждающей воды принимается на 3—4° С ниже средней температуры на поверхности воздухоохладителя.

Массовая скорость воздуха [в кг/(м²·с)]

$$v\gamma = \frac{L\gamma}{F_ж \cdot 3600}, \qquad \text{(X—30)}$$

где L — расход воздуха, м³/ч.

Температурный критерий

$$\overline{T} = \frac{t_{с.н} - t_{м.н}}{t_{с.н} - t_{р.н}}. \qquad \text{(X—31)}$$

Значения величин $(v\gamma)^n$

$(v\gamma)$	$(v\gamma)^{0,57}$	$(v\gamma)^{0,4}$	$(v\gamma)^{0,65}$	$(v\gamma)^{1,64}$	$(v\gamma)$	$(v\gamma)^{0,57}$	$(v\gamma)^{0,4}$	$(v\gamma)^{0,65}$	$(v\gamma)^{1,64}$
5,5	2,54	1,98	3,03	16,38	7,8	3,22	2,27	3,80	29,07
5,6	2,67	1,99	3,06	16,80	7,9	3,25	2,28	3,83	29,68
5,7	2,7	2,0	3,10	17,38	8,0	3,27	2,30	3,86	30,30
5,8	2,72	2,02	3,13	17,93	8,1	3,29	2,31	3,89	30,92
5,9	2,75	2,03	3,17	18,38	8,2	3,32	2,32	3,92	31,55
6,0	2,78	2,05	3,20	18,89	8,3	3,34	2,33	3,96	32,19
6,1	2,80	2,06	3,24	19,42	8,4	3,36	2,34	3,99	32,82
6,2	2,83	2,07	3,27	19,94	8,5	3,39	2,35	4,02	33,47
6,3	2,85	2,09	3,31	20,47	8,6	3,41	2,36	4,05	34,12
6,4	2,88	2,10	3,34	21,01	8,7	3,43	2,37	4,08	34,77
6,5	2,91	2,11	3,37	21,55	8,8	3,45	2,39	4,11	35,43
6,6	2,93	2,13	3,41	22,10	8,9	3,48	2,40	4,14	36,09
6,7	2,96	2,14	3,44	22,65	9,0	3,50	2,41	4,17	36,76
6,8	2,98	2,15	3,48	23,31	9,1	3,52	2,42	4,20	37,43
6,9	3,0	2,16	3,51	23,77	9,2	3,54	2,43	2,23	38,11
7,0	3,03	2,18	3,54	24,34	9,3	3,56	2,44	4,26	38,79
7,1	3,06	2,19	3,67	24,91	9,4	3,59	2,45	4,29	39,38
7,2	3,08	2,20	3,61	25,48	9,5	3,61	2,46	4,32	40,16
7,3	3,10	2,21	3,64	26,07	9,6	3,63	2,47	4,35	40,86
7,4	3,13	2,23	3,67	26,90	9,7	3,65	2,48	4,38	41,57
7,5	3,15	2,24	3,70	27,25	9,8	3,67	2,49	4,41	42,27
7,6	3,18	2,25	3,74	27,85	9,9	3,69	2,50	4,44	42,98
7,7	3,20	2,26	3,77	28,46	10,0	3,71	2,51	4,47	43,70

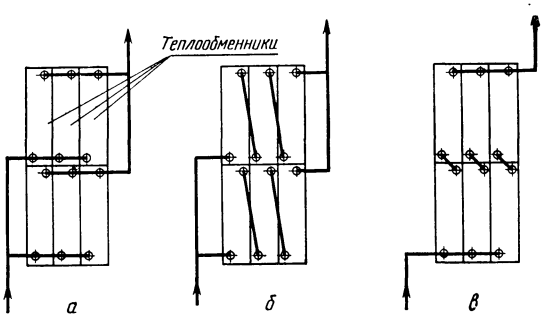


Рис. X—9. Схемы соединения теплообменников по холодоносителю:

а — параллельное; *б* — параллельно-последовательное; *в* — параллельно-последовательное по высоте.

Значения величин w^n

w	$w^{0,23}$	$w^{0,28}$	$w^{0,11}$	w	$w^{0,23}$	$w^{0,28}$	$w^{0,11}$
0,50	0,85	0,82	0,93	1,25	1,05	1,06	1,0
0,55	0,87	0,84	0,93	1,30	1,06	1,07	1,0
0,60	0,89	0,87	0,94	1,35	1,07	1,08	1,0
0,65	0,90	0,89	0,95	1,40	1,08	1,09	1,0
0,70	0,92	0,90	0,96	1,45	1,09	1,11	1,0
0,75	0,94	0,92	0,97	1,50	1,10	1,12	1,0
0,80	0,95	0,94	0,97	1,55	1,10	1,13	1,0
0,85	0,96	0,95	0,98	1,60	1,11	1,14	1,0
0,90	0,98	0,97	0,99	1,65	1,12	1,15	1,0
0,95	0,99	0,98	0,99	1,70	1,13	1,16	1,0
1,00	1,0	1,0	1,0	1,75	1,14	1,17	1,0
1,05	1,01	1,01	1,00	1,80	1,14	1,18	1,0
1,10	1,02	1,02	1,01	1,85	1,15	1,19	1,0
1,15	1,03	1,04	1,01	1,90	1,16	1,20	1,0
1,20	1,04	0,05	1,02				

По полученным данным определяют коэффициент теплопередачи воздухоохладителя, предварительно задавшись скоростью движения воды по трубам в пределах $w_k = 0{,}5 \div 1{,}9$ м/с.

Коэффициент теплопередачи k зависит от режима охлаждения воздуха.

I. В режиме сухого охлаждения воздуха при параллельно-последовательном движении холодоносителя (рис. X—9, *б*)

$$k = 8{,}55\,(v\gamma)^{0{,}65}\,w^{0{,}1}\ \text{Вт/(м}^2\cdot K), \text{ или} \qquad \text{(X—32}$$

$$k = 7{,}37\,(v\gamma)^{0{,}65}\,w^{0{,}11}\ \text{ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{C}).$$

II. В режиме охлаждения с осушкой воздуха:

а) при параллельном соединении теплообменников по движению холодоносителя (рис. X—9, *а*)

$$k = 14{,}5\,(v\gamma)^{0{,}57}\,w^{0{,}23}\overline{T}^{0{,}22}\ \text{Вт/(м}^2\cdot K), \text{ или} \qquad \text{(X—33}$$

$$k = 12{,}5\,(v\gamma)^{0{,}57}\,w^{0{,}23}\overline{T}^{0{,}22}\ \text{ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{C});$$

б) при параллельно-последовательном соединении (рис. X—9, *б* и *в*)

$$k = 19{,}95\,(v\gamma)^{0{,}4}\,w^{0{,}28}\overline{T}^{0{,}22}\ \text{Вт/(м}^2\cdot k), \text{ или} \qquad \text{(X—34)}$$

$$k = 17{,}2\,(v\gamma)^{0{,}4}\,w^{0{,}28}\overline{T}^{0{,}22}\ \text{ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot{}^\circ\text{C}).$$

Приведенные формулы справедливы в пределах $5{,}5 < v\gamma < 10$; $0{,}5 < w < 1{,}9$; $0{,}2 < \overline{T} < 1{,}7$.

Для облегчения расчетов в табл. X—6, X—7 и X—8 приводятся значения величин $(v\gamma)^n$, w^n, $\overline{T}^n$.

Таблица X—8

Значения величин $\bar{T}^n$

$\bar{T}$	$\bar{T}^{0,22}$	$\bar{T}$	$\bar{T}^{0,22}$	$\bar{T}$	$\bar{T}^{0,22}$	$\bar{T}$	$\bar{T}^{0,22}$	$\bar{T}$	$\bar{T}^{0,22}$
0,20	0,70	0,55	0,88	0,85	0,96	1,15	1,03	1,45	1,08
0,25	0,74	0,6	0,89	0,9	0,98	1,20	1,04	1,50	1,09
0,30	0,77	0,65	0,91	0,95	0,99	1,25	1,05	1,55	1,10
0,35	0,79	0,7	0,92	1,0	1,0	1,30	1,06	1,60	1,11
0,40	0,82	0,75	0,94	1,05	1,01	1,35	1,07	1,65	1,12
0,45	0,84	0,80	0,95	1,1	1,02	1,40	0,08	1,70	1,12
0,50	0,86								

Аэродинамическое сопротивление воздухоохладителей приведено в каталогах заводов-изготовителей.

Необходимую общую поверхность охлаждения теплообменника (в м²) определяют по формуле

$$F = \frac{Q_x}{k\Delta t_{ср}}, \qquad \text{(X—35)}$$

где Q_x — расход холода, определяют по формуле X—26;
k — коэффициент теплопередачи воздухоохладителя, см. формулы X—32, X—33 и X—34.

Среднелогарифмическая разность температур (в °С)

$$\Delta t_{ср} = \frac{(t_{с.н} - t_{w.к}) - (t_{с.к} - t_{w.н})}{2{,}3 \lg \dfrac{t_{с.н} - t_{w.к}}{t_{с.к} - t_{w.н}}}, \qquad \text{(X—36)}$$

где $t_{с.н}$ и $t_{с.к}$ — начальная и конечная температура охлаждающего воздуха, °С;
$t_{w.н}$ и $t_{w.к}$ — начальная и конечная температура охлаждающей воды, °С.

После выбора типа и поверхности воздухоохладителя в зависимости от принятой схемы присоединения теплообменников находят живое сечение для прохода холодоносителя и определяют фактическую скорость (в м/с) по формуле

$$w = \frac{Q_x}{\Delta t_в \cdot 1000 \cdot 3600 f}, \qquad \text{(X—37)}$$

где $\Delta t_в$ — температурный перепад охлаждающей воды, °С; как уже указывалось, $\Delta t_в = 2 \div 3°$ С;
f — живое сечение труб для прохода холодоносителя.

По полученной скорости w уточняют значение коэффициента теплопередачи и необходимую поверхность воздухоохладителя, предусматривая запас в 25—30%.

На этом расчет типовых поверхностных воздухоохладителей заканчивается.

Конструктивные и установочные данные типовых поверхностных воздухоохладителей указаны в паспорте и информационном письме завода-изготовителя, чем надлежит пользоваться при проектировании.

Расчет специальных поверхностных воздухоохладителей

К этой категории относятся воздухоохладители, предназначенные для поддержания в помещениях температуры ниже 10° С и работающие или как испарители холодильных машин (непосредственное испарение хладоносителя) или на рассолах с отрицательной температурой.

Влага, выпадающая из воздуха при охлаждении, образует на поверхности воздухоохладителя снеговую шубу, препятствующую в последующем прохождению воздуха. Поэтому в таких воздухоохладителях предусматривают расстояние между ребрами от 8 до 30 мм. Кроме того, для нормальной работы периодически оттаивают снеговую шубу.

В случае работы таких воздухоохладителей на рассоле с достаточной для практических расчетов точностью, по данным Гипрохолода мясной и молочной промышленности СССР, можно принимать коэффициент теплопередачи k в зависимости от значения средней температуры $t_{ср}$: если $t_{ср}$ от $-15 \div 0°$ С, $k=12{,}76$ Вт/(м²·К) [11 ккал/(м²·ч·°С)], если $t_{ср} > 0°$ С, $k=16{,}24$ Вт/(м²·К) [14 ккал/(м²·ч·°С)].

Приведенные значения коэффициентов теплопередачи относятся к наружной ребристой поверхности воздухоохладителя с учетом термического сопротивления снеговой шубы и массовой скорости воздуха $v\gamma = 3 \div 5$ кг/(м²·с).

Необходимая площадь поверхности воздухоохладителя (в м²)

$$F = \frac{G[(I_н - I_к) - q]}{k\Delta t}, \qquad \text{(X—38)}$$

где G — количество воздуха, проходящего через воздухоохладитель, кг/ч;

$I_н$ и $I_к$ — начальная и конечная энтальпия воздуха;

q — энтальпия выпавшей влаги;

k — коэффициент теплопередачи воздухоохладителя;

Δt — перепад между средней температурой воздуха и средней температурой холодоносителя.

Энтальпия выпавшей влаги при температуре поверхности воздухоохладителя:

выше 0° С

$$q = t_w (d_н - d_к)\, 10^{-3}, \qquad \text{(X—39)}$$

ниже 0° С

$$q = (0{,}5t_w - 80 \cdot 4{,}18)(d_н - d_к) \cdot 10^{-3} \text{ кДж/кг, или} \qquad \text{(X—40)}$$

$$q = (0{,}5t_w - 80)(d_н - d_к)\, 10^{-3} \text{ ккал/кг},$$

где t_w — температура поверхности воздухоохладителя определяется по точке пересечения линии, соединяющей точки $d_н$ и $d_к$ с кривой полного насыщения, °С;

$d_н$ и $d_к$ — начальное и конечное влагосодержание воздуха, проходящего через воздухоохладитель, г/кг.

Перепад между средней температурой воздуха и средней температурой холодоносителя

$$\Delta t = \frac{t_н + t_к}{2} - \frac{t_{н.х} + t_{к.х}}{2}, \qquad \text{(X—41)}$$

где $\frac{t_{н.х} + t_{к.х}}{2} = t_{ср}$ — принимается на 3—4° С ниже средней температуры поверхности труб;

$t_{н.х}$ и $t_{к.х}$ — начальная и конечная температура холодоносителя, °С.

$$t_{н\,х} = t_{ср} - \frac{2-3}{2};\ t_{к.х} = t_{ср} + \frac{2-3}{2}.$$

Перепад между начальной и конечной температурой холодоносителя следует принимать в пределах 2—3° С.

Техническая характеристика подвесных поверхностных воздухоохладителей типа ВОП принимается по материалам ВНИХИ, вертикальных воздухоохладителей — по данным Гипрохолода.

Подбирая указанные типы специальных воздухоохладителей, следует учитывать следующее:

1. Количество воздуха, подлежащего охлаждению (проходящего через воздухоохладитель), в формуле X—40 определяется по I—d-диаграмме в случаях, когда предусматривается добавка наружного воздуха (по санитарным нормам не менее 10%). Для такой работы приспособлены только вертикальные воздухоохладители.

2. Тепловая нагрузка на воздухоохладители, работающие по режиму полной рециркуляции (без добавки наружного воздуха), принимается по теплопритоку через наружные ограждения с добавлением 25% для учета естественной вентиляции (открывания дверей и прорыв воздуха через неплотности). Полная рециркуляция допускается только в тех помещениях, где люди не работают, например, в отдельных отсеках с лагерными емкостями, обслуживаемыми через специальный коридор, складах хмеля, помещениях для хранения скоропортящихся продуктов и т. п.

В этих же помещениях для охлаждения могут применяться настенные или потолочные рассольные батареи.

Рассольные батареи выполняются из стальных труб с навивными ребрами из полосовой стали 30×1 мм, расстояние между ребрами 15—20 мм. Трубы и ребра оцинковывают для защиты от коррозии, кроме того, этим обеспечивается полный контакт оребрения с трубой, а также увеличивается теплотехническая эффективность батареи.

В последнее время для охлаждения применяют стеклянные трубы диаметром 50 мм.

Холодопроизводительность рассольных батарей (при $\Delta t = 10°$ С) принимается:

для оребренных стальных труб 52,2 Вт/м² [4,5 ккал/(ч·м²)] (пристенных и потолочных);

для гладких стеклянных труб 69,6 Вт/м² [6,0 ккал/(ч·м²)].

Примечание. Поверхность оребренной стальной трубы $D = 57 \times 3{,}5$ составляет 1,03 м²/м, а остекленной — 0,00196 м²/м.

Следует иметь в виду, что при оттаивании снеговой шубы с поверхности труб влага попадает непосредственно в помещение (на пол, оборудование), поэтому непосредственно под батареями необходимо устраивать специальные поддоны для сбора и отвода влаги. Даже при хорошо устроенных поддонах в помещении и на оборудовании накапливается влага и отсутствие постоянной уборки помещения может привести к антисанитарному его состоянию.

Поэтому применение рассольных батарей для охлаждения помещений на предприятиях пищевой промышленности должно быть обосновано.

Доувлажнение

Расход воды на доувлажнение W' (кг/ч)

$$W' = G(d_п - d_д), \qquad (X—42)$$

где G — требуемый расход воздуха, кг/ч;

$d_п$ — влагосодержание воздуха после поглощения избытков тепла, г/кг;

$d_д$ — влагосодержание воздуха после доувлажнения, г/кг.

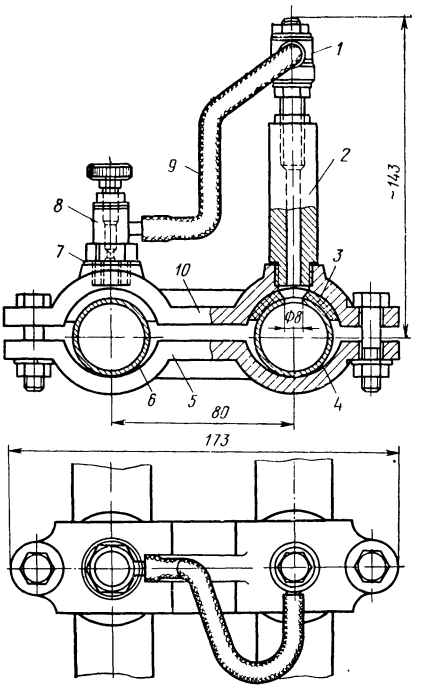


Рис. X—10. Узел системы доувлажнения с пневмораспылительной форсункой:

1 — форсунка; *2* — стойка; *3* — резиновая прокладка; *4* — воздушная труба диаметром 25 мм; *5* — нижняя половина хомута; *6* — водяная труба диаметром 25 мм; *7* — прокладка из картона; *8* — игольчатый дроссель к пневматическим форсункам; *9* — резиновая трубка; *10*—верхняя половина хомута.

Для доувлажнения рекомендуется применять пневмоводораспылительные форсунки, расход воды которых на одну форсунку 5 л/ч, а расход сжатого воздуха 3,5 м³/ч при избыточном давлении 0,11 МПа (1,1 ат). Избыточное давление воды перед форсунками должно быть не более 0,01 МПа (0,1 ат). В связи с этим вода к форсункам должна подаваться из промежуточного бака, расположенного на 1 м выше уровня форсунок.

Чтобы воздух лучше поглощал влагу, воду необходимо подогревать до 30° С. Вода, разбрызгиваемая форсунками полностью, без остатка, поглощается воздухом.

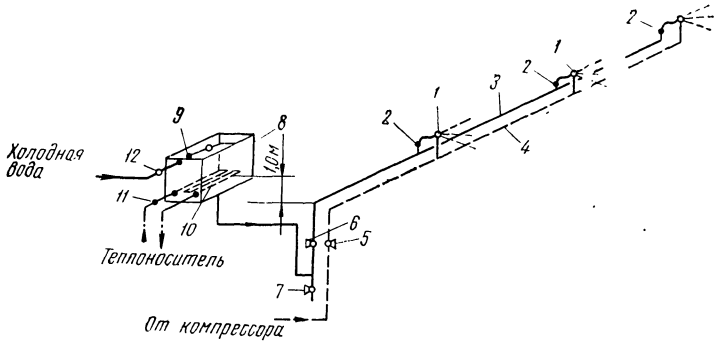


Рис. X—11. Схема системы доувлажнения:

1 — водораспылительные форсунки; *2* — игольчатый дроссель; *3* — трубопровод подогретой воды; *4* — трубопровод сжатого воздуха; *5* — регулирующий клапан на сжатом воздухе; *6* — регулирующий клапан на воде; *7* — вентиль для выпуска воды из системы; *8* — бак для воды; *9* — шаровой клапан; *10* — змеевик; *11* — вентиль на подаче теплоносителя; *12* — вентиль для подачи холодной воды.

Работа форсунок доувлажнения должна быть полностью автоматизирована.

На рис. X—10 показан узел системы доувлажнения с пневмораспылительной форсункой, на рис. X—11 приведена схема системы доувлажнения.

Схемы воздухораздачи

В камерах расстойки, брожения и охлаждения хлеба на хлебозаводах приточный воздух из кондиционеров подается в верхнюю зону и удаляется из нижней. Допускается подача приточного воздуха в один из торцов камеры расстойки с удалением его из другого торца.

На кондитерских, макаронных и табачных фабриках приточный воздух поступает по воздуховодам равномерной раздачи рассредоточенно в верхнюю зону со скоростью выпуска воздуха, не превышающей 2—3 м/с.

Вытяжка воздуха также должна выполняться рассредоточенно из верхней или рабочей зоны. Не допускается устанавливать всасывающие патрубки в непосредственной близости от рабочих мест.

Выбирая форму воздуховодов и их размещение, следует выполнять требования эстетики: конструкция воздуховодов должна по возможности вписываться в конструкцию здания, их следует выполнять прямоугольного сечения и размещать у колонн или между балками покрытия или перекрытия. Размещать воздуховоды у наружных стен не рекомендуется.

В охлаждаемых помещениях пиво-безалкогольных и винодельческих заводов рекомендуется производить раздачу воздуха по воздуховодам рассредоточенно, вытяжку — сосредоточенно в торцах или в середине помещения, исходя из конкретных условий.

Сосредоточенная подача приточного воздуха в охлаждаемые помещения допускается при условии, если кратность воздухообмена не превышает 5 и если размещение и высота оборудования не будут препятствовать свободному движению приточной струи.

Воздуховоды систем кондиционирования воздуха должны выполняться из оцинкованной листовой стали или из других антикоррозийных материалов.

В солодорастильных отделениях подача воздуха в подситовое пространство ящиков осуществляется через проходы между ящиками (на уровне подситового пространства). При этом проходы должны быть герметизированы.

Воздух в отсеки подситового пространства (передвижной грядки) попадает из прохода через специальные патрубки, установленные в стенах ящика. Диаметр патрубка определяется количеством потребного воздуха и скоростью его движения, которую принимают в пределах от 10 до 15 м/с, при этом следует руководствоваться данными, приведенными в табл. X—3.

Диаметр отверстия (в м) может быть определен по формуле

$$D = 0{,}00188\sqrt{\frac{Ln}{v}}, \qquad \text{(X—43)}$$

где L — расчетный расход воздуха на один ящик, полученный по формуле (X—16), м³/ч;

n — количество воздуха, подлежащее подаче в отсек в зависимости от дня ращения (постоянное для данного отсека), %; находят по табл. X—3.

v — принятая скорость движения воздуха в патрубке, м/с.

Сопротивление проходу воздуха каждого патрубка составляет 30,6 Па при $v=10$ м/с и 68,8 Па при $v=15$ м/с. Это следует принимать в расчет, назначая свободный напор воздуха перед ящиками, учитывая одновременно, что сопротивление слоя солода в ящике, по экспериментальным данным, составляет $\sim$ 600 Па (60 кгс/м²).

Автоматическое регулирование работы кондиционеров

Кондиционеры, поставляемые Барским и Домодедовским механическими заводами, оснащены приборами автоматического регулирования, поддерживающими заданные параметры воздуха на постоянном уровне.

Центральные кондиционеры, собираемые из типовых секций, оснащают системой автоматического регулирования.

Для установок по кондиционированию воздуха могут применяться системы автоматики электрические, пневматические и электропневматические.

На предприятиях пищевой промышленности рекомендуется применять пневматические системы автоматического регулирования, дающие точность регулирования по температуре $\pm 1°C$ и по относительной влажности $\pm 7\%$.

Снабжать сжатым воздухом пневматические приборы автоматического регулирования рекомендуется от специального компрессора, установленного для этой цели.

В отдельных случаях допускается использование сжатого воздуха от общезаводской компрессорной станции.

Расход сжатого воздуха на один узел регулирования следует принимать 500—700 л/ч при давлении 0,11—0,12 МПа.

Принципиальные схемы автоматического регулирования и контроля приведены в альбомах ГПИ «Сантехпроект».

Годовые расходы тепла и холода

Годовой расход тепла на 1-й подогрев (в кДж или ккал) наружного свежего воздуха может быть определен по формуле:

$$Q_1 = G_{св} (I_2 - I_1) (300 + 12n), \qquad (X—44)$$

где $G_{св}$ — расход свежего наружного воздуха, подаваемого в кондиционер приточной установкой, кг/ч;

I_1 и I_2 — энтальпия воздуха до и после подогрева, кДж/кг или ккал/кг;

n — число дней отопительного периода.

Величины $G_{св}$, I_1 и I_2 принимают по I—d-диаграмме, а значение n — по табл. I—1.

Годовой расход тепла на подогрев воздуха после камеры орошения (2-й подогрев) может быть ориентировочно определен по формуле:

$$Q_2 = 600q_1 + q_2 (n - 25) 12 + \frac{q_3}{n} (282 - n), \qquad (X—45)$$

где q_1, q_2 и q_3 — соответственно расход тепла на 2-й подогрев в зимний, переходный и летний периоды, Вт или ккал/ч.

Значения q_1, q_2 и q_3 берут из таблицы расчетных воздухообменов.

Годовой расход холода (в Вт или ккал) на кондиционирование воздуха

$$Q_x = \left[\frac{Q_т (t_{ср} - t_{вн})}{t_{макс} - t_{вн}} + Q_{об} + Q_{с.р}\right] n \frac{I_3 - I_4}{I_5 - I_4}, \qquad (X—46)$$

где $Q_т$ — теплоприток через наружные ограждения, Вт или ккал/ч;

$Q_{об}$ — поступление тепла от оборудования, электроосвещения, людей и др., Вт или ккал/ч;

Таблица X—9

*Число часов работы холодильной установки n и средняя температура наружного воздуха $t_{ср}$**

Климатическая зона	Температура внутри помещения, °С													
	(—4,9)—0,0		0,1—5		5,1—10		10,1—15		15,1—20		20,1—25		25,1—30	
	n	$t_{ср}$ °С	n	$t_{ср}$ °С	n	$t_{ср}$ °С	n	$t_{ср}$ °С	n	$t_{ср}$ °С	n	$t_{ср}$ °С	n	$t_{ср}$ °С
I	8550	17	8550	17	8100	18	7050	20	5790	23	4685	25	3650	27
II	8380	14	8380	14	8150	14	6900	16	5350	19	3780	22	2260	24
III	8320	12	8320	12	7450	13	6080	16	4680	18	3240	20	1515	22
IV	7960	15	7960	15	7090	17	5900	20	5000	23	4080	25	3100	27
V	7800	12	7800	12	7150	14	5550	17	4330	20	3050	22	1510	27
VI	7680	9	7680	9	6340	11	4510	14	3385	16	1820	19	480	23
VII	7600	10	7600	10	6400	12	5000	15	3950	17	2670	19	940	23
VIII	6570	12	6570	12	5520	14	4525	17	3720	19	2690	21	1390	24
IX	6620	9	6620	9	5400	11	4080	14	3350	16	1700	19	530	23
X	6300	8	6300	8	5050	10	3750	14	2600	17	1440	20	552	23

* Таблица составлена по материалам СНиП II—А.6—72 «Строительная климатология и геофизика».

$Q_{с.р}$ — поступление тепла от солнечной радиации, Вт или ккал/ч;

$t_{ср}$ — средняя температура наружного воздуха за весь период работы холодильной установки (табл. X—9);

$t_{вн}$ — расчетная внутренняя температура помещения, °С;

n — число дней работы холодильной установки (табл. X—9);

I_3 — энтальпия смеси воздуха, кДж/кг или ккал/кг;

I_4 — энтальпия воздуха, вводимого в помещение, кДж/кг или ккал/кг;

I_5 — энтальпия воздуха в рабочей зоне, кДж/кг или ккал/кг.

В случаях работы воздухоохладителей на режиме полной рециркуляции воздуха (без добавки наружного воздуха) и для пристенных и потолочных батарей непосредственного охлаждения годовой расход холода может быть определен по формуле

$$Q_х = Q_{охл} n, \qquad \text{(X—47)}$$

где $Q_{охл}$ — нагрузка на воздухоохладитель, Вт или ккал/ч.

Пример 8. В солодорастильном отделении производительностью 2000 т в год сухого солода установлены два ящика с передвижной грядкой. Масса замачиваемого ячменя, подаваемого ежесуточно в солодовню, составляет 11500 кг.

Параметры наружного воздуха в периоды года:
холодный $t_н = -20°$ С; $\varphi = 83\%$;
переходный $t_н = +10°$ С; $\varphi = 70\%$;
теплый $t_н = +30°$ С; $\varphi = 38\%$.

Теплопотери ограждениями в периоды года:
переходный 5034 Вт (4350 ккал/ч);
холодный 31900 Вт (27500 ккал/ч).

Теплоприток через наружные ограждения с учетом солнечной радиации в периоды года:
переходный 10196 Вт (8790 ккал/ч);

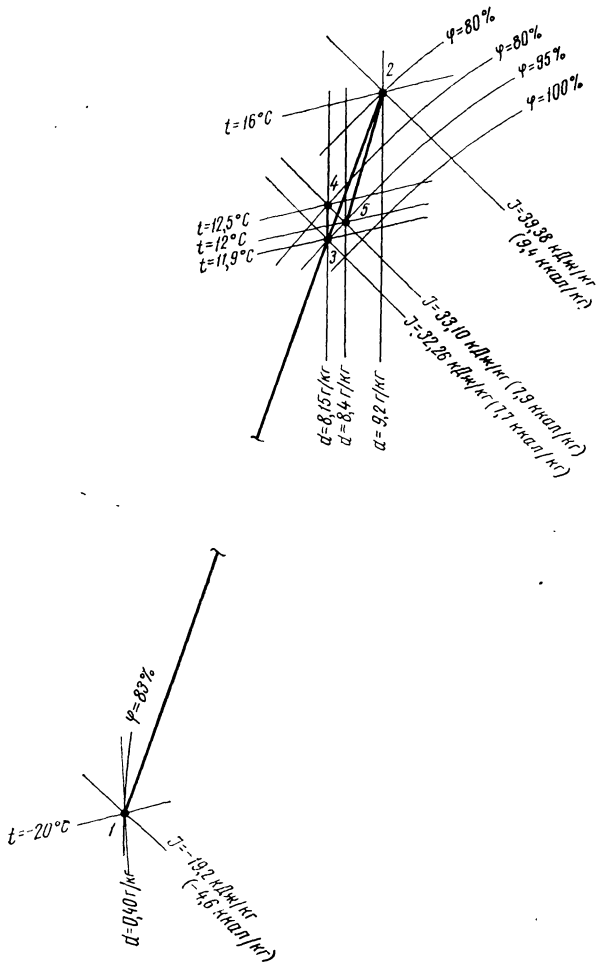


Рис. X—12. Построение процесса обработки воздуха в *I—d*-диаграмме для холодного периода года к примеру 8:

1 — параметры наружного воздуха; *2* — параметры воздуха на выходе из слоя солода; *3* — параметры смеси; *4* — параметры воздуха после нагрева в вентиляторе; *5* — параметры воздуха после доувлажнения.

теплый 10788 Вт (9300 ккал/ч).

Тепловыделения:

от работающих (2 человека) 232 Вт (200 ккал/ч);

от электродвигателей 4524 Вт (3900 ккал/ч);

от электроосвещения 1624 Вт (1400 ккал/ч).

Тепловой баланс от внешних теплопотерь и теплопритока по периодам года:

холодный —25530 Вт (—22000 ккал/ч);

переходный +11542 Вт (+9950 ккал/ч);

теплый +7168 Вт (+14800 ккал/ч).

Определить необходимый воздухообмен и подобрать оборудование.

Тепловыделение в слое солода (по формуле X—11)

$$Q = 11{,}74 \cdot 11\,500 = 135\,000 \text{ Вт, или}$$

$$Q = 10{,}12 \cdot 11\,500 = 116\,380 \text{ ккал/ч.}$$

Влаговыделение и выделение углекислоты находим по формулам (X—12) и (X—13).

$$W = 0{,}0057 \cdot 11\,500 = 65{,}5 \text{ кг/ч;}$$

$$G_{CO_2} = 0{,}0035 \cdot 11\,500 = 40 \text{ кг/ч.}$$

Расход свежего наружного воздуха, необходимого для поглощения CO_2, вычисляем по формуле (X—17)

$$l = \frac{1000 \cdot 40}{9} = 4450 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

Построение процессов обработки воздуха в $I-d$-диаграмме представлено на рис. X—12, X—13 и X—14.

Исходные данные и данные, полученные в результате построения процессов в $I-d$-диаграмме, заносим в табл. X—9 и определяем необходимый воздухообмен и расход холода.

По данным каталога завода-изготовителя производим подбор камеры орошения (форсуночной камеры) и поверхностного воздухоохладителя (как второй вариант).

Выбор камеры орошения. К установке принимаем два кондиционера типа Кт-40 производительностью каждый 36,35 тыс. м³/ч, или 44,75 тыс. кг/ч.

Расход холода

$$Q_x = \frac{229\,100}{2} = 114\,550 \text{ Вт, или } Q_x = \frac{197\,500}{2} = 98\,750 \text{ ккал/ч.}$$

Принимая рекомендуемый перепад температуры воды в 3° С, находим необходимое количество воды, подлежащее разбрызгиванию в камере орошения

$$W' = \frac{Q_x}{3} = \frac{114\,550}{3 \cdot 1{,}16} = \frac{98\,750}{3} = 32\,916 \text{ кг/ч.}$$

Расход воды, разбрызгиваемой одной форсункой (см. рис. X—8) при давлении воды перед форсункой $p = 0{,}1$ МПа, составит $q = 350$ кг/ч.

Необходимое число форсунок

$$m = \frac{32\,916}{350} = 95 \text{ шт.}$$

Минимальное количество форсунок, устанавливаемых в камере орошения кондиционера Кт-40 при плотности 18 шт./м² и двухрядном расположении составляет 144 шт.

Фактический расход воды $W = 144 \cdot 350 = 50\,400$ кг/ч.

Фактический перепад температуры воды

$$\Delta t = \frac{98\,750}{50\,400} = \frac{114\,550}{50\,400 \cdot 1,16} = 1,96 \approx 2°\text{C},$$

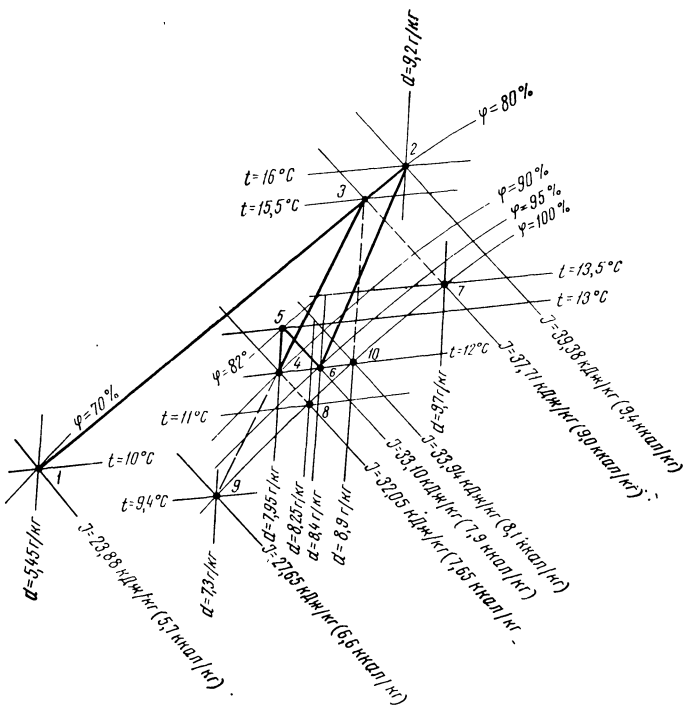


Рис. X—13. Построение процесса обработки воздуха в *I—d*-диаграмме для переходного периода к примеру 8:

1 — параметры наружного воздуха; *2* — параметры воздуха на выходе из слоя солода; *3* — параметры смеси; *4* — параметры воздуха после обработки в камере орошения или на поверхностном воздухоохладителе; *5* — параметры воздуха после нагрева в вентиляторе; *6* — параметры воздуха после доувлажнения; *7* — температура мокрого термометра для смеси; *8* — температура мокрого термометра для воздуха после обработки; *9* — температура воды в поддоне камеры орошения или на поверхности воздухоохладителя; *10* — точка росы начального состояния воздуха.

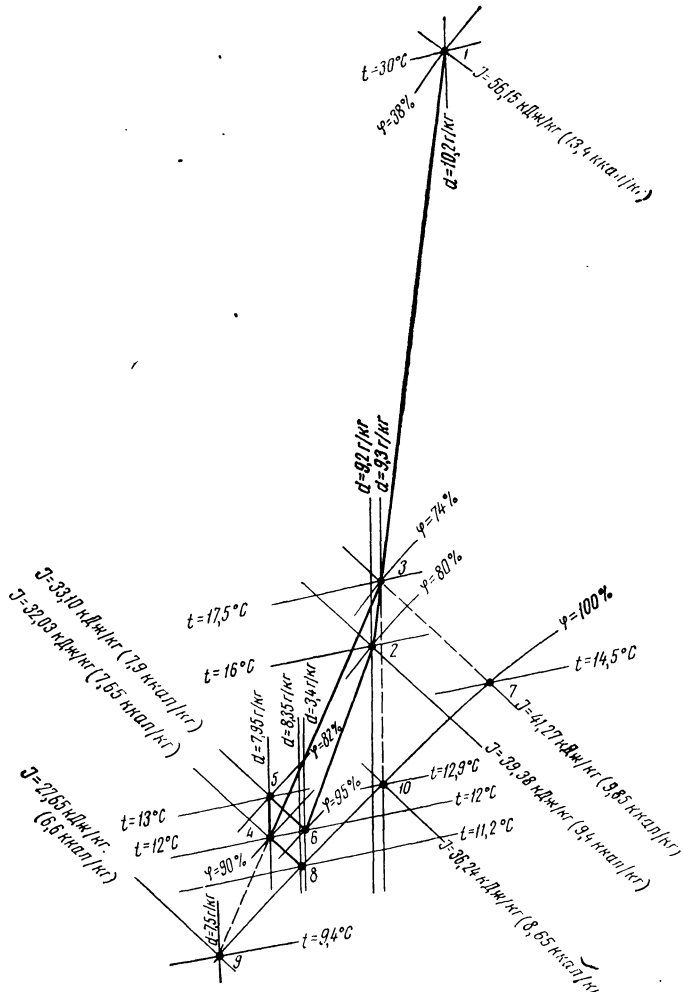


Рис. X—14. Построение процесса обработки воздуха в *I—d*-диаграмме для теплого периода года к примеру 8:

1 — параметры наружного воздуха; *2* — параметры воздуха на выходе из слоя солода; *3* — параметры смеси; *4* — параметры воздуха после обработки в камере орошения или на поверхностном воздухоохладителе; *5* — параметры воздуха после нагрева в вентиляторе; *6* — параметры воздуха после доувлажнения; *7* — температура мокрого термометра смеси; *8* — температура мокрого термометра воздуха после обработки; *9* — температура воды в поддоне или на поверхности воздухоохладителя; *10* — точка росы начального состояния воздуха.

Таблица X—10

Ведомость расчетных воздухообменов (к примеру 8)

Расчетные величины	Периоды года		
	холодный	переходный	теплый
Объем помещения, м³	2670		
Тепловыделение в солоде Q			
Вт	135000	135000	135000
ккал/ч	116380	116380	116380
Внешние теплопотери и теплоприток $Q_в$			
Вт	—25530	+11542	+17168
ккал/ч	—22000	+9950	+14800
Влаговыделение в солоде W, кг/ч	65,5	65,5	65,5
Угловой масштаб (без учета внешних теплопотерь и теплопритока) $\frac{\Delta I}{\Delta d}$			
кДж/г	7,44	7,44	7,44
ккал/г	1,776	1,776	1,776
Параметры наружного воздуха			
t, °С	—20	+10	+30
φ, %	83	70	38
I, кДж/кг	—19,2	28,88	56,15
ккал/кг	—4,6	5,7	13,4
d, г/кг	0,40	5,45	10,2
Параметры воздуха после выхода из слоя солода			
t, °С	16	16	16
φ, %	80	80	80
I, кДж/кг	39,38	39,38	39,38
ккал/кг	9,4	9,4	9,4
d, г/кг	9,2	9,2	9,2
Параметры смеси воздуха, поступающего в камеру орошения или на поверхностный воздухоохладитель			
t, °С	11,9	15,5	17,5
φ, %	95	80	74
I, кДж/кг	32,26	37,71	41,27
ккал/кг	7,7	9,0	9,65
d, г/кг	8,15	8,9	9,3

Расчетные величины	Периоды года		
	колодный	переходный	теплый
Параметры воздуха после обработки в камере орошения или на поверхностном воздухоохладителе			
t, °С	—	12	12
φ, %	—	90	90
I, кДж/кг	—	32,05	32,0
ккал/кг	—	7,65	7,6
d, г/кг	—	7,95	3,9
Параметры воздуха после нагрева в вентиляторе			
t, °С	12,5	13	1
φ, %	89	82	8
I, кДж/кг	33,10	33,10	33,1(
ккал/кг	7,9	7,9	7,9
d, г/кг	8,15	7,95	7,9
Параметры воздуха после доувлажнения			
t, °С	12	12	1
φ, %	95	95	9
I, кДж/кг	33,7	33,7	33,
ккал/кг	7,9	7,9	7,
d, г/кг	8,4	8,4	8,
Связующий эффект по теплу ΔI,			
кДж/кг	6,28	6,28	6,2
ккал/кг	1,5	1,5	1,
по влаге Δd, г/кг	0,8	0,8	0,
Расчетный воздухообмен G, кг/г	77800	77800	7780(
То же, с учетом потерь в бетонных каналах (K=1,15) при γ= =1,23 кг/м³ G,			
кг/г	89500	89500	8950(
м³/ч	72700	72700	7270(
Количество свежего наружного воздуха G,			
%	12	10	1(
кг/г	10700	8950	895(
м³/ч	8750	7270	727(

Расчетные величины	Периоды года		
	холодный	переходный	теплый
Связующий эффект по холоду			
кДж/кг	—	5,66	9,25
ккал/кг	—	1,35	2,20
Суммарное количество тепла, отводимого из воздуха в камере или воздухоохладителе (расход холода)			
Вт	—	140157	229100
ккал/ч	—	120825	197500
Начальная температура воздуха по мокрому термометру $t_{м.н}$, °С	—	12,8	14,5
Конечная температура воздуха по мокрому термометру $t_{м.к}$, °С		11,2	11,2
Температура воды в поддоне или на поверхности воздухоохладителя $t_п$, °С		9,4	9,4

что не выходит за пределы рекомендуемого. Коэффициент орошения

$$B = \frac{W}{G} = \frac{50\,400}{44\,750} = 1,12 \text{ кг/кг}.$$

По табл. X—5 находим $E = 0,75$.

Начальная температура воды

$$t_{W.н} = \frac{t_{м.к} - t_{м.н}(1 - E) - \Delta t}{E} =$$

$$= \frac{11,2 - 14,5(1 - 0,75) - 2}{0,75} = 7,4°\text{C}.$$

Конечная температура воды $t_{Wк} = 7,4 + 2 = 9,4°$ С. Сопротивление камеры орошения по воздуху $H = 123$ Па.

Если учесть влияние внешних теплопотерь и теплопритока, то начальная температура смеси воздуха (см. табл. X—10) изменится

в холодный период года $\frac{-22\,000}{89\,500 \cdot 0,24} = -1,02°\text{C}$;

в переходный период года $\frac{9950}{89\,500 \cdot 0,24} = 0,46°\text{C}$;

в теплый период года $\frac{14\,800}{89\,500 \cdot 0,24} = 0,69°\text{C}$.

Из приведенного расчета видно, что внешние условия незначительно влияют на состояние рециркуляционного воздуха и поэтому, как уже указывалось ранее, с достаточной для практических расчетов точностью ими можно пренебречь.

Выбор поверхностного воздухоохладителя. Расход воздуха на один кондиционер составляет 36,35 тыс. м³/ч, или 44,75 тыс. кг/ч.

Расход холода $Q_х = 114\,550$ Вт, или 98 750 ккал/ч.

Принят воздухоохладитель кондиционера КТ-40:

Живое сечение для прохода воздуха $F_ж = 1{,}83$ м².

По I—d-диаграмме (рис. X—14) находим температуру точки росы начального состояния воздуха $t_{р.н} = 12{,}9°$ С и температуру мокрого термометра $t_{м.н} = 14{,}5°$ С.

Начальную температуру охлаждающей воды принимаем $t_{w\,н} = 5°$ С, температурный перепад $\Delta t = 3°$ С.

Конечная температура воды $t_{w\,к} = 5 + 3 = 8°$ С, средняя температура охлажденной воды $\Delta t_{ср} = \dfrac{5+8}{2} = 6{,}5°$С (на 3° ниже температуры на поверхности воздухоохладителя).

Массовая скорость воздуха в живом сечении воздухоохладителя (формула X—30)

$$v\gamma = \frac{L\gamma}{F_ж \cdot 3600} = \frac{G}{F_ж \cdot 3600} = \frac{44\,750}{1{,}83 \cdot 3600} = 6{,}8 \text{ кг/(м}^2\cdot\text{с)}.$$

Температурный критерий (формула (X—31)

$$\overline{T} = \frac{t_{с.н} - t_{м.н}}{t_{с.н} - t_{р.н}} = \frac{17{,}5 - 14{,}5}{17{,}5 - 12{,}9} = 0{,}65°\text{С}.$$

Предварительно заданная скорость движения воды в трубках $w = 1{,}0$ м/с при параллельном присоединении.

Коэффициент теплопередачи по формуле (X—33) в режиме охлаждения и осушки воздуха

$$k = 14{,}5\,(v\gamma)^{0{,}57} w^{0{,}23} \overline{T}^{0{,}22} = 14{,}5 \cdot 6{,}8^{0{,}57} \cdot 1^{0{,}23} \cdot 0{,}65^{0{,}2} =$$

$$= 14{,}5 \cdot 2{,}98 \cdot 1 \cdot 0{,}91 = 39{,}44 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)},$$

$$\text{или } k = 12{,}5 \cdot 2{,}98 \cdot 0{,}91 = 34 \text{ ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot°\text{С)}.$$

Значения величин в дробных степенях определяются по табл. X—6, X—7 и X—8.

По формуле (X—38) определяем

$$\Delta t_{ср} = \frac{(t_{с.н} - t_{w.к}) - (t_{с.к} - t_{w.н})}{2{,}3 \lg \dfrac{t_{с.н} - t_{w.к}}{t_{с.к} - t_{w.н}}} = \frac{(17{,}5 - 8) - (12 - 5)}{2{,}3 \lg \dfrac{17{,}5 - 8}{12 - 5}} = 8{,}35°\text{С}.$$

Необходимую общую площадь поверхности охлаждения теплообменника рассчитываем по формуле (X—35)

$$F = \frac{Q_х}{k\Delta t_{ср}} = \frac{114550}{39{,}44 \cdot 8{,}35} = \frac{98750}{34 \cdot 8{,}35} = 348 \text{ м}^2.$$

Принимаем шестирядный воздухоохладитель (индекс 04.0261.0), состоящий из 2 трехрядных однометровых и 2 трехрядных полуторараметровых базовых теплообменников общей поверхностью 410,4 м², живое сечение для прохода воды $f_ж$=0,00451 м². Общее количество воды, проходящее через теплообменник

$$W_{общ} = \frac{114\,550}{3 \cdot 1,16} = \frac{98\,750}{3} = 32\,916 \text{ кг/ч}.$$

Скорость воды в трубах

$$w = \frac{32\,916}{4 \cdot 1000 \cdot 3600 \cdot 0,00451} = 0,5 \text{ м/с}.$$

Уточняем коэффициент теплопередачи

$$k = 14,5 \cdot 6,8^{0,57} \cdot 0,5^{0,23} \cdot 0,65^{0,2} =$$

$$= 14,5 \cdot 2,98 \cdot 0,85 \cdot 0,91 = 32,3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \text{ [28,8 ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot °\text{С)}].$$

Проверяем требуемую площадь поверхности воздухоохладителя

$$F = \frac{114\,550}{32,3 \cdot 8,35} = \frac{98\,750}{28,8 \cdot 8,35} = 410 \text{ м}^2.$$

Следовательно, принятая ранее площадь поверхности подходит. Сопротивление воздухоохладителя по воздуху H=258 Па. На этом расчет воздухоохладителя заканчивается.

Пример 9. Определить необходимый воздухообмен для папиросонабивного цеха табачной фабрики, где требуется поддержание на постоянном уровне в течение всего года относительной влажности внутреннего воздуха 65%, и подобрать оборудование.

Параметры наружного воздуха в периоды года:

холодный

$t_н = -10$°С; $\varphi = 85\%$; $I = -6,7$ кДж/кг ($-1,6$ ккал/кг); $d = 1,4$ г/кг;

переходный

$t_н = 10$°С; $\varphi = 70\%$; $I = 23,88$ кДж/кг (5,6 ккал/кг); $d = 5,45$ г/кг;

теплый

$t_н = 23,5$°С; $\varphi = 62\%$; $I = 52,37$ кДж/кг (12,5 ккал/кг); $d = 11,35$ г/кг.

Внутренний объем помещения 3240 м³.

Число работающих в максимальную смену 28 человек.

Расчетные теплоизбытки в периоды года:

холодный 22 910 Вт (19 750 ккал/ч);

переходный 31 907 Вт (27 506 ккал/ч);

теплый 31 907 Вт (27 506 ккал/ч).

По условию отопление в цехе постоянно действующее, поэтому теплопотери ограждений не учитываются как в холодный, так и в переходный периоды.

Приток тепла от солнечной радиации учитывается через остекление двух перпендикулярных стен в переходный и теплый периоды

года. Цех размещен на 2-м этаже многоэтажного здания. Мощность установленного оборудования 33 кВт.

На рис. X—15 и X—16 приведены построения процессов в *I—d*-диаграмме, а расчет воздухообменов дан в табл. X—11.

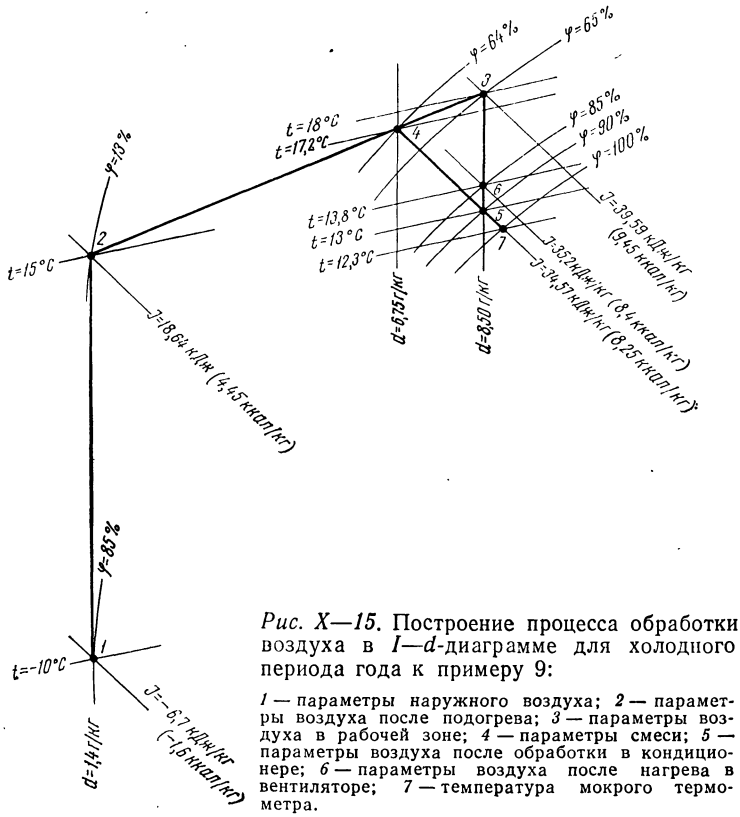


Рис. X—15. Построение процесса обработки воздуха в *I—d*-диаграмме для холодного периода года к примеру 9:

1 — параметры наружного воздуха; *2* — параметры воздуха после подогрева; *3* — параметры воздуха в рабочей зоне; *4* — параметры смеси; *5* — параметры воздуха после обработки в кондиционере; *6* — параметры воздуха после нагрева в вентиляторе; *7* — температура мокрого термометра.

Воздухообмен в теплый период года — 26 200 кг/ч, или 21 600 м³/ч. Подбор кондиционеров производим по теплому периоду года и принимаем к установке 2 кондиционера типа Кд-10 производительностью каждый 13 100 кг/ч, или 10 800 м³/ч.

Температура воды в поддоне 18,5° С. Принимая двухрядную камеру орошения (индекс 01.0020.0) при плотности размещения форсунок 18 шт./м² и их числе 36 шт., диаметре выходного отверстия форсунок 5 мм и расходе воды 350 кг/ч, получим расход воды

$$W = 350 \cdot 36 = 12\,600 \text{ м/ч}.$$

Коэффициент орошения $B = \dfrac{12\,600}{13\,100} = 0{,}96.$

Сопротивление камеры орошения по воздуху — 123 Па.

Пример 10. В отделении фильтрации и доваживания пива пивоваренного завода лагерные емкости обслуживают непосредственно в помещении. Число работающих — 5 человек, мощность освещения — 8 кВт. Отделение размещается в одноэтажном здании.

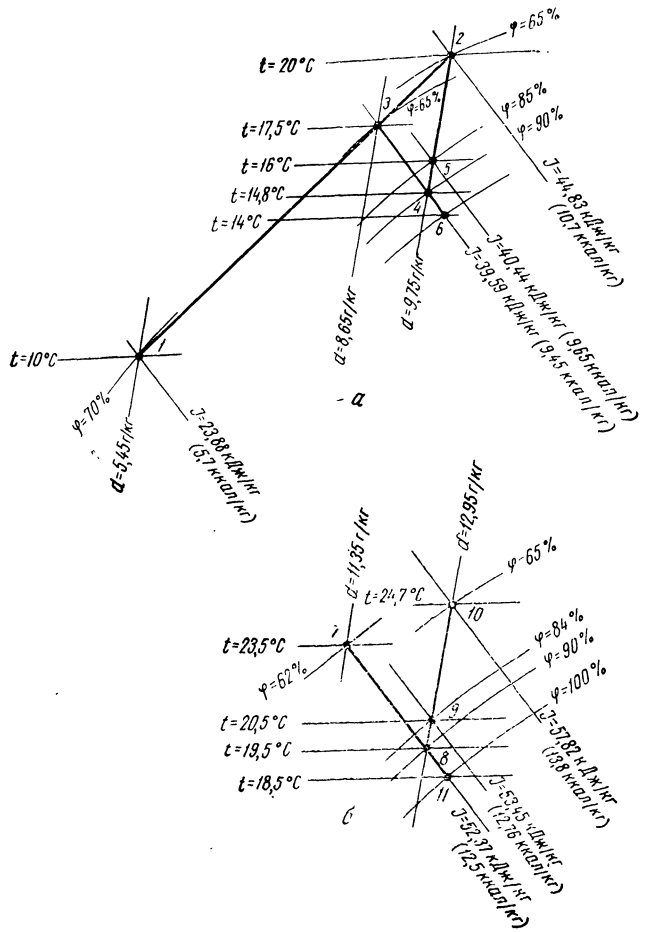


Рис. X—16. Построение процесса обработки воздуха в *I—d*-диаграмме к примеру 9:

а — в переходный период года; *б* — в теплый период года; *1, 7* — параметры наружного воздуха; *2, 10* — параметры воздуха в рабочей зоне; *3* — параметры смеси; *4, 8* — параметры воздуха после обработки в кондиционере; *5, 9* — параметры воздуха после нагрева в вентиляторе; *6, 11* — температура мокрого термометра.

Таблица X—11

Ведомость расчетных воздухообменов (к примеру 9)

Расчетные величины	Периоды года		
	холодный	переходный	теплый
Внутренний объем, м³		3240	
Число работающих		28	
Избыточные тепловыделения			
Вт	22910	31907	31907
ккал/ч	19750	27506	27506
Параметры наружного воздуха			
t, °С	—10	10	23,5
φ, %	85	70	62
I, кДж/кг	—6,7	23,88	52,37
ккал/кг	—1,6	5,7	10,5
d, г/кг	1,4	5,45	11,35
Параметры воздуха в рабочей зоне			
t, °С	18	20	24,7
φ, %	65	65	65
I, кДж/кг	39,59	44,83	57,82
ккал/кг	9,45	10,7	13,8
d, г/кг	8,50	9,75	12,95
Параметры смеси воздуха			
t, °С	17,2	17,5	—
φ, %	54	68	—
I, кДж/кг	34,57	39,59	—
ккал/кг	8,25	9,45	—
d, г/кг	6,75	8,65	—
Параметры воздуха после обработки в камере орошения			
t, °С	13	14,8	19,5
φ, %	90	90	90
I, кДж/кг	34,57	39,59	52,37
ккал/кг	8,25	9,45	12,5
d, г/кг	8,50	9,75	12,95
Параметры воздуха после нагрева в вентиляторе			
t, °С	13,8	16	20,5
φ, %	85	85	84
I, кДж/кг	35,2	40,44	53,48
ккал/кг	8,4	9,65	12,75
d, г/кг	8,50	9,75	12,95

Продолжение табл. X—11

Расчетные величины	Периоды года		
	холодный	переходный	теплый
Связующий эффект по теплу $I_{р.з}—I_{вен}=\Delta I$			
кДж/кг	4,39	4,39	4,39
ккал/кг	1,05	1,05	1,05
Расчетный воздухообмен при $\gamma=1{,}2$ кг/м³, $G=\frac{Q}{\Delta I}$			
кг/ч	18800	26200	26200
м³/ч	15650	21600	21600
Параметры воздуха после 1-го подогрева			
t, °С	15	—	—
φ, %	13	—	—
I, кДж/кг	18,64	—	—
ккал/кг	4,45	—	—
d, г/кг	1,4	—	—
Расход тепла на нагрев приточного воздуха $G(I_{нач}—I_{н})$,			
Вт	131600	—	—
ккал/ч	113500	—	—
Расход наружного воздуха			
%	25	25	100
кг/ч	4724	6550	26200
м³/ч	3940	5400	21600
Температура мокрого термометра	12,3	14,0	18,5

Определить необходимый воздухообмен и подобрать оборудование для поддержания заданной температуры 4° С (расчетная относительная влажность 70%).

Так как в помещении находятся люди, необходимо предусмотреть подачу наружного воздуха не менее 10% от общего воздухообмена.

Расчет ведем для теплого периода года как для наиболее невыгодных условий.

Параметры наружного воздуха в теплый период года

$$t_{н}=30{,}5°С;\ \varphi=42\%;\ I=60{,}65\ кДж/кг\ (14{,}5\ ккал/кг);$$

$$d=11{,}3\ г/кг.$$

Теплоприток через наружные ограждения, солнечной радиации, теплопоступление от работающих и освещения определились в 33 600 ккал/ч, или 38 980 Вт.

На рис. X—17 приведено построение процесса обработки воздуха в *I—d*-диаграмме.

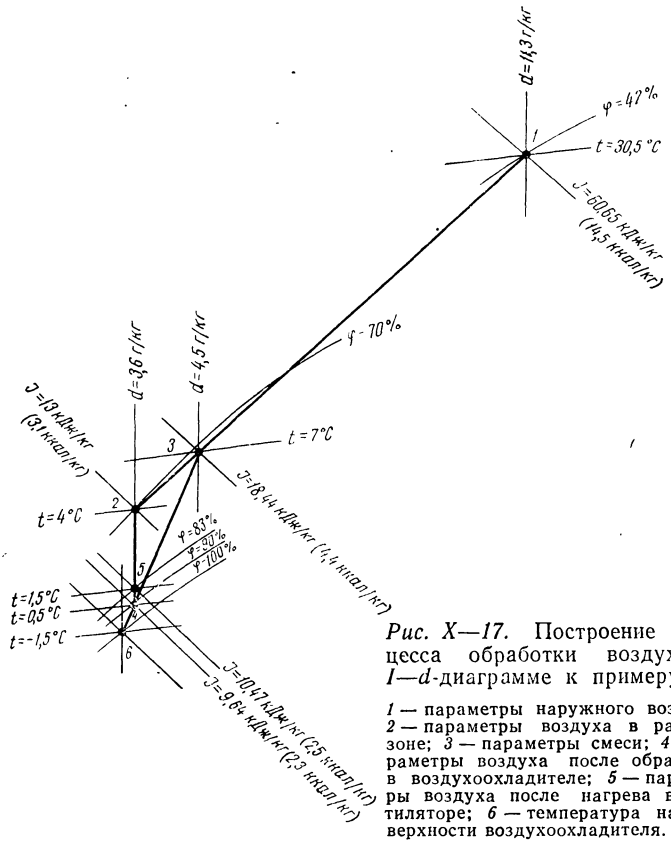


Рис. X—17. Построение процесса обработки воздуха в *I—d*-диаграмме к примеру 10:

1 — параметры наружного воздуха; *2* — параметры воздуха в рабочей зоне; *3* — параметры смеси; *4* — параметры воздуха после обработки в воздухоохладителе; *5* — параметры воздуха после нагрева в вентиляторе; *6* — температура на поверхности воздухоохладителя.

Используя данные *I—d*-диаграммы, получим

$$\text{необходимый воздухообмен } G = \frac{Q_{\text{тепл}}}{I_2 - I_5} = \frac{33\,600}{3{,}1 - 2{,}5} =$$

$$= \frac{38\,980 \cdot 3{,}6}{13 - 10{,}47} = 56\,000 \text{ кг/ч},$$

$$\text{или } L = \frac{63\,400}{1{,}25} = 50\,700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход холода

$$Q_{хол} = 56\,000\,(18{,}44 - 9{,}64)\cdot 0{,}278 = 136\,230 \text{ Вт},$$

или $Q_{хол} = G\,(I_3 - I_4) = 56\,000\,(4{,}4 - 2{,}3) = 117\,440$ ккал/ч.

Средняя температура на поверхности воздухоохладителя $t_{ср} = -1{,}5°$ С (по рис. X—17, точка 6). Принимаем среднюю температуру рассола на 4° С ниже средней температуры на поверхности воздухоохладителя, т. е. $t_{ср.рас} = -5{,}5°$ С. Перепад между начальной и конечной температурой рассола принимаем 3° С, тогда

$$t_{н.х} = -5{,}5 - \frac{3}{2} = 7°\text{C}, \quad t_{к.х} = -5{,}2 + \frac{3}{2} = -4°\text{C}.$$

Перепад между средней температурой воздуха и средней температурой рассола (формула X-41)

$$\Delta t = \frac{7 + 0{,}5}{2} - \frac{(-7) + (-4)}{2} = 9{,}25°\text{C}.$$

Коэффициент теплопередачи воздухоохладителя принимаем $k = 12{,}7$ Вт/(м²·К) [11 ккал/(м²·ч·° С)].

Энтальпия выпавшей влаги по формуле (X-40)

$$q = [(0{,}5\cdot 1{,}5 - 80\cdot 4{,}18)\,(4{,}5 - 3{,}6)]\,10^{-3} = 0{,}3 \text{ кДж/кг},$$

или $q = [(0{,}5\cdot 1{,}5 - 80)\,(4{,}5 - 3{,}6)]\,10^{-3} = 0{,}072$ ккал/кг.

По формуле (X-38)

$$F = \frac{G\,[(I_н - I_к) - q]}{k\Delta t} = \frac{56\,000\,[(4{,}4 - 2{,}3) - 0{,}072]}{11\cdot 9{,}25} =$$

$$= \frac{56\,000\,[(18{,}44 - 9{,}64) - 0{,}3]}{3{,}6\cdot 12{,}7\cdot 9{,}25} = 1110 \text{ м}^2.$$

Принимаем к установке 2 вертикальных воздухоохладителя поверхностью охлаждения 600 м² каждый с вентиляционным агрегатом производительностью 26 000 м³/ч.

Из приведенного примера видно, что при значении $\Delta t = \sim 10°$ теплоотдача воздухоохладителя $k\Delta t = \sim 100$ ккал/м² (116 Вт), что и принято в материалах Гипрохолода.

Пример 11. Отделение фильтрации и доображивания пива пивоваренного завода разделено на отсеки, в которых размещаются лагерные емкости. Управление емкостями вынесено в коридор обслуживания. Расчетная температура в отсеках 1° С. Добавок свежего наружного воздуха не требуется (люди в отсеках не работают). В теплый период года теплоприток в каждый отсек составляет 28 000 ккал/ч, или 32 480 Вт, а с учетом инфильтрации $32\,480\cdot 1{,}50 = 48\,720$ Вт, или $28\,000\cdot 1{,}50 = 42\,000$ ккал/ч.

Принимаем к установке подвесные (потолочные) воздухоохладители типа ВОП-100 производительностью каждой 10 000 ккал/ч (11 600 Вт) при расходе воздуха 7450 м³/ч.

Необходимое количество воздухоохладителей

$$n = \frac{42\,000}{10\,000} = \frac{48\,720}{11\,600} = 4{,}2 \text{ шт}.$$

Принимаем 5 воздухоохладителей типа ВОП-100.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ВЫБОР, КОМПОНОВКА, МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ГЛАВА XI. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ, МОНТАЖУ И КОМПОНОВКЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Выбор оборудования

Вентиляторы

Производительность выбираемого вентилятора должна быть равна расчетной с коэффициентом 1,1 при перемещении воздуха в стальных и пластмассовых воздуховодах длиною до 50 м и с коэффициентом 1,15 при перемещении воздуха в стальных и пластмассовых воздуховодах длиною более 50 м, а также в бетонных или кирпичных каналах.

Создаваемое вентилятором давление p должно быть равно расчетному для систем общеобменной вентиляции и аспирации, перемещающих чистый или малозапыленный воздух.

Для систем аспирации и пневмотранспорта давление вентилятора следует рассчитывать по формуле

$$p = 1{,}1 p_{\text{р}} (1 + K\mu), \text{ Па} \qquad \text{(XI—1)}$$

где $p_{\text{р}}$ — расчетное сопротивление сети, Па;

K — коэффициент; для минеральной пыли (мучной, зерновой и др.); $K=1$, для зерна $K=1{,}4$;

μ — весовая концентрация перемещаемой смеси, равная отношению массы пыли и массы чистого воздуха.

Примечание. Величину μ для систем аспирации можно принимать равной 0,08—0,05, а для систем пневмотранспорта муки и зерна надлежит определять расчетом.

Для систем с температурой перемещаемого воздуха или газа, равной t', давление вентилятора в Па рекомендуется определять по формуле

$$p = p_{\text{р}} \frac{t' + 273}{293} \cdot \frac{p_{\text{б}}}{101}, \qquad \text{(XI—2)}$$

где $p_{\text{б}}$ — барометрическое давление, кПа.

При выборе вентилятора следует стремиться, чтобы заданным значениям давления и производительности соответствовало максимальное значение коэффициента полезного действия, однако он не должен быть ниже 0,9 максимального.

Выбирать вентиляторы или вентагрегаты следует по каталогам заводов-изготовителей.

В зависимости от условий работы следует принимать:

вентиляторы в обычном исполнении (стальной кожух и ротор) для работы в сухих помещениях и при перемещении чистого воздуха;

вентиляторы из антикоррозийных материалов (винипласта) или защищенные от коррозии (покрытые внутри перхлорвиниловым лаком или другим покрытием) для работы в помещениях с выделением газов и при перемещении воздуха, содержащего сернистый газ;

вентиляторы в алюминиевом исполнении для работы в помещении, отнесенному по пожарной опасности к категории А, Б и Е, и при перемещении воздуха, содержащего взрывоопасные смеси;

пылевые вентиляторы для перемещения воздуха, содержащего пыль, и для транспортировки материалов в системах пневмотранспорта.

Примечание. При установке вентиляторов после фильтров в указанных системах следует устанавливать вентиляторы в обычном исполнении.

Электродвигатели

Выбор типа электродвигателя зависит от состояния воздушной среды помещения.

В настоящее время промышленностью выпускаются вентагрегаты комплектно с электродвигателем, клиновыми ремнями и виброизолирующими основаниями.

Потребная мощность на валу (в кВт) электродвигателя:

для общеобменной вентиляции

$$N = \frac{Lp}{3600 \cdot 1000 \eta_в \eta_п}; \qquad \text{(XI—3)}$$

для аспирации и пневмотранспорта

$$N = \frac{1{,}2Lp}{3600 \cdot 1000 \eta_в \eta_п}, \qquad \text{(XI—4)}$$

где L — производительность вентилятора, м³/ч;

p — создаваемое вентилятором давление, Па;

$\eta_в$ — к. п. д. вентилятора (по каталогу завода-изготовителя);

$\eta_п$ — к. п. д. передачи, принимаемый по табл. XI—1.

Таблица XI—1

Коэффициент полезного действия передачи $\eta_п$

Род передачи	$\eta_п$
Непосредственная насадка колеса вентилятора на вал электродвигателя	1,0
Соединение валов вентилятора и электродвигателя при помощи муфты	0,98
Ременной привод с клиновыми ремнями	0,95
То же, с плоским ремнем	0,90

Установочная мощность электродвигателя (в кВт) определяется по формуле

$$N_у = KN, \qquad (XI—5)$$

где N — потребная мощность на валу электродвигателя, кВт;
K — коэффициент запаса мощности, принимаемой по таблице XI—2.

Таблица XI—2

Значения коэффициента запаса мощности для подбора электродвигателя

Мощность на валу электродвигателя, кВт	Коэффициент запаса	
	при центробежном вентиляторе	при осевом вентиляторе
До 0,5	1,5	1,2
От 0,51 до 1	1,3	1,15
От 1,01 до 2	1,2	1,1
От 2,01 до 5	1,15	1,05
Более 5	1,1	1,05

Следует учитывать, как уже указывалось, что заводы-изготовители поставляют вентагрегаты комплектно с электродвигателями, поэтому при заказе вентиляторов следует одновременно указывать род передачи и принятый тип электродвигателя.

Калориферы

В настоящее время промышленностью выпускаются калориферы многоходовые с горизонтальными трубами по ГОСТ 7201—70, предназначенные для работы на воде температурой 150—70° С, 130—70° С и 95—70° С;

калориферы с вертикальными трубками (типа КФС, КФСО, КФБ и КФБО), предназначенные для работы на паре давлением до 0,5 МПа.

Рекомендуется в качестве теплоносителя для калориферов принимать воду с любым из вышеуказанных параметров, так как в этом случае возможно регулировать теплоотдачу калорифера в зависимости от температуры наружного воздуха за счет изменения параметров теплоносителя.

Теплопроизводительность калориферов, работающих на паре, может регулироваться в весьма ограниченных малых пределах, что приводит к перегреву перемещаемого воздуха.

Подбирают калорифер по каталогам заводов-изготовителей. При этом принимают экономическую массовую скорость ($v\gamma$) в пределах от 7 до 12 кг/(с·м^2).

Кондиционеры

Кондиционеры, изготовляемые Барским механическим заводом, поставляются в сборе с полным комплектом приборов автоматического регулирования, а также компрессорной станцией для снабжения воздухом этих приборов. Выбирают кондиционеры по их номинальной производительности, указанной в паспорте завода-изготовителя.

Рекомендуется применять отдельный кондиционер для каждой камеры брожения, шкафа окончательной расстойки теста и камеры охлаждения хлеба.

Кондиционеры общего назначения выполняют горизонтальными из отдельных типовых секций, число которых зависит от принятой схемы их работы, или вертикальными в сборе с полным комплектом приборов автоматического регулирования.

Горизонтальные секционные кондиционеры типа Кд-10 и Кд-20 изготовляются серийно харьковским заводом «Кондиционер».

Этим же заводом также серийно выпускается унифицированное типовое оборудование для центральных секционных кондиционеров типа Кт-30, Кт-40, Кт-60, Кт-80, Кт-120, Кт-160, Кт-200 и Кт-250. Для указанных типов унифицированное типовое оборудование Кт-30 и Кт-40 является базовым.

Присоединительные и установочные размеры базового оборудования и присоединительные размеры в поперечном сечении основного воздушного потока приводятся в каталоге завода-изготовителя.

Серийно изготовляются следующие типовые секции центральных кондиционеров:

камеры орошения (форсуночные камеры) типа Кд — двухрядные и трехрядные, типа Кт — двухрядные, оборудованные центробежными тангенциальными форсунками с диаметром выходного отверстия 3; 3,5; 4,5; 5,5 мм. Плотность расположения форсунок в камере 18 и 24 шт./м² в одном ряду.

Входные сепараторы камер — трехлопастные, выходные — шестилопастные. В баке камеры устанавливается водяной фильтр, переливное устройство и шаровой клапан для пополнения убыли воды.

Секции подогрева одно-, двух и трехрядные с горизонтально расположенными ребристыми трубками. Теплоноситель — вода различных параметров с рабочим давлением не более 0,8 МПа.

Секции нагревателей можно использовать как для 1-го, так и 2-го подогрева в сочетании с камерой орошения.

Поверхностные воздухоохладители состоят из базовых теплообменников типа Кт или секций подогрева типа Кд; пакетов каплеуловителей, установленных после теплообменников по ходу воздуха; бака для сбора выпадающей из воздуха влаги; потолка и стенок из листовой стали и подставок.

Бак снабжен переливным устройством и патрубком для опорожнения.

Масляные самоочищающиеся фильтры состоят из двух последовательно установленных непрерывных сетчатых лент. Первая из них по ходу воздуха имеет в два раза большую скорость, чем вторая. Сетки проходят через масляную ванну, где отмываются от осевшей на ней пыли. Смена масла требуется после того, как пылесодержание в нем достигнет 0,3 кг пыли на 1 л масла.

На предприятиях пищевой промышленности такие фильтры

в системе кондиционирования воздуха могут применяться для очистки наружного воздуха от пыли, если это вызывается технологическими требованиями. Нагрузка на фильтры принимается 10 000 м³/(м²×ч), и при этом сопротивление по воздуху составляет 100 Па.

Для таких фильтров используют парфюмерное (ГОСТ 4225—54) или висциновое (ГОСТ 7611—55) масло.

Вентиляторные установки представляют собой вентиляторно-моторные группы, смонтированные на общей раме. Рама опирается на пружинные амортизаторы.

Кондиционеры компонуются вентиляторами одностороннего и двустороннего всасывания.

Рабочие камеры и вентагрегаты кондиционеров соединяются между собой камерой обслуживания, имеющей герметические двери для входа внутрь кондиционера, камерами выравнивания и воздушными камерами. В камерах обслуживания вварены штуцера для установки приборов автоматики.

Камеры выравнивания предназначены для выравнивания потока воздуха перед воздухонагревателем, воздухоохладителем, камерой орошения и вентиляторным агрегатом, а воздушные камеры — для приема рециркуляционного воздуха.

Регулирование расхода наружного и рециркуляционного воздуха и степень подогрева регулируется при помощи специальных воздушных клапанов, конструкция которых позволяет устанавливать их в любом сочетании с другими секциями.

Домодедовский механический завод выпускает вертикальные неавтономные кондиционеры номинальной производительностью 10,15 и 20 тыс. м³/ч в сборе с насосной группой, трехходовым клапаном и комплектом приборов автоматического регулирования.

Кондиционеры выполняются с камерой орошения, орошаемым поверхностным воздухоохладителем и комплектуется с секциями 1-го и 2-го подогрева. Установочные размеры и техническую характеристику следует принимать по каталогу завода.

Специальные воздухоохладители

По чертежам ВНИХИ на опытном заводе изготовляются подвесные воздухоохладители типа ВОП поверхностью охлаждения 50, 75, 100 и 150 м², работающие на аммиаке или рассоле. ВОП прикрепляют к потолку помещения на специальных подвесках. Воздухоохладитель рассчитан на полную рециркуляцию воздуха.

Воздухоохладители собираются из труб диаметром 25/2,5 мм с навивными ребрами, расстояние между которыми принимается от 8 до 18 мм, и оснащаются осевыми вентиляторами производительностью от 2400 до 7450 м³/ч.

Оттайка воздухоохладителей воздушная — при работе в камерах с температурой воздуха 2° С и выше и электрическая — при работе в камерах с температурой воздуха ниже 2° С.

Техническую характеристику воздухоохладителей типа ВОП следует принимать по материалам опытного завода ВНИХИ.

Гипрохолодом разработаны рабочие чертежи вертикальных воздухоохладителей поверхностью охлаждения 150, 200 и 600 м², работающих на аммиаке или рассоле. Воздухоохладители рассчитаны для работы на полную рециркуляцию и на рециркуляцию с добав-

Таблица XI—3

Рекомендуемые типы кондиционеров и специальных воздухоохладителей в зависимости от назначения помещений

Производственные помещения	Холодоноситель		Тип кондиционера или специального воздухоохладителя	Завод-изготовитель
	наименование	температура, °С		
Камеры брожения, шкафы окончательной расстойки теста и камеры охлаждения хлеба на хлебозаводах	Вода	20 и выше	Специальные кондиционеры	Барский механический завод
Табачные и кондитерские, а также макаронные фабрики	»	20 и выше	Кондиционеры с промывными камерами	Харьковский завод «Кондиционер»
	»	15*	Кондиционеры с поверхностными воздухоохладителями	То же
Винохранилища и экспедиции винодельческих заводов и экспедиции пивобезалкогольных заводов, напорные отделения	»	10	Кондиционеры с поверхностными воздухоохладителями и при необходимости доувлажнение	»
Солодорастильные отделения пивоваренных и солодовенных заводов	»	8	Кондиционеры с поверхностными воздухоохладителями или с промывными камерами по местным условиям и доувлажнение	»
Бродильные отделения, отделения фильтрации и дображивания пива, склады хмеля и пивоваренных заводов	Рассол или аммиак	—1	Специальные вертикальные и потолочно-подвесные воздухоохладители	По чертежам Гипрохолода

* Для случаев, когда расчетная температура наружного воздуха в теплый период года 30° С применяется вода, охлаждаемая в холодильной станции.

кой наружного воздуха. Они могут устанавливаться как в охлаждаемом помещении, так и вне его. Раздача воздуха осуществляется по воздуховодам. Вентиляторы к воздухоохладителям подбирают в зависимости от расчетной производительности по воздуху.

Воздухоохладители собираются из труб диаметром 57/3,5 мм или 38/3,5 мм с набивными ребрами из ленты 30×1 мм. Расстояние между ребрами в первых 3 рядах по ходу воздуха принимают 30 мм, в последующие ряды — 20 мм.

Оттаивают воздухоохладители воздухом или орошая горячей водой.

Техническая характеристика вертикальных воздухоохладителей приведена на чертежах Гипрохолода.

Выбирая кондиционер и способ обработки воздуха для получения заданных параметров, следует руководствоваться следующими соображениями:

процесс обработки воздуха в камерах орошения и на воздухоохладителях практически не отличаются друг от друга при политропическом процессе. В ряде случаев отдают предпочтение поверхностным воздухоохладителям, ибо при этом уменьшаются капитальные затраты на устройство баков охлажденной и отепленной воды, насосов и водо-водяных теплообменников и в связи с этим и эксплуатационные расходы. Кроме того, сокращается площадь, требуемая для размещения кондиционеров.

процесс обработки воздуха в адиабатическом процессе при работе только на рециркуляционной воде может быть выполнен только в камерах орошения.

Поэтому выбор того или иного оборудования для обработки воздуха в кондиционерах каждый раз должен быть экономически обоснован.

Рекомендации по выбору типов кондиционеров и поверхностных воздухоохладителей приведены в табл. XI—3.

Насосы, водоснабжение и канализация

Насосы для снабжения водой форсунок камер орошения подбирают по максимальной потребной производительности и давлению с учетом потерь в водопроводной сети. У каждой оросительной камеры устанавливаются два насоса, из которых один резервный. Насосы следует монтировать таким образом, чтобы ось насоса была как минимум ниже на 0,3 м оси отводящего патрубка поддона. Этим будет обеспечена нормальная работа насоса — работа под заливом.

Трубопроводы подводящей и отводящей воды камеры орошения при заполнении их из бака камеры (во время включения ее в работу) должны иметь следующие объемы (в м^3) не более:

Кт-30 и Кт-40 — 0,8; Кт-60 и Кт-80 — 1,6;

Кт-120 и Кт-160 — 1,4; Кт-200 и Кт-250 — 2,1.

При бо́льших объемах трубопроводов будет подсос воздуха насосом из камеры и срыв его работы.

Количество воды, необходимое для пополнения естественной убыли, следует принимать равным 0,02 W л/ч, где W — количество воды, циркулирующей в системе.

Наполнение и добавление воды в оросительных камерах кондиционеров и питание форсунок местного доувлажнения должны предусматриваться водой питьевого качества (ГОСТ 2874—73).

Магистрали стока воды из камер, присоединяемые к переливным устройствам, должны обеспечить сток расхода воды, поступающей на убыль (0,02 W).

Ответвление от поддона данного кондиционера до магистрали стока следует проверять на кратковременный пропуск количества воды, равного полной производительности циркуляционного насоса, а при питании кондиционера через шаровой кран — на полную пропускную способность трубы, подведенной к шаровому крану.

Присоединение спускной трубы поддона камеры орошения к общей канализации должно осуществляться с разрывом струи через воронку с сифоном или трапп. Непосредственное присоединение трубопроводов камеры орошения к общей канализации не допускается.

Оборудование для холодо- и теплоснабжения кондиционеров

Источниками холодоснабжения установок кондиционирования воздуха могут быть артезианская вода и холодильные установки.

Использование артезианской воды возможно для табачных, макаронных и кондитерских фабрик в жарких районах страны при надлежащем технико-экономическом обосновании.

На предприятиях пищевой промышленности, как правило, в качестве источника холода применяют холодильные компрессорные установки. Возможно также использование пароэжекторных, абсорбционных и других установок при надлежащем технико-экономическом обосновании.

В качестве хладагента для холодильных установок компрессионного типа, обслуживающих системы кондиционирования воздуха, может служить аммиак, фреон-22.

На кондитерских фабриках, пивобезалкогольных и винодельческих заводах, где, кроме установок по кондиционированию воздуха, холод применяется и для технологических целей — охлаждения различной продукции на кондитерских фабриках, охлаждения сусла при брожении в бродильных чанах, охлаждения вина в резервуарах и др. выбор типа холодильной установки обосновывается в первую очередь технологическими требованиями и общей мощностью установки.

Примечание. В тех случаях, когда холодильная установка проектируется только для удовлетворения нужд кондиционирования воздуха, следует выбирать холодильные установки, работающие на фреоне.

Холодоносителем для установок кондиционирования воздуха чаще всего служит вода, охлажденная на холодильных установках.

При необходимости глубокого охлаждения воздуха (в цехах доображивания и фильтрации пива, хранилищах полусладких вин и др.) в качестве холодоносителя применяется рассол, не замерзающий при низких температурах.

В расчетах принимается разность температур охлажденного холодоносителя (воды, рассола) при выходе его из испарителя и отепленного холодоносителя, возвращаемого в испаритель, в 2—3° С.

Рекомендуемые схемы холодоснабжения кондиционеров приводятся в альбомах ГПИ «Сантехпроект».

Схемы холодоснабжения выбираются в зависимости от местных условий и с учетом технико-экономических показателей.

Специальные воздухоохладители снабжают холодом непосредственно от холодильной установки и вопросы их размещения решаются при компоновке холодильной станции.

Выбор, расчет и компоновка холодильных установок производится по нормам на проектирование холодильных установок.

При выборе оборудования для холодильных установок следует принимать преимущественно кожухотрубный закрытый испаритель. Расчет теплообменников для охлаждения воды, подаваемой к форсункам камер орошения кондиционеров, проводят по формулам для расчета бойлерных установок.

Для ориентировочных расчетов можно принимать коэффициент теплопередачи поверхности охлаждения теплообменника (от холодоносителя через металлическую стену к охлаждаемой воде), равный 400—460 Вт/(м²·°С) [350—400 ккал/(м²·ч·К)].

В качестве теплообменников рекомендуется использовать водоводяные теплообменники (бойлера).

Вместимость баков отепленной и холодной воды определяется из условий хранения 10—15-минутного расхода воды, разбрызгиваемой в кондиционере.

В качестве теплоносителя для систем кондиционирования воздуха применяется горячая вода с температурным перепадом 95—70°, 130—70° и 150—70° С при давлении не более 0,8 МПа.

Рекомендуется при надлежащем технико-экономическом обосновании подготовлять теплоноситель (воду для теплоснабжения калориферов) в специальной бойлерной установке.

Воздуховоды

Воздуховоды приточно-вытяжных систем общего назначения изготовляются в основном из листовой стали толщиною 0,55 мм и более, для систем кондиционирования воздуха воздуховоды выполняются из оцинкованной стали.

В помещениях с агрессивной средой (крахмалосушильные, крахмало-паточные заводы, сульфитационные отделения консервных заводов и т. п.) для изготовления воздуховодов используют антикоррозийные материалы (винипласт и др.).

Воздуховоды аспирационных систем, по которым перемещается влажный воздух, например в моечных и варочных отделениях, выполняют из оцинкованной стали с пропайкой швов или из черной листовой стали на сварке.

Материалом для воздуховодов других систем аспирации, например перемещающих пыльный воздух, служит листовая сталь толщиной 0,7 мм и выше. Соединяют такие воздуховоды уплотненным швом (двойной фалец).

Объединять в одну общую вытяжную систему отсосы конденсирующихся паров с отсосами пыли, отсосы паров масла с отсосами от печей и ванн запрещается.

Для регулирования и контроля температуры воздуха в системах проточной вентиляции и воздушного отопления на воздуховодах в необходимых местах, доступных для наблюдения, следует устанавливать термометры.

Для измерения расходов воздуха пневмометрической трубкой на прямых участках воздуховодов до и после вентилятора, а также на патрубках местных отсосов рекомендуется делать лючки с крышками.

Расчетные скорости воздуха (в м/с) для воздуховодов:

стальных общего назначения 4—15

из бетона или кирпича для чистого воздуха 4—6

Скорости воздуха в магистральных воздуховодах, как правило, не должны превышать 18 м/с; в вытяжных шахтах они принимаются в пределах 9—12 м/с при механическом побуждении и 1,5—2 м/с при естественном давлении.

Компоновка оборудования

Вентиляционное оборудование и кондиционеры, как правило, следует размещать в специально отведенных помещениях с отдельным входом из обслуживаемого ими помещения. Помещения для размещения приточных вентиляционных установок и кондиционеров следует размещать преимущественно у наружных стен.

Допускается установка кондиционеров с сухими воздухоохладителями независимо от производительности и с камерами орошения производительностью до 20 тыс. $м^3/ч$ непосредственно в обслуживаемом ими помещении, если такое размещение не препятствует нормальной работе технологического оборудования.

Кондиционеры для камер расстойки теста, камер брожения и камер охлаждения хлеба, как правило, находятся в производственном помещении в непосредственной близости к обслуживаемому ими участку.

Установка вентиляторов вытяжных и аспирационных систем допускается непосредственно в обслуживаемом ими помещении (кроме помещений, отнесенных по пожарной опасности к категориям А, Б и Е) — на полу, кронштейнах, антресолях и этажерках, а также на кровле и стенах снаружи здания.

Установка снаружи здания оборудования приточных систем, а также вытяжных, перемещающих теплый влажный воздух, не допускается.

При компоновке и размещении оборудования следует соблюдать требования, обеспечивающие нормальную эксплуатацию и безопасность:

расстояние между движущимися частями смежностоящего оборудования должно быть не менее 1 м;

то же, между движущимися частями оборудования и стеной — 0,7—0,8 м;

между неподвижными частями смежностоящего оборудования — 0,8 м;

между стеной и неподвижными частями оборудования — 0,5 м;

между фронтом оборудования, на котором расположены приборы и арматура, требующие постоянного обслуживания, и стеной или смежным оборудованием — не менее 2 м;

Теплообменники (бойлеры) следует размещать таким образом, чтобы обеспечить:

свободный доступ к каждой из секций теплообменника с одной стороны;

возможность вытаскивания змеевиков или трубок без демонтажа теплообменника;

свободный доступ к арматуре и приборам.

Сборные баки для отепленной и охлажденной воды и насосы рекомендуется размещать в помещениях, расположенных непосредственно под помещением кондиционеров или в непосредственной близости от них. Расстояние от стенок бака до стен помещения должно быть не менее 300 м, а две стороны бака должны иметь свободный доступ.

Баки следует устанавливать на деревянных подставках высотою не менее 200 мм. Расстояние между прокладками — не более 500 мм.

Размещая вентиляционные установки, следует соблюдать следующие условия.

Места для забора наружного воздуха следует выбирать в зоне наименьшего его загрязнения производственными, вентиляционными и другими выбросами. Ближайшее расстояние по горизонтали от места забора свежего воздуха до места выброса отработанного воздуха должно быть не менее 16 м.

Минимальное расстояние от нижней кромки воздухозаборного отверстия до уровня земли должно быть не менее 2,0 м.

Примечание. При размещении воздухозаборного устройства вне здания (воздухозаборная отдельно стоящая шахта) в зоне озеленения допускается уменьшение расстояния от нижней кромки воздухозаборного отверстия до уровня земли до 1,0 м.

Забор приточного воздуха сверх кровли допускается производить:

при выбросе выше кровли воздуха, не загрязненного газами и пылью, — на расстоянии по горизонтали от места выброса не менее 5 м, при этом отверстия для забора воздуха должны располагаться ниже отверстия для выброса воздуха;

при выбросе выше кровли воздуха, загрязненного газами и пылью, — на расстоянии по горизонтали от места выброса не менее 10 м, при этом отверстия для забора воздуха должны располагаться ниже отверстий для удаления воздуха.

Каждая вентиляторная установка должна иметь самостоятельное воздухозаборное устройство. В отдельных случаях по местным условиям допускается общее воздухозаборное устройство для двух и более вентиляторных установок, но при этом каждая из них должна быть снабжена самостоятельным приемным клапаном на наружном воздухе.

Устройство воздухозаборных шахт над кровлями зданий, из которых выделяющиеся вредности удаляются через фонари, не допускается.

Воздухозаборные устройства от места забора до калориферов должны быть утеплены. Конструкция и толщина утеплителя определяется по данным, приведенным в главе IV.

Размещая воздуховоды в помещении, помимо технических требований, следует соблюдать и требования эстетики, а именно:

воздуховоды не должны загромождать помещения и по возможности должны вписываться в строительную конструкцию здания;

по возможности воздуховоды следует проектировать встроенными в строительную конструкцию (подшивные потолки, пролеты между балками или фермами и т. п.);

не следует размещать воздуховоды у наружных стен, имеющих окна;

нельзя использовать для прокладки воздуховоды, имеющие вмятины или перекосы;

подвеска воздуховодов должна быть по прямой линии без провесов, искривлений и т. п.;

фланцевые соединения должны быть выполнены аккуратно, без выпирания прокладок между ними;

воздухораздающие устройства должны размещаться так, чтобы не мешать проходу.

Монтаж оборудования

Вентиляторы

Монтаж и установку вентиляторов следует производить с соблюдением следующих требований:

зазоры между кромкой переднего диска рабочего колеса и кромкой входного патрубка центробежного вентилятора как в осевом, так и в радиальном направлении не должны превышать величины, равной номеру вентилятора, выраженному в мм, например № 3 — 3 мм, № 4 — 4 мм и т. п.;

величина биения на внешних кромках дисков рабочих колес центробежных вентиляторов при их вращении не должна превышать: для вентиляторов № 2—6 — 1 мм в радиальном и 2 мм в осевом направлении; для вентиляторов № 8—12 — 2 мм в радиальном и 3 мм в осевом направлении; для вентиляторов № 14—20 — 3,5 мм в радиальном и 5 мм в осевом направлении;

валы вентиляторов следует устанавливать строго горизонтально; вертикальные стенки кожухов центробежных вентиляторов не должны иметь перекосов и наклона;

прокладки для составных кожухов больших вентиляторов необходимо применять из того же материала, что и прокладки воздуховодов этой установки.

Электродвигатели должны быть точно выверены с установленными вентиляторами, при этом оси шкивов электродвигателей и вентиляторов при ременной (или клиноременной) передаче должны быть параллельными, а средние линии шкивов должны совпадать.

Салазки электродвигателей должны быть взаимно параллельны и установлены по уровню. Опорная поверхность под салазками должна быть сплошной.

Электродвигатели прочно прикрепляют к основанию, а их корпуса заземляют. Соединительные муфты и ременные передачи закрывают ограждениями.

Установленные плоские и клиновидные ремни должны пружинить. Соединение плоских ремней металлическими накладками или скобами не допускается. Прорезиненные ремни соединяются склейкой, сшивкой или скрепкой (жесткой или шарнирной).

Всасывающее отверстие вентилятора, если он не присоединен к воздуховоду, должно быть защищено металлической сеткой.

Установленный вентилятор испытывается в работе вместе с электродвигателем. При этом должны быть проверены:

прочность и правильность соединения электродвигателя с вен-

тилятором (при непосредственном соединении) и наличие заземления корпуса электродвигателя;

прочность крепления вентилятора и электродвигателя к фундаменту.

правильность балансировки колеса вентилятора.

Присоединение воздуховодов к вентилятору следует выполнять через диффузор. На всасывающем или нагнетающем патрубке должен быть установлен шибер для отключения вентилятора от сети.

В случае необходимости может быть допущено присоединение двух или нескольких вентиляторов одинаковой производительности к одной воздухопроводящей сети, если будет выполнено одно из следующих условий:

вентиляторы работают от одного привода и обеспечена синхронность их работы;

площадь поперечного сечения сборного коллектора-воздуховода, к которому присоединяются вентиляторы, в 2—2,5 раза больше суммы площадей поперечного сечения ответвлений, при этом на входном патрубке между вентилятором и сборным коллектором должны быть установлены регулирующие устройства — шибер, дроссель-клапан и т. п. для уравнивания напора вентиляторов.

Фильтры

Матерчатые рукавные фильтры поступают с завода в разобранном виде и включают шкаф, крышку со смонтированными на ней механизмом встряхивания и ограждением, конус в сборе со шнеком и приводом, выпускной клапан, подвесные рамки, рукава и быстродействующие замки, а также все детали и метизы, необходимые при монтаже.

Входной и выходной коллекторы в объем поставки не входят и изготовляются на месте. Сборка фильтра и монтаж его производятся на заранее подготовленном месте и фундаменте по проекту.

При соединении болтами отдельных панелей фильтра между собой, а также для прикрепления крышки фильтра к шкафу, панелей и решеток к конусу по всем соприкасающимся поверхностям необходимо проложить резиновые прокладки и строго следить за затяжкой болтов, не допуская зазоров.

Наличие зазоров влечет за собой резкое увеличение подсосов атмосферного воздуха и, следовательно, падение производительности фильтра.

Правильная натяжка рукава является одним из основных факторов эффективной работы фильтров. Ткань рукава должна быть натянута без перенапряжения, но и без провисания. При сжатии рукава рукой его стенки должны сходиться у оси, а затем, если убрать руку, принять первоначальное положение.

Кулачковый вал механизма встряхивания, если смотреть со стороны редуктора, должен вращаться по часовой стрелке. Шнек, если смотреть со стороны редуктора, должен вращаться против часовой стрелки.

Движение сетчатых панелей и мешалок самоочищающихся масляных фильтров должно быть свободным, без заедания. При правильном направлении вращения наружные ветки сетчатых панелей двигаются сверху вниз.

Фильтры для очистки воздуха от пыли (а также циклоны) должны быть выверены и прочно закреплены к постаментам, кронштейнам или другим опорным конструкциям.

Калориферы

Калориферы приточных установок устанавливаются до вентиляторов в специальной утепленной камере на металлической подставке.

Трубопроводы, отключающая арматура и конденсационные горшки размещаются со стороны подогретого воздуха.

Утепленные камеры для калориферов должны выполняться из трудносгораемых материалов (досок, обитых внутри листовой кровельной сталью по войлоку и снаружи оштукатуренных, шлакобетонных плит и т. п.).

Зазор между наружной гранью калорифера и торцом перегородки допускается не менее 150 мм. Оставленный зазор, а также просветы в подставке калорифера обшиваются листовой сталью толщиною 1,0—1,5 мм с холодной стороны.

У калориферов предусматривается обводной канал для возможности пропуска воздуха помимо калорифера. На обводном канале устанавливают регулирующие клапаны для регулирования температуры подаваемого воздуха.

Примечание. У калориферов, работающих на теплоносителе — воде (любых параметров), обводной клапан и клапан перед калорифером не устанавливают. Нагрев подаваемого воздуха в этом случае регулируется температурой теплоносителя. Защита калорифера от замерзания осуществляется системой автоматики.

Кондиционеры

Монтаж кондиционеров осуществляют следующим образом:

секции, камеры и узлы кондиционеров собирают на прокладках из промасленного картона, листовой резины толщиной 3—4 мм или на специальных мастиках;

камеру орошения устанавливают на цементной подливке с соблюдением горизонтальности основания в обоих направлениях;

отдельные секции кондиционеров, примыкающие к камере орошения, устанавливают на специальных опорах, поставляемых заводом-изготовителем;

наружную поверхность кондиционера в сборе, вентилятора и воздуховодов в пределах камеры, а также транзитных воздуховодов изолируют независимо от схемы работы кондиционера.

Рекомендуется изоляцию кондиционеров производить минераловатными плитами толщиною 40 мм по металлической сетке с последующей штукатуркой, оклейкой мешковиной и окраской.

Теплообменники

Теплообменники (бойлеры) устанавливают на стене на кронштейнах или на полу на специальных подставках. Подставки выполняются из кирпича, бетона или металла; между бойлером и подставкой прокладывается листовой асбестовый картон толщиною 4—5 мм.

Емкие бойлеры монтируют с подъемом в сторону верхнего штуцера на 10—15 мм на всю длину бойлера.

При установке бойлеров должны быть выдержаны расстояния от стен не менее чем 0,15 м и между двумя параллельно установленными теплообменниками не менее 0,6 м, при этом должна быть обеспечена возможность выемки змеевиков.

Теплообменники снабжаются запорно-регулирующей и предохранительной арматурой, а также контрольно-измерительными приборами.

Каждый теплообменник должен быть изолирован и иметь табличку с указанием его назначения, наивысшей (или наинизшей) температуры и давления подогреваемой (охлаждаемой) воды, года и месяца его изготовления.

Теплообменники обеспечиваются спускными устройствами.

Теплообменники испытывают гидравлическим давлением, превышающим в 1,5 раза наибольшее рабочее давление, но не менее 0,2 МПа (2 кгс/см^2) для паровой части и не менее 0,4 МПа (4 кгс/см^2) для водяной части.

Арматура и контрольно-измерительные приборы

Вентили необходимо устанавливать таким образом, чтобы теплоноситель поступал под клапан.

Направление имеющейся на корпусе стрелки должно совпадать с направлением движения теплоносителя.

Конденсатоотводчики располагаются в доступных для их обслуживания местах и по уровню.

Манометры до и после насоса должны быть расположены на одной высоте и иметь трехходовой кран. Манометры на паровых системах — гидравлический затвор.

Гильзы термометров должны находиться в потоке теплоносителя и залиты минеральным маслом.

Металлические воздуховоды

Размеры, толщина стали и масса воздуховодов круглого сечения для систем аспирации приведены в табл. XI—4, круглого и прямоугольного сечения для общеобменной вентиляции — в табл. XI—5, XI—6.

Допускаемые отклонения размеров (в мм) воздуховодов и фасонных частей не должны превышать указанных в табл. XI—7.

Проолифке должны подвергаться независимо от способа изготовления воздуховодов только фальцы (а также места соединений круглых воздуховодов посредством зигов) после их заготовки перед сборкой. При изготовлении воздуховодов из оцинкованной стали фальцы и места зиговых соединений также должны быть проолифены.

Конструкции жесткостей из тонколистовой кровельной стали, расстояния между ними и от фланцев на концах воздуховодов прямоугольного сечения рекомендуется принимать:

при размерах сторон от 400 до 600 мм — выполнять диагональные перегибы или зиги высотою 3—5 мм при длине 1200—1400 мм;

Таблица XI—4

Размеры и масса круглых воздуховодов из листовой стали, применяемых для систем аспирации (по СНиП I—Г.5—62, изменение № 2)

Диаметр воздуховода d, мм	Площадь сечения, м²	Периметр, мм	Поверхность 1 м, м²	Масса 1 м (в кг) при толщине стали, мм					
				0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	2,0
100	0,0079	314	0,314	1,75	—	—	—	—	—
110	0,0095	345	0,345	1,89	—	—	—	—	—
125	0,0123	392	0,392	2,17	—	—	—	—	—
140	0,0154	440	0,440	2,45	—	—	—	—	—
160	0,02	502	0,502	2,73	—	—	—	—	—
180	0,0255	566	0,566	3,15	—	—	—	—	—
200	0,0314	628	0,628	3,43	—	—	—	—	—
225	0,04	706	0,706	—	4,40	—	—	—	—
250	0,049	785	0,785	—	4,96	—	—	—	—
280	0,0615	879	0,879	—	5,52	—	—	—	—
315	0,078	989	0,989	—	6,24	—	—	—	—
355	0,099	1115	1,115	—	7,05	—	—	—	—
400	0,126	1256	1,26	—	7,94	—	—	—	—
450	0,159	1413	1,41	—	—	11,1	—	—	—
500	0,196	1570	1,57	—	—	12,3	—	—	—
560	0,246	1760	1,76	—	—	13,8	—	—	—
630	0,312	1978	1,98	—	—	15,5	—	—	—
710	0,396	2230	2,23	—	—	—	21,9	—	—
800	0,501	2512	2,51	—	—	—	24,6	—	—
900	0,635	2830	2,83	—	—	—	—	33,4	—
1000	0,785	3140	3,140	—	—	—	—	37,0	—
1120	0,98	3530	3,53	—	—	—	—	—	55,2
1250	1,22	3930	3,93	—	—	—	—	—	61,7
1400	1,54	4410	4,41	—	—	—	—	—	69,3
1600	2,02	5030	5,03	—	—	—	—	—	79,2

при размерах сторон от 600 до 800 мм — устанавливать рамки жесткости из полосовой стали 25×4 на расстоянии 1200—1400 мм одна от другой или от фланцев;

при размерах сторон от 800 до 1000 мм — устанавливать рамки жесткости из угловой стали 25×25×4 на расстоянии 1200—1400 мм одна от другой или от фланцев;

при размерах сторон от 1000 до 1500 мм — устанавливать рамки жесткости из угловой стали 32×32×4 на расстоянии 1200— одна от другой или от фланцев;

на воздуховодах со сторонами размером более 1500 мм — устанавливать рамки жесткости из угловой стали 32×32×4 мм на расстоянии 1200—1400 мм от другой или от фланцев и на всех сторо-

Размеры и масса круглых воздуховодов из листовой стали, применяемых в системах общеобменной вентиляции (по СНиП I—Г.5—62, изменение № 2)

d, мм	Площадь сечения, м²	Периметр, мм	Поверхность 1 м, м²	Масса 1 м (к кг) при толщине листовой стали, мм			
				0,55	0,7	0,8	1,0
100	0,0079	314	0,314	1,41	—	—	—
110	0,0095	345	0,345	1,54	—	—	—
125	0,0123	392	0,392	1,76	—	—	—
140	0,0154	440	0,440	1,97	—	—	—
160	0,02	502	0,502	2,25	—	—	—
180	0,0255	566	0,566	2,53	—	—	—
200	0,0314	628	0,628	2,81	—	—	—
225	0,04	706	0,706	3,14	—	—	—
250	0,049	785	0,785	3,51	—	—	—
280	0,0615	879	0,879	3,94	—	—	—
315	0,078	989	0,989	4,41	—	—	—
355	0,099	1115	1,115	5,0	—	—	—
400	0,126	1256	1,26	5,65	—	—	—
450	0,159	1413	1,41	6,31	—	—	—
500	0,196	1570	1,57	—	8,62	—	—
560	0,246	1760	1,76	—	9,7	—	—
630	0,312	1978	1,98	—	10,9	—	—
710	0,396	2230	2,23	—	12,3	—	—
800	0,501	2512	2,51	—	16,1	—	—
900	0,635	2830	2,83	—	—	18,2	—
1000	0,785	3140	3,14	—	—	20,2	—
1120	0,985	3520	3,52	—	—	—	27,6
1250	1,23	3930	3,93	—	—	—	30,8
1400	1,54	4400	4,40	—	—	—	34,5
1600	2,01	5030	5,03	—	—	—	39,5

нах воздуховодов диагональные жесткости из угловой стали 32×
×32×4 мм.

Рамки и диагональные жесткости устанавливаются снаружи воздуховода на прямых участках и надежно закрепляются. Продольные фальцы на воздуховодах диаметром или размером большей стороны 495 мм и более должны быть закреплены в начале и конце звена воздуховода точечной сваркой, электрозаклепками или клямерами.

Замыкающие фальцы прямых участков, частей и деталей воздуховодов прямоугольного сечения при любом способе их изготовления могут быть угловыми. Фальцы воздуховодов систем аспирации и пневмотранспорта делают двойными. Для воздуховодов пневмо-

Размеры и масса прямоугольных воздуховодов из листовой стали (по СНиП I—Г.5—62, изменение № 2)

Размеры, мм		Площадь сечения, м²	Периметр, мм	Поверхность 1 м, м²	$d_{эк}$, мм	Масса 1 м (в кг) при толщине стали, мм	
A	*B*					0,7	1,0
100	160	0,016	520	0,52	125	2,86	—
100	200	0,020	600	0,60	140	3,4	—
160	160	0,0256	640	0,64	160	3,52	—
160	200	0,032	720	0,72	180	3,06	—
200	200	0,04	800	0,80	200	4,5	—
200	250	0,05	900	0,90	225	5,0	—
200	400	0,08	1200	1,20	280	6,6	—
250	250	0,0625	1000	1,09	250	5,5	—
250	400	0,10	1300	1,30	315	7,2	—
250	500	0,125	1500	1,50	315	8,3	—
400	400	0,16	1600	1,60	400	8,8	—
400	500	0,20	1800	1,8	450	—	14,
400	800	0,32	2400	2,40	500	—	18,
500	500	0,25	2000	2,00	500	—	15,
500	800	0,40	2600	2,60	630	—	20,
500	1000	0,50	3000	3,00	630	—	23,
800	800	0,64	3200	3,20	800	—	25,
800	1000	0,80	3600	3,60	900	—	28,
1000	1000	1,00	4000	4,00	1000	—	31,
1000	1250	1,25	4500	4,50	1120	—	35,
1000	1600	1,6	5200	5,20	1250	—	40,
1000	2000	2,0	6000	6,0	1400	—	47,
1600	1600	2,56	6400	6,40	1600	—	50,
1600	2000	3,20	7200	7,20	1600	—	56,

Примечания: 1. Эквивалентные диаметры $d_{эк}$ (в м²) определены по формуле $d_{эк} = \frac{2AB}{A+B}$ с округлением до размеров, принятых в СНиП (*A* и *B* — размеры сторон прямоугольного воздуховода).

2. Масса воздуховодов дана без учета фланцев.

транспорта и аспирации углы между стволом и ответвлениями выполняются согласно проекту.

Средние размеры кривизны отводов по их оси, а также количество звеньев в отводах круглого сечения надлежит принимать согласно табл. XI—8.

Патрубки воздуховодов круглого сечения, изготовленные из отдельных целых листов или картин, должны соединяться между собой в звенья одинарными лежачими фальцами или путем насадки

Таблица XI—

Допускаемые отклонения размеров воздуховодов

Наружный диаметр воздуховода круглого сечения или размер большей стороны воздуховода прямоугольного сечения	Допускаемые отклонения от наружного диаметра или стороны воздуховода	Наружный диаметр воздуховода круглого сечения или размер большей стороны воздуховода прямоугольного сечения	Допускаемые отклонения от наружного диаметра или стороны воздуховода
100		450	
110		500	—4,(
125	—2,5	560	
140		630	—4,[illegible]
160		710	
180		800	—5
200		900	
225	—3,0	1120	—5,[illegible]
250		1250	
280		1400	—6,(
315		1600	—6,[illegible]
355	—3,5		
400			

Таблица XI—[illegible]

Количество звеньев, стаканов и средние радиусы кривизны отводов круглого сечения

Диаметры отвода с центральным углом 90°, мм	Средний радиус кривизны	Число	
		звеньев	стаканов
100—1540	1,5*D*	5	2

Примечания: 1. Для воздуховодов пневмотранспорта и аспирации радиус кривизны принимается согласно проекту.

2. При отводах с центральными углами, неравными 90°, число звеньев в отводе соответственно меняется.

3. Отводы круглого сечения диаметром до 320 мм с центральным углом 90° допускаются из трех звеньев и двух стаканов.

одного патрубка на гофрированный конец другого и последующей совместной прокатки патрубков для образования в местах соединений двух поперечных валиков.

Патрубки воздуховодов прямоугольного сечения должны соединяться в звенья, как правило, на фальцах. Допускаются также соединения на рейках.

Таблица XI—9

Фланцы из полосовой и угловой стали для воздуховодов

Наружный диаметр воздуховодов круглого сечения или размер большей стороны прямоугольного сечения, мм	Сортамент полосовой или угловой стали для фланцев				Число болтов во фланцах воздуховодов в шт.		Размер болтов, мм	Допускаемое отклонение от внутреннего диаметра или размера сторон фланцев, мм
	для фальцевых воздуховодов		для сварных воздуховодов					
	круглого сечения	прямоугольного сечения	круглого сечения	прямоугольного сечения	круглого сечения	квадратного сечения		
100	Полосовая 25×4	Полосовая 25×4	Угловая 25×25×3	Угловая 25×25×3	6	8	6×20	+2,5
110	То же	То же	То же	То же	6	8	6×20	+2,5
125	»	»	»	»	6	8	6×20	+2,5
140	»	»	»	»	6	8	6×20	+2,5
160	»	»	»	»	6	8	6×20	+2,5
180	»	»	»	»	6	8	6×20	+2,5
200	»	»	»	»	6	8	6×20	+3
225	»	»	»	»	6	8	6×20	+3
250	»	»	»	»	6	12	6×20	+3
280	»	»	»	»	6	12	6×20	+3
315	»	Угловая 25×25×3	»	Угловая 28×28×3	8	12	6×20	+3,5

355	»	То же	»	То же	8	12	6×20	+3,5
400	»	»	»	»	8	12	6×20	+4
450	Угловая 25×25×3	»	Угловая 28×28×3	»	10	16	6×20	+4
500	То же	»	То же	То же	10	16	6×20	+4
560	»	Угловая 25×25×4	Угловая 28×28×3	Угловая 32×32×4	10	16	8×25	+4,5
630	»	То же	То же	То же	10	16	8×25	+4,5
710	Угловая 25×25×4	Угловая 32×32×4	Угловая 32×32×4	Угловая 36×36×4	12	20	8×25	+5
800	То же	То же	То же	То же	12	20	8×25	+5
900	Угловая 32×32×4	Угловая 36×36×4	Угловая 36×36×4	Угловая 40×40×4	16	20	8×25	+5,5
1000	То же	То же	То же	То же	16	28	8×25	+5,5
1120	Угловая 36×36×4	Угловая 40×40×4	Угловая 40×40×4	Угловая 45×45×4	18	28	10×30	+6
1250	То же	То же	То же	То же	18	28	10×30	+6
1400	Угловая 40×40×4	Угловая 45×45×4	Угловая 45×45×4	Угловая 50×50×4	22	32	10×30	+6,5
1600	То же	То же	То же	То же	22	32	10×30	+6,5

Примечание. Число болтов во фланцах прямоугольного сечения определяется как полусумма числа болтов (считая по большей и меньшей сторонам воздуховода), указанных в таблице для фланцев круглого сечения.

Звенья воздуховодов, предназначенные для влажного воздуха, следует размещать так, чтобы в нижней части воздуховодов не было продольных швов.

Поперечные швы в нижней части фальцевых воздуховодов (на одной четверти окружности), транспортирующие влажный воздух следует уплотнить пропайкой или сваркой. Фланцы для воздуховодов должны изготовляться в соответствии с табл. XI—9.

Фланцы необходимо устанавливать перпендикулярно оси воздуховода. Плоскости соединенных фланцев должны быть взаимно параллельны. Соединение фланцев с воздуховодами может быть выполнено путем отбортовки с упорным зигом, на сварке или на заклепках диаметром 4—5 мм, размещенных через 200—250 мм, но не менее чем четырьмя заклепками.

Прокладки между фланцами металлических воздуховодов должны плотно прилегать по всей плоскости каждого фланца и иметь толщину 3—5 мм.

Прокладки выполняются из следующих материалов:

для воздуховодов, перемещающих воздух нормальной влажности при температуре до 70° С, — из картона или пряди каната с промазкой суриковой замазкой;

для воздуховодов, транспортирующих влажный воздух, пыль или отходы материалов, — из резины или картона, смоченного в воде и проваренного в олифе, с промазкой суриковой замазкой;

для воздуховодов, перемещающих воздух температурой выше 70° С, — из асбестового картона или асбестового шнура.

Прокладки для фланцевых соединений должны доходить до болтовых отверстий и не выступать внутрь воздуховода.

Болты на фланцевых соединениях следует затягивать до отказа. Все гайки болтов располагают по одной стороне фланцевого соединения. Концы болтов не должны выступать из гаек более чем на 0,5 диаметра болта.

При установке фланцев на вертикальных воздуховодах гайки, как правило, располагают с нижней стороны соединений.

При установке фланцев из полосовой и угловой стали отбортовку воздуховодов следует делать размером 10—15 мм с расчетом, чтобы отогнутый борт не закрывал отверстий для болтов во фланцах.

Насадку фланцев на воздуховоды, изготовленные из листовой стали толщиною более 1 мм, допускается делать без отбортовки, но с обязательной приваркой фланцев сплошным швом по окружности или периметру воздуховода.

Воздуховоды из черной кровельной или тонколистовой стали окрашиваются в соответствии с указаниями табл. XI—10.

Разводящие участки воздуховодов, по которым транспортируется воздух с повышенной влажностью, должны прокладываться с уклоном 0,01—0,015 для стока воды (конденсата).

Уклон воздуховодов должен быть направлен в сторону дренирующих устройств. Воду из дренирующих устройств (патрубок $1/2''$ с вентилем в пониженной части сети воздуховодов) отводят через воронку в канализационную сеть.

Крепления горизонтальных металлических неизолированных воздуховодов (хомуты, подвески, опоры, и др.) следует устанавливать:

на расстоянии не более 4 м друг от друга при диаметрах воздуховода круглого сечения или размерах большей стороны прямоугольного воздуховода до 375 мм;

Таблица XI—10

Окраска воздуховодов, изготовленных из черной кровельной или тонколистовой стали

Характер среды, перемещаемой по воздуху	Вид окраски	
	при изготовлении	при монтаже
Воздух, не содержащий пыли, температурой до 70° С	Масляная окраска изнутри и снаружи за 1 раз	Масляная окраска снаружи за 1 раз
Воздух, не содержащий пыли, с температурой выше 70° С	Окраска огнестойким составом снаружи за 1 раз	Окраска огнестойким составом снаружи за 1 раз
Воздух, содержащий пыль или отходы материалов	Масляная окраска снаружи за 1 раз	Масляная окраска снаружи за 1 раз
Воздух, содержащий пары или газы, корозирующие металл	Окраска кислотоупорным составом изнутри за 2 раза, снаружи за 1 раз	Окраска кислотоупорным составом снаружи за 1 раз

Примечания: 1. Звенья, фасонные части и детали воздуховодов при их изготовлении окрашиваются (грунтуются) из рекомендуемых окрасочных составов вне зависимости от колера.

2. Соединительные детали и конструкции крепления воздуховодов (фланцы, хомуты, подвески и пр.) покрываются со всех сторон окрасочными составами, применяемыми для воздуховодов.

3. Поверхности воздуховодов под фланцами также окрашиваются.

на расстоянии не более 3 м друг от друга при диаметрах воздуховодов круглого сечения или размерах большей стороны прямоугольного воздуховода свыше 375 мм.

Крепление вертикальных воздуховодов выполняются на расстоянии не более 4 м друг от друга, причем в пределах одного этажа должно быть установлено не менее двух креплений.

Воздуховоды из винипласта

Размеры, толщина материала и масса воздуховодов из винипласта круглого сечения приведены в табл. XI—11, а прямоугольного сечения — в табл. XI—12.

Гибку (формирование) винипласта следует выполнять при подогреве заготовок до 120—140° С. Продолжительность нагревания заготовок зависит от толщины материала.

Длина сварочного прутка должна соответствовать длине шва. Наращивание прутка непосредственно на шве не рекомендуется.

Перед сваркой листов винипласта толщиной 3 мм и более в местах стыков должны быть сняты фаски под углом 30—35°.

Таблица XI—11

Размеры и масса круглых воздуховодов из винипласта (по МСН 184—68 ММСС СССР)

d, мм	Площадь сечения, м²	Периметр, мм	Поверхность 1 м, м²	Масса 1 м (в кг) при толщине винипласта, мм		
				2	3	4
160	0,0201	502	0,502	1,39	—	—
200	0,0314	628	0,628	1,74	—	—
250	0,0491	785	0,785	—	3,26	—
315	0,078	989	0,989	—	4,12	—
400	0,126	1256	1,26	—	—	6,98
500	0,196	1570	1,57	—	—	8,73
630	0,312	1978	1,98	—	—	11,02
800	0,503	2512	2,51	—	—	14,06

Примечание. Плотность винипласта принята $\gamma=1400$ кг/м³ по $\frac{\text{ТУ 302—56}}{\text{МСПМХП}}$.

Таблица XI—12

Размеры и масса прямоугольных воздуховодов из винипласта (по МСН 184—68 ММСС СССР)

Размеры, мм		Площадь сечения, м²	Периметр, мм	Поверхность 1 м, м²	$d_{эк}$, мм	Масса 1 м (в кг) при толщине винипласта, мм		
A	$Б$					2	3	4
100	160	0,16	520	0,52	125	1,42	—	—
100	200	0,02	600	0,60	140	1,66	—	—
160	200	0,032	720	0,72	180	1,98	—	—
200	250	0,05	900	0,90	225	—	3,78	—
200	400	0,08	1200	1,2	280	—	4,95	—
250	400	0,10	1300	1,3	315	—	5,4	—
250	500	0,125	1500	1,5	315	—	—	8,25
400	500	0,20	1800	1,8	450	—	—	9,96
400	800	0,32	2400	2,4	500	—	—	13,26
500	800	0,40	2600	2,6	630	—	—	14,4
500	1000	0,5	3000	3,0	630	—	—	16,65

Примечание. Масса воздуховодов дана без учета фланцев.

Неразъемные соединения воздуховодов круглого и прямоугольного сечения из винипластовых листов следует выполнять сваркой в стык или приварными муфтами. Разъемные соединения прямых участков воздуховодов и фасонных частей осуществляются на фланцах, изготовляемых из винипласта.

Для обеспечения плотного соединения между фланцами необходимо ставить уплотняющие прокладки из полихлорвинилового прокладочного пластика или резины толщиной 3—5 мм.

Виброизолирующие основания и глушители аэродинамического шума

Вентиляторы с электродвигателями устанавливают на общей раме с пружинными виброизолирующими амортизаторами, поставляемыми в комплекте с вентиляционными агрегатами.

Пружинные виброизоляторы монтируют непосредственно на перекрытии или подливке (на I этаже, если полы непосредственно на грунте). Устройство специального фундамента под вентилятор не требуется.

Установка вентиляторов с электродвигателями на жестком основании не допускается.

Входные и выходные патрубки центробежных вентиляторов независимо от типа основания присоединяются к воздухозаборным устройствам и к воздуховодам при помощи гибких вставок.

С целью уменьшения аэродинамического шума следует принимать к установке вентиляторы, работающие с максимальным коэффициентом полезного действия. Чтобы уменьшить шум, создаваемый вентиляционными установками, рекомендуется их размещать в отдельных специальных помещениях.

Величина аэродинамического шума, издаваемого вентиляционными установками, не превышает предельно допустимой (85 дБ), поэтому в условиях предприятий пищевой промышленности устройства по уменьшению аэродинамического шума не предусматриваются.

Глава XII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАЛАДКА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Приемка смонтированных вентиляционных устройств

Приемка вентиляционных установок осуществляется после того, как организация, выполнившая монтажные работы, устранит имеющиеся неплотности, а также недоделки, произведет регулирование и техническое испытание установок.

При техническом испытании проверяют:

соответствие режима работы вентиляторов (производительности и давления) проектным данным и характеристике вентилятора по паспортным данным;

соответствие проекту теплопроизводительности калориферных установок;

соответствие проекту холодопроизводительности поверхностных воздухоохладителей;

соответствие проекту объемов воздуха, подаваемого или отсасываемого общеобменными вентиляционными установками, по отдель-

ным помещениям с обеспечением равномерного распределения воздуха по приточным и вытяжным вентиляционным отверстиям;

соответствие проекту объемов воздуха, перемещаемого системой аспирации по отдельным пылеприемникам и магистральному воздуховоду;

температуру, а при наличии увлажнительных и доувлажнительных устройств, и относительную влажность воздуха, подаваемого в вентилируемое помещение;

режим работы насосов кондиционеров;

режим работы воздушных клапанов кондиционеров;

работу фильтров по очистке воздуха от пыли;

наличие подпора в помещениях с кондиционированием воздуха в соответствии с проектом.

Отклонения от проекта, выявляемые при техническом испытании установок, не должны превышать следующих пределов: по производительности вентиляционной установки ±10%, по объему вентиляционного воздуха, проходящего через воздуховыпускное или воздухоприемное устройство ±10%; по температуре воздуха, подаваемого в помещение, ±2° С, по относительной влажности воздуха ±7%.

В цехах с постоянным температурно-влажностным режимом отклонение величины температуры допускается в пределах ±1° С и относительной влажности ±7% при обязательном поддержании заданного подпора в помещении (не менее 50 Па).

Проверка теплоотдачи калориферных установок вентиляционных систем в теплое время года при отсутствии теплоносителя должна быть перенесена на зимний период. Отсутствие теплоносителя в теплое время года не может служить препятствием к общей приемке смонтированных вентиляционных систем.

При наличии выявленного испытанием несоответствия результатов проектным данным предприятие (монтажная организация) имеет право вызвать представителя проектной организации для разрешения возникших технических вопросов.

Вентиляционная установка может быть допущена к приемке после непрерывной исправной работы в течение 8 ч.

Документация, предъявляемая при приемке вентиляционных устройств, должна содержать: проект с пояснительной запиской и указанными на чертежах изменениями, допущенными при монтаже, а также документы на согласование этих изменений; акты приемки скрытых работ и промежуточной приемки отдельных вентиляционных устройств; акты о результатах технического испытания вентиляционных систем, подписанные представителем монтажной организации и заказчиком.

Приемка вентиляционных устройств заключается в наружном осмотре, проверке действия всех смонтированных установок и выявлении отклонений, допущенных при производстве строительно-монтажных работ, а также нарушений технических условий на производство внутренних санитарно-технических работ. При приемке необходимо, в частности, проверить:

правильность установки вентиляционного оборудования;

равномерность прогрева калориферов;

равномерность охлаждения воздухоохладителей;

правильность устройства воздуховодов, вентиляционных камер и шахт;

надежность крепления воздуховодов;

наличие приспособлений, фиксирующих отрегулированное положение дросселирующих устройств, и легкость управления ими;

правильность установки насосов, баков, вентилей, задвижек, клапанов и других устройств в установках по кондиционированию воздуха;

правильность монтажа секций кондиционеров, камер орошения, фильтров и клапанов установок по кондиционированию воздуха;

работу насосов, форсунок в камере орошения, вентилей, задвижек и регулирующих клапанов, герметичность смотровых люков в камере орошения и во всех секциях кондиционеров и установок осветительной арматуры в них;

звукоизоляцию и теплоизоляцию вентиляционных агрегатов, кондиционеров и воздуховодов в соответствии с проектом;

выполнение специальных требований проекта, противопожарных норм и инструкций.

Испытание системы аспирации представляет большие трудности и требует проведения большего числа замеров, которые неоднократно приходится повторять в процессе наладки и устранения обнаруженных дефектов.

Основная задача испытаний системы аспирации состоит в определении:

производительности системы по объему отсасываемого воздуха;

фактического давления (разряжения), создаваемого побудителем тяги в системе;

фактического количества воздуха, отсасываемого от каждого местного отсоса.

В процессе наладки и регулирования объем отсоса от каждой точки должен быть доведен до проектных данных. Это достигается в случае необходимости установкой диафрагм на участках, где расход воздуха больше проектного. Диаметр диафрагмы подбирается в процессе регулирования.

Возможные причины неэффективной работы вентиляционных систем и установок по кондиционированию воздуха и способ их устранения приведены в табл. XII—1.

В акте приемки вентиляционных устройств должны быть указаны:

отступления от проекта, допущенные при производстве строительно-монтажных работ;

характеристики вентиляторов, кондиционеров, фильтров, насосов, калориферов, электродвигателей и другого вентиляционного оборудования, исправность их работы и соответствие проектным данным;

результаты испытаний и регулирования вентиляционных установок, выполненных монтажной организацией;

качество строительно-монтажных работ;

перечень обнаруженных недоделок и дефектов с указанием сроков их устранения и исполнителей.

Эксплуатационные испытания и наладка вентиляционных устройств на санитарно-гигиенический эффект и соответствие требованиям технологического процесса, выполняемые при нормальной нагрузке технологического оборудования, не входят в обязанности монтажной организации и выполняются силами предприятия или специализированной наладочной организацией.

Таблица XII—1

Возможные причины неэффективной работы вентиляционных систем и установок по кондиционированию воздуха и способы их устранения

Возможные дефекты	Причина	Способ устранения
Вентилятор не дает паспортной производительности по расходу воздуха и по давлению	а) Зазор между кромкой входного патрубка вентилятора и кромкой переднего диска ротора в радиальном и осевом направлении превышает нормируемую величину (см. раздел «Вентиляторы»)	а) Довести зазор до требуемых размеров путем перестановки всасывающего патрубка вентилятора или изготовить и установить новый патрубок. Внутренняя кромка всасывающего патрубка должна быть хорошо отрихтована
	б) Входной патрубок вентилятора установлен правильно, а вентилятор не дает паспортной производительности	б) Лопатки ротора установлены с отклонением от требуемого угла наклона. Вентилятор подлежит замене
	в) Ротор вентилятора вращается в обратную сторону (для вентиляторов правого вращения — по часовой стрелке, а для вентиляторов левого вращения — против часовой стрелки, если смотреть со стороны входа воздуха)	в) Изменить направление вращения электродвигателя
Корпус электродвигателя чрезмерно нагревается (температура на поверхности корпуса превышает 70° С)	а) Сопротивление воздухоразводящей сети значительно ниже проектного	а) Проверить соответствие выполненной в натуре сети воздуховодов проекту и по возможности устранить несоответствие; увеличить сопротивле-

Сгорела обмотка двигателя		ние сети за счет прикрытия шибера на входном или выходном патрубке вентилятора: величина прикрытия шибера устанавливается по нормальному нагреву корпуса электродвигателя
	б) Электродвигатель подобран неверно	б) Проверить расчетом необходимую мощность электродвигателя по формуле $N = \frac{Qp \cdot 1,2}{1000\,\eta_в\,\eta_п}$ кВт, где Q — производительность вентилятора по воздуху; м³/с; p — сопротивление воздухоразводящей сети, Па; $\eta_в$ — к. п. д. вентилятора; $\eta_п$ — к. п. д. передачи. Установить электродвигатель потребной мощности
Количество воздуха, поступающего в помещение меньше фактической производительности вентилятора. Количество воздуха, удаляемого местными отсосами в системе аспирации меньше фактической производительности вентилятора	а) В сети воздуховодов имеются неплотности	а) Проверить фланцевые и фальцевые соединения воздуховодов; устранить неплотности путем установки надежных прокладок между фланцами, заменить участки воздуховодов с поперечными фальцевыми соединениями
	б) Сопротивление отдельных участков сети или всей сети больше проектной	б) Проверить соответствие выполненной в натуре сети проекту; в случае необходимости заменить отдельные участки сети или заменить электродвигатель

Продолжение табл. XII—1

Возможные дефекты	Причина	Способ устранения
	в) Отдельные участки воздуховодов, главным образом у фасонных частей, засорены мусором или случайными предметами	в) Прочистить все участки воздухопроводящей сети
Количество воздуха, проходящего через магистральный воздуховод системы аспирации, соответствует проектным данным, а на отдельных ответвлениях местные отсосы не работают	а) При расчете сети воздуховодов не увязаны сопротивления отдельных узлов	а) Проверить расчет сети и внести соответствующие коррективы путем замены диаметров воздуховодов на отдельных участках и в случае необходимости установить диафрагмы по расчету
	б) Монтаж сети и отдельных узлов выполнен с отступлением от проекта	б) Произвести замену участков сети по проекту и в случае необходимости установить диафрагмы
	в) На некоторых участках (ближайших к неработающим) имеются неплотности и «вредные» подсосы воздуха	в) Устранить неплотности постановкой прокладок из фланцевых соединений и заменить негодные участки воздуховодов Во всех случаях проверку работы сети производить на отдельных ответвлениях и магистрали
Подача воздуха через воздухораздающие устройства происходит неравномерно; в некоторые из них воздух совсем не поступает	а) Расчет сети произведен неверно: неправильно подобраны диаметры воздуховодов	а) Проверить расчет сети и при необходимости произвести замену отдельных участков сети

	б) При монтаже допущены отступления от технических условий и от проекта	б) Привести сеть в полное соответствие с проектом и исправить отдельные участки в соответствии с требованиями технических условий
	в) На отдельных участках сети имеются неплотности	в) Устранить неплотности Во всех случаях путем замеров и при помощи шиберов произвести регулировку отдельных узлов и всей сети
Подача приточного воздуха через щелевые выпуски происходит неравномерно, из отдельных щелевых выпусков воздух выходит со скоростью больше допустимой	а) Щелевые выпуски выполнены неодинаковой ширины	а) Внести монтажные исправления и довести все щели до одинаковой ширины
	б) Площадь поперечного сечения в корне воздуховода в 1,5—2 раза меньше суммарной площади щелевых отверстий	б) Заглушить часть щелей с тем, чтобы отношение площади щелей к площади воздуховода в корне было бы не более 1,2—1,4
При работе в сети воздуховодов производительность и давление на выходе вентилятора не соответствует паспортным и проектным данным	а) Вентилятор подобран неправильно	а) Подобрать вентилятор по его характеристике и характеристике сети
	б) Сопротивление сети не соответствует проекту	б) Изменить сопротивление сети шиберами
Воздух, проходящий через калорифер, не нагревается до требуемой температуры или воздух перегревается	а) Поверхность нагрева калорифера подобрана неверно	а) Проверить расчетом необходимую площадь поверхности нагрева калорифера и сверить с действующим и при необходимости заменить его
	б) Температура теплоносителя не отвечает расчетной	б) По возможности добиться подачи теплоносителя с расчетными параметрами или пересчитать калорифер по фактическим параметрам теплоносителя

Продолжение табл. XII—1

Возможные дефекты	Причина	Способ устранения
	в) Расход теплоносителя не соответствует расчетному	в) Проверить диаметры подводок теплоносителя к калориферам и в случае необходимости заменить трубопроводы
Сопротивление калорифера больше расчетного	а) Калорифер подобран неверно по воздуху б) Имеет место засорение между ребрами трубок калорифера	а) Проверить расчет калорифера и в случае необходимости заменить его б) Прочистить продувкой его сжатым воздухом
Циклон не дает требуемой степени очистки	а) Циклон выполнен негерметично б) Отсутствует герметичность в сборном бункере пыли в) Имеются зазоры в шлюзовом затворе, чем нарушена его герметичность	а, б и в) Проверить и произвести уплотнение всех соединений в циклоне, заменить и притереть крыльчатку шлюзового затвора
Матерчатый рукавный фильтр не обеспечивает требуемой степени очистки	а) Имеются прорывы в рукавах б) Нарушена герметичность фильтра в) Нагрузка на фильтр выше нормируемой для данной пыли	а) Проверить состояние рукавов и при необходимости произвести замену б) Проверить и уплотнить все соединения, прижим смотровых люков и сальники шнека в) Проверить и довести нагрузку до нормируемой (если требуется, то установить дополнительный фильтр параллельно)

Сопротивление циклона или фильтра выше расчетного	—	Проверить нагрузку по воздуху и довести ее до расчетной
В кондиционере воздух в камере орошения не получает заданных параметров	а) Часть форсунок не работает из-за засорения	а) Прочистить форсунки и проверить их работу
	б) Камера орошения плохо или совсем не теплоизолирована	б) Покрыть наружную поверхность камеры теплоизоляцией (например, минераловатными плитами толщиной 40 мм) или отремонтировать существующую
	в) Насос не подает требуемого количества воды или не развивает требуемого давления перед форсунками	в) Проверить работу насоса и при необходимости его заменить; проверить задвижки или вентили до насоса и после него, при необходимости отремонтировать или заменить; проверить и прочистить трубопроводы и фильтр в поддоне
	г) Температура воды не соответствует требуемой	г) Проверить температуру воды поступающей из холодильной станции, проверить работу смесительного клапана или регулирующих клапанов, а также системы автоматики
	д) Температура воздуха, поступающего в камеру орошения, не отвечает запроектированной	д) Проверить работу клапанов на воздухе до камеры, а также работу калорифера
На поверхностном воздухоохладителе воздух не получает требуемой температуры	а) Часть трубок не работает	а) Проверить и прочистить трубки
	б) Воздухоохладитель не изолирован	б) Изолировать или исправить теплоизоляцию
	в) В воздухоохладитель не поступает заданное количество холодоносителя	в) Проверить температуру и расход холодоносителя и довести до требуемых

Организация службы эксплуатации вентиляционного хозяйства

За состояние вентиляционного хозяйства ответственны главный инженер предприятия — за общее состояние вентиляционного хозяйства; главный энергетик (или главный механик) — за своевременный и качественный ремонт вентиляционного хозяйства, а также за техническое руководство и контроль правильности эксплуатации систем вентиляции; начальники производственных цехов — за правильность эксплуатации вентиляционных установок в соответствии с рабочими инструкциями, а также за исправное состояние и сохранность вентиляционных устройств.

Рекомендации по эксплуатации и наладке систем вентиляции и кондиционирования воздуха

Эксплуатационный режим каждой вентиляционной системы подлежит уточнению согласно специальной рабочей инструкции, включающей следующие данные: назначение вентиляционной установки с перечнем помещений, обслуживаемых этой установкой; производительность (в $м^3/ч$) и рабочее давление (в Па), частоту вращения и мощность электродвигателя вентиляционного агрегата; площадь теплоотдающей поверхности калорифера, режим работы его; температуру воздуха после калорифера, параметры теплоносителя и расход воздуха в зависимости от температуры наружного воздуха; режим работы обводного воздушного клапана, режим работы приборов автоматики для предотвращения замерзания калорифера.

Аспирационные системы должны включаться за 3—5 мин до начала работы производственного оборудования и выключаться через 3—5 мин после их выключения. Включение и выключение осуществляется системой блокировки и автоматики.

Общеобменную вентиляцию и установки по кондиционированию воздуха следует включать за 2—3 часа до начала работы в обслуживаемых помещениях и выключать одновременно с окончанием работы.

Каждой установке присваивается условное сокращенное обозначение и порядковый номер, например ПУ-3 — приточная установка № 3, УКВ-10 — установка кондиционирования воздуха № 10 и т. п. Сокращенные обозначения и порядковые номера установок должны быть нанесены яркой несмываемой краской на кожухе побудителя тяги или их трубопроводе около побудителя тяги.

В целях удобства эксплуатации все установки каждого производственного корпуса, имеющие одинаковое сокращенное обозначение, должны иметь единую нумерацию (при таком порядке в каждом корпусе окажется только одна установка ПУ-1 или УКВ-1 и т. д.).

В каждом производственном цехе должен быть заведен журнал обслуживания вентиляционных установок. В этом журнале фиксируют:

фамилии дежурных слесарей и электриков, дни и часы дежурств;

неисправности, выявленные в процессе дежурств;

все случаи прекращения работы установок в рабочее время в связи с ремонтом, а также вследствие аварии, отсутствия электроэнергии и т. д.;

устранение выявленных неисправностей и возобновление работы установок.

На каждую установку заводится паспорт и ремонтная карта. Паспорт установки составляют по данным технических испытаний, проведенных специализированной наладочной организацией или силами группы инженера по вентиляции. После капитального ремонта установки в паспорт вносятся необходимые изменения и дополнения (по замене оборудования, повышения производительности за счет увеличения частоты вращения и т. д.). В ремонтной карте указывается вид ремонта (текущий, средний, капитальный), дату начала и окончания ремонтных работ, краткое содержание произведенного ремонта, оценку выполненных ремонтных работ.

Наладка вентиляционной системы в процессе эксплуатации производится с целью получения заданного эффекта от ее работы, т. е. чтобы отсос пыли от пылящего оборудования снизил пылесодержание в производственных помещениях до пределов допустимой концентрации по санитарным нормам, чтобы температура и относительная влажность воздуха в помещении поддерживалась в пределах требований санитарных норм по периодам года.

В процессе такой наладки могут встретиться значительные трудности, устранение которых требует дополнительных устройств или мероприятий.

Ниже приводятся некоторые довольно часто встречающиеся случаи.

1. В помещении от вентиляционной установки поступает воздух заданных параметров и в требуемом количестве, а параметры воздуха в рабочей зоне не отвечают запроектированным. Температура наружного воздуха соответствует расчетной.

Причина такого дефекта может заключаться в том, что тепловлажностный баланс в помещении отличается от принятого в расчете установки (изменился состав и мощность технологического оборудования, неправильно подсчитаны тепло и влага, выделяющиеся от оборудования и т. п.).

Необходимо составить новый тепловлажностный баланс по помещению с учетом фактического положения и пересчитать систему вентиляции. В соответствии с новым расчетом изменить мощность вентиляционного оборудования.

Составляя новый тепловлажностный баланс, следует экспериментально проверить теплопоступление от поверхности горячего оборудования.

Без особой погрешности можно принять тепловыделение (в Вт) от оборудования по формуле

$$Q = F\left\{k_0 (t_п - t_{вн})^{1,25} + 4\left[\left(\frac{T_п}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{вн}}{100}\right)^4\right]\right\},$$

где F — площадь поверхности горячего оборудования, м²;

k_0 — коэффициент теплоотдачи, численно равный для горизонтальных поверхностей 2,55, а для вертикальных поверхностей 3,25 Вт/(м²·К);

$t_п$ — температура нагретой поверхности, °С;
$t_{вн}$ — температура окружающего воздуха, °С;
$T_п = (t_п+273)$ — абсолютная температура нагретой поверхности, К;
$T_{вн} = (t_{вн}+273)$ — абсолютная температура окружающего воздуха, К.

2. В папиросонабивном цехе табачной фабрики от системы кондиционирования поступает воздух заданных параметров и в требуемом количестве, а параметры воздуха в рабочей зоне не отвечают требуемым и запыленность выше предельно допустимой концентрации.

Причины такого дефекта:

количество наружного воздуха, добавляемого к рециркулируемому, недостаточно и в помещении нет избыточного давления (подпора) в холодный период года;

в помещении открыты окна и двери, может быть, имеются неогражденные проемы, и кроме кондиционируемого воздуха поступает воздух снаружи без контроля;

место примыкания разгрузителей пневмотранспорта резаного табака к дистрибуторам папиросонабивных машин не герметизировано и в помещение пробивается мелкая пыль;

на некоторых участках помещения образуются застойные зоны, препятствующие проветриванию всего помещения и созданию заданных параметров.

Чтобы устранить указанные дефекты, необходимо:

проверить равномерность распределения приточного воздуха по помещению путем замеров чашечным и крыльчатым анемометрами;

ликвидировать имеющуюся неравномерность за счет изменения длины воздуховодов (приточного и вытяжного), а возможно и их компоновки;

проверить и при необходимости усилить герметизацию оконных и особенно дверных проемов. Полностью герметизировать открытые проемы в соседние помещения или в крытые переходы и т. п;

проверить герметичность и степень возможного регулирования выхлопным клапаном для теплого периода года: за счет регулирования выхлопного клапана добиться избыточного давления в помещении в теплый период года;

проверить, какое количество наружного воздуха подмешивается к рециркулируемому в холодный период года и при необходимости увеличить часовую добавку наружного воздуха до 3-кратного объема помещения;

за счет регулирования добавки свежего наружного воздуха добиться получения в помещении избыточного давления в пределах 30—50 Па.

В теплый период года избыточное давление может быть получено регулированием объема воздуха, выбрасываемого в атмосферу. Следовательно, в большинстве случаев основным фактором является герметизация помещения.

Поэтому необходимо обеспечить герметичность примыкания разгрузителей к дистрибуторам.

3. Помещения цеха доображивания и фильтрации пива охлаждаются специальными поверхностными воздухоохладителями с рециркуляцией воздуха и добавкой свежего наружного воздуха. Цех расположен в одноэтажном здании. Кровля и стены теплоизолированы.

Температура подаваемого воздуха и его количество соответствуют расчетным данным. Однако температура воздуха в помещении в теплый период года на 3—4° С выше заданной.

Основные причины такого несоответствия:

утеплитель кровли и стен не отвечает проектным данным;

качество утеплителя не отвечает требованиям ГОСТа;

входные двери в помещении не утеплены и закрываются негерметично;

воздухораздача и забор воздуха на рециркуляцию организованы так, что отдельные участки помещения не проветриваются и, как следствие, не охлаждаются.

Опыт эксплуатации и наладки на действующих заводах показал, что при устранении перечисленных дефектов и создании в помещении помимо этого избыточного давления обеспечивает получение заданной температуры. Существенную роль играет также своевременная дефростация (снятие снеговой шубы) воздухоохладителей.

4. В солодорастильном отделении подача воздуха в подситовое пространство соответствует расчетной, заданные параметры соблюдаются. Однако в помещении отделения (над ящиками) происходит интенсивная конденсация влаги на внутренней поверхности покрытия и стен, в результате чего образуется плесень.

Для устранения указанного необходимо:

проверить качество и толщину утеплителя кровли для одноэтажного здания и при необходимости заменить его;

загерметизировать все входные двери и другие проемы;

проверить объем воздуха, отсасываемого из помещения на рециркуляцию, учитывая, что он должен быть меньше объема подаваемого воздуха на 0,5—0,7 объема помещения. Имея такое превышение притока над вытяжкой, можно создать избыточное давление в помещении, ликвидировать вредные притоки наружного воздуха через неплотности и конденсацию влаги на внутренних поверхностях ограждений.

Техника безопасности

При обслуживании вентиляционных установок должны быть соблюдены следующие основные требования техники безопасности:

вентиляционное оборудование может быть включено в работу только при наличии ограждающих решеток или кожухов на приводных ремнях, соединительных муфтах и других вращающихся частях;

площадки, на которых смонтировано вентиляционное оборудование, стационарные лестницы к ним, а также отверстия в перекрытиях должны быть ограждены перилами;

крышки люков и подъемные зонты должны быть снабжены устройством для их закрепления в открытом (поднятом) положении;

воздуховоды, кронштейны под вентиляционное оборудование, зонты и другие элементы вентиляционных систем должны размещаться на высоте не менее 1,8 м от уровня пола;

аспирационные воздуховоды, а также вентиляторы, циклоны, фильтры и салазки электродвигателей должны быть надежно закреплены и заземлены с присоединением к заводской системе заземления. Все оборудование и трубопроводы, входящие в состав установки и расположенные в цехах или снаружи здания, должны представ-

лять единую неразрывную на всем протяжении электрическую цепь, присоединенную не реже чем через 100 м к надежному заземляющему устройству. Фланцевые соединения звеньев трубопроводов между собой или с металлическим оборудованием считаются обладающими достаточной проводимостью и не требуют особых токопроводящих обводов (пунктов). Это указание относится также к болтовым соединениям корпусов аппаратов с крышкой, например, бункеров и соединениям на разбортовке. Отдельно стоящие элементы оборудования снабжаются самостоятельными заземлениями и присоединяются к общему заземляющему устройству, причем не допускается последовательное присоединение к заземляющей системе нескольких отдельно установленных элементов оборудования (емкостей, агрегатов) и трубопроводов;

каждая заземляющая группа оборудования или трубопроводы должны быть присоединены к заводскому заземляющему устройству не менее чем в двух местах. Параллельно прокладываемые или пересекающиеся между собой или с металлоконструкциями здания (на расстоянии не менее 10 см) отдельные трубопроводы должны соединяться через каждые 20—25 м токопроводящими перемычками из голого провода сечением не менее 6 мм^2;

запрещается загромождать вентиляционные камеры, каналы и площадки посторонними предметами;

при производстве ремонта или осмотра оборудования, воздуховодов, зонтов и укрытий на высоте с лестниц или площадок не допускается нахождение людей в местах, где производятся эти работы;

применяемые для осмотра, очистки или ремонта воздуховодов и расположенного на высоте вентиляционного оборудования переносные лестницы должны иметь откидные прочно закрепляемые при работе стойки;

концы переносных лестниц должны быть с резиновыми наконечниками;

ремонт (в том числе подтягивание болтов) и чистка электродвигателей, вентиляторов, насосов и другого оборудования не должны производиться до полной остановки вращающихся частей.

В процессе чистки или ремонта на месте вентилятора и электродвигателя необходимо вынуть плавкие предохранители для предотвращения возможного случайного пуска электродвигателя;

запрещается снимать и надевать приводные ремни при вращении ротора электродвигателя;

салазки электродвигателей должны быть заземлены;

должно быть обеспечено постоянное освещение мест установки вентиляционного оборудования, требующего систематического ухода и обслуживания. Места, где обслуживание оборудования производится редко и кратковременно, должны быть обеспечены переносными электрическими лампами. Переносные электрические лампы в обычных условиях допускаются к применению на напряжении не выше 36 В, а при работе в сырых местах — на напряжение 12 В;

напряжение электросети, защита проводов и тип электроарматуры должны отвечать общим правилам техники безопасности для промышленных предприятий и правилам устройства электроустановок;

временные электротехнические устройства в течение всего периода работы должны отвечать тем же требованиям по безопасности, какие предъявляются к постоянным устройствам;

при временном отсоединении электродвигателей от сети на ремонт концы питающих проводов необходимо закорачивать;

в сырых помещениях с полом, проводящим ток, заменять электрические лампы необходимо после предварительного отключения соответствующей электропроводки;

при обнаружении ударов, подозрительного шума или вибрации оборудование должно быть немедленно выключено;

запрещается влезать в воздуховоды, бункера, укрытия, охладители, увлажнители до полной остановки соответствующих установок, освобождения бункеров от пыли и проветривания внутренних частей установок.

В вентиляционных камерах и других местах расположения вентиляционного оборудования должны быть вывешены правила и плакаты по технике безопасности. К работе допускаются лица, прошедшие соответствующий инструктаж.

Пожарная профилактика

Противовзрывные и противопожарные требования к проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха производственных зданий зависят от категории взрывной и пожарной опасности производства. В главе СНиП II-М·2—72 «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования» установлено шесть категорий опасности: А и Б — взрыво- и пожароопасные, В, Г и Д — пожароопасные, Е — взрывоопасная.

Классификация взрывной и пожарной опасности помещений при применении электрического оборудования нормируется «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ), согласно которым взрывоопасные помещения подразделяются на пять классов: В—I, В—Iа, В—Iб, В—II, В—IIа, а пожароопасные — на три класса: П—I, П—II и П—IIа.

В табл. XII—2 приведены категории пожарной и взрывной опасности производственных и подсобных помещений предприятий по отраслям пищевой промышленности.

В отделениях обработки виноматериалов теплом, аппаратном и сливном отделениях, отделениях розлива, хранения и выдержки коньячных спиртов, спиртохранилищах винодельческих заводов, отнесенных по пожарной и взрывной опасности к категории А и Б, независимо от наличия общеобменной вентиляции, надлежит предусматривать аварийную вентиляцию, часовая производительность которой определяется из условий обеспечения в помещении не менее 8 объемов воздуха по полному внутреннему объему помещения.

Схемы общеобменной вентиляции и объем аварийной вытяжной вентиляции для холодильно-компрессорных станций, отнесенных по пожарной и взрывной опасности к категории Б, приведены в главе VIII. В этой же главе приведены схемы общеобменной вентиляции и объем аварийной вытяжки для помещения зарядной станции (зарядка аккумуляторов), отнесенной по взрывной опасности к категории Е.

В помещениях складов бестарного и тарного хранения муки и других пыльных помещениях, отнесенных по пожарной и взрывной опасности к категории Б, устройства аварийной вентиляции не тре-

Таблица XII—2

Категория пожарной и взрывной опасности производственных и подсобных помещений

Производственные помещения	Категория пожарной и взрывной опасности	
	по СНиП	по ПУЭ
Хлебозаводы		
Склад бестарного хранения муки, просевательное и аспирационное отделения	Б	В—IIа
Пекарный зал, тестоприготовительное отделение, помещение производственных бункеров, хлебохранилище, экспедиция, цех панировочных сухарей, лаборатория, отделение мойки лотков и форм, кладовые подсобного сырья, отделение подготовки сырья, приготовление хлебной мочки	В	П—IIа
Помещение мешковыколачивающей машины	Б	В—IIа
Камеры брожения и расстойки теста; дрожжевое отделение	Д	—
Топочное отделение пекарного зала	Г	—
Пекарное отделение кондитерского цеха, помещение отделки и укладки пирожных, кладовая кондитерских изделий	В	П—IIа
Отделение приемки муки в мешках	В	П—II
Зарядные станции (зарядка аккумуляторов)	Е	В—I
Макаронные фабрики		
Склад бестарного хранения муки, просевательное отделение	Б	В—IIа
Отделения приемки муки в мешках	В	П—II
Помещение подготовки муки и яичных обогатителей	В	П—IIа
Отделение сушки макарон	В	П—IIа
Тестоформовочное отделение	В	П—IIа
Упаковочное отделение, экспедиция, склад готовой продукции	В	П—IIа
Крахмалосушильные заводы		
Отделения мойки, замочки кукурузы и выделения ростков, размельчения картофеля или кукурузы и выделения крахмала, обработка грязевого и ловушечного крахмала, отделение осушающих центрифуг	Д	—

Производственные помещения	Категория пожарной и взрывной опасности	
	по СНиП	по ПУЭ
Отделения сушки крахмала, подработки сухого крахмала, упаковки и хранения	Б	В—IIа
Заводы по производству патоки		
Все производственные и подсобные помещения	Д	—
Дрожжевые заводы		
Все производственные и подсобные помещения	Д	—
Кондитерские фабрики		
Варочные отделения, отделения обжарки и размола какао бобов, паточная и сиропная станции	Д	—
Отделения пекарных и вафельных печей, поточные линии бисквитных печей	В	П—IIа
Отделения протирочные, подготовки сырья, мойки, роспуска крошек, приготовления, измельчения и отделки шоколадных масс	Д	—
Отделения дражирования, завертки, укладки и расфасовки карамели, пудрильные, рецептурные, отливки и выборки корпусов конфет, укладки и завертки шоколада, производства различных сортов шоколада, упаковочное, склад готовой продукции, сколоточная тарного цеха	В	П—IIа
Отделение размола какао порошка	Б	В—IIа
Отделение приготовления сахарной пудры	Б	В—IIа
Цехи гофрированной тары, литографии и хромографии	В	П—IIа
Консервные заводы		
Все производственные и подсобные помещения	Д	—
Винодельческие заводы		
Цеха переработки винограда, бродильное отделение, дрожжевое отделение, отделения мойки бочек, обработки виноматериалов холодом	Д	—

Производственные помещения	Категория пожарной и взрывной опасности	
	по СНиП	по ПУЭ
Отделение обработки виноматериалов теплом	Б	В—Iб
Отделение розлива вина в бочки и автоцистерны, экспедиция готовой продукции, лаборатория	В	В—Iб
Аппаратное отделение, сбивное отделение	А	В—Iа
Сушильное отделение отходов	Б	В—IIа
Склад хранения кормовой муки, семян и белкового корма	В	П—IIа
Отделение переработки выжимки, дрожжей и прочих отходов	Д	—
Бродильно-нейтрализационное отделение	Д	—
Склад хранения ВКИ	Д	—
Отделение приема виноматериалов	В	В—Iб
Отделение приема коньяков	А	В—Iа
Напорное отделение	В	В—Iб
Моечно-разливной цех		
Отделения мойки посуды	Д	I
Отделения розлива вина в бутылки	В	В—Iб
Отделения розлива коньяка в бутылки и напорное	Б	В—Iа
Отделения хранения и выдержки коньячных спиртов в деревянной и металлической таре	А	В—Iа
Отделение купажа и хранения коньяков	А	В—Iа
Отделения приготовления и обработки спиртованных вод, приготовления сахарного сиропа и колера	Б	В—Iб
Отделения шампанизации, розлива и контрольной выдержки	Д	—
Отделение приготовления тиражной смеси, розлив тиражной смеси в бутылки	В	В—Iб
Прочие отделения и цехи заводов шампанских вин	Д	—
Винохранилища во всех видах тары и емкостей	В	В—Iб
Спиртохранилище, приемно-отпускное отделение	А	В—Iа
Мастерская по ремонту бочек, склад ящиков, закрытый склад бочек	В	В—IIа
Бочкомоечное отделение	Д	—
Механическая и электротехническая мастерская	Д	—

Производственные помещения	Категория пожарной и взрывной опасности	
	по СНиП	по ПУЭ
Мастерская лакокрасочных покрытий	А	В—Ia
Столярная мастерская	В	В—IIа
Холодильно-компрессорное отделение	Б	В—Iб
Воздушно-компрессорное отделение	Д	—
Углекислотное отделение, отделение регенерации щелочи, варки клея	Д	—
Склад сахара в мешках	В	В—IIб
Склады бестарного хранения сахара	Б	В—IIа
Склады		
аммиака	Б	В—Iб
смазочных масел	В	В—IIа
сернистого ангидрида	Д	—
Пиво-безалкогольные заводы		
Производство солода		
Рабочая башня элеватора, силосные корпуса, надсилосное и подсилосное помещения, отделение подработки ячменя и солода	В	П—IIа
Замочное отделение	Д	—
Солодорастильное отделение	Д	—
Отделение сушки солода	В	П—IIа
Напольные склады ячменя и солода	В	П—IIа
Помещение топок сушилок	Г	—
Помещение щитов и пускателей	В	П—IIа
Производство пива		
Дробильно-полировочное отделение	Б	П—IIа
Отделение мокрого помола	Д	—
Варочное отделение	Д	—
Машинное отделение	Д	—
Склад хмеля	В	П—IIа
Бункерное помещение	Д	—
Бродильное отделение, отделение доображивания и фильтрации пива, отделение розлива в бутылки и бочки, экспедиция	Д	—
Производство кваса и газированных вод		
Сироповарочное отделение	Б	В—Iб
Отделение хранения хлебного экстракта	Д	—
Купажное отделение	Д	—
Склад спиртованных настоев и спирта	А	В—Ia

Продолжение табл. XII—2

Производственные помещения	Категория пожарной и взрывной опасности	
	по СНиП	по ПУЭ
Посудный цех	В	В—IIа
Отделение приготовления сухих напитков	Б	В—IIа
Прочие цехи и подсобные помещения	Д	—
Табачные фабрики		
Все производственные и подсобные помещения	В	П—IIа

Примечание. Таблица составлена по материалам Гипроспиртвина, согласованным с УПОМВД СССР и утвержденным МПП СССР 12/IV 1974 г., Гипропищепрома и ЦНИИпромзернопроекта, утвержденным Министерством заготовок СССР 1/X 1971 г., а также «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ), 3-е издание, М.-Л., «Энергия», 1964.

буется. Следует предусматривать централизованную пневматическую уборку пыли (см. главу VII).

Удаление воздуха аварийной вентиляцией следует проектировать наружу через вытяжные трубы или шахту без зонтов и другие проемы.

Устья проемов для выброса воздуха, удаляемого аварийной вентиляцией наружу, нельзя размещать в местах постоянного пребывания или постоянных проходов людей, на высоте ниже 3 м от уровня прилегающей территории и ближе 20 м от приемных устройств или ниже приемных устройств для наружного воздуха систем приточной вентиляции.

Выброс воздуха следует проектировать с учетом рассеивания взрывоопасных веществ в атмосфере, не допуская выброса в непроветриваемые участки прилегающей территории.

Возмещение воздуха, удаляемого вытяжной аварийной вентиляцией, предусматривается снаружи через окна, двери, ворота без подогрева.

Недопускается размещать в одном общем помещении вентиляционное оборудование вытяжных систем от местных отсосов и общеобменной вентиляции, обслуживающих помещений производств категории А, Б и Е вместе с оборудованием вытяжных систем вентиляции, обслуживающих помещения производств категории В, Г и Д, а также вспомогательных помещений.

В одном помещении, предназначенном для вентиляционного оборудования, нельзя размещать оборудование вытяжных систем вентиляции помещений производств категории В вместе с оборудованием для систем вентиляции вспомогательных помещений и помещений производств категории Г и Д.

Вентиляционное оборудование, фильтры, клапаны, арматура и другое вспомогательное оборудование общеобменных систем местных отсосов, обслуживающих помещения производств категорий А, Б и Е, а также оборудование систем местных отсосов взрывоопасных веществ от технологического оборудования, размещенного в помещениях других категорий опасности, следует выбирать во взрывобезопасном исполнении.

Вентиляционное оборудование, клапаны, фильтры и другое оборудование приточных систем вентиляции для помещений производств категории А, Б и Е в изолированных специальных помещениях, разрешается предусматривать в обычном исполнении при условии установки самозакрывающихся обратных клапанов на участках за вентиляторами в месте выхода воздуховодов за пределы вентиляционного помещения.

Для осевых вентиляторов, размещенных в проемах наружных стен или в окнах и предназначенных для аварийных систем вентиляции, следует устанавливать самозакрывающиеся взрывоопасные обратные клапаны.

Воздуховоды всех видов приточной и вытяжной общеобменной вентиляции, воздушного отопления, вытяжной от местных отсосов, находящиеся в помещениях производств категории А, Б, В и Е, а также если по ним транспортируется воздух, пыле-воздушные смеси температурой выше 80° С или смеси, содержащие легковоспламеняющиеся горючие или взрывоопасные вещества, должны выполняться из несгораемых материалов.

Воздуховоды, прокладываемые внутри помещений, где будет установлено вентиляционное оборудование, следует выполнять из несгораемых материалов. Гибкие вставки и прокладки могут быть из сгораемых материалов.

Воздухораспределители, являющиеся одновременно воздуховодами (перфорированные воздуховоды, щелевые воздуховоды), а также вытяжные устройства в виде воздуховодов со щелями или движками следует выполнять из несгораемых материалов.

Воздуховоды, предназначенные для обслуживания помещений производств категорий А, Б, В и Е, а также местных отсосов взрывоопасных веществ, не следует прокладывать через помещения производств другой категории взрывной и пожарной опасности.

В помещениях, в которых предполагается разместить оборудование приточных вентиляционных систем, обслуживающих помещения производств категории А, Б и Е, двери должны выходить наружу, на лестничные клетки или в коридоры. Такие двери могут выходить и в помещения производств категории Д.

В помещениях с оборудованием вытяжных вентиляционных систем, подающих обработанный воздух в помещения производств категории А, Б и Е, двери следует выводить непосредственно наружу или в тамбур-шлюз на лестничную клетку, в коридор, а также через тамбур-шлюз в помещения производств категории Д.

В тамбуры-шлюзы надлежит подавать приточный воздух от двух самостоятельных систем приточной вентиляции с механическим побуждением, не отключаемых во время пожара, производительностью каждая 100% от требуемой. Допускается осуществить подачу воздуха от одной самостоятельной системы, имеющей резервный вентилятор, автоматически включающийся в аварийных ситуациях.

В тамбуры-шлюзы, производств категорий А, Б и Е направляют воздух в объеме не менее 250 м³/ч, а для тамбуров-шлюзов с объемом более 100 м³ не менее 500 м³/ч приточного воздуха. Воздух следует подавать под дверью, ведущей во взрывоопасное помещение на высоте не более 3 м от пола с направлением потока вниз. В тамбуры-шлюзы, имеющие более двух дверей, на каждую дополнительную дверь следует увеличивать подачу приточного воздуха на 250 м³/ч.

Давление воздуха в тамбуре-шлюзе по отношению к помещению, для входа в которое он предназначен, не должно превышать 30 Па.

В помещениях, предназначенных для размещения оборудования вытяжных систем производств категории А, Б и Е, вытяжка должна превышать приток в объеме не менее однократного воздухообмена в час. Вентиляцию следует предусматривать естественную или с помощью отдельных систем с механическим побуждением.

В помещениях, предназначенных для размещения оборудования приточных систем вентиляции, обслуживающих помещения категорий А, Б и Е, следует предусматривать приточную вентиляцию в объеме не менее двух воздухообменов в час.

Подачу приточного воздуха допускается осуществлять от приточных систем, обслуживающих помещения с производствами категории Г и Д или от специальных систем, расположенных внутри этих помещений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Вентиляционные установки зерноперерабатывающих предприятий. Под ред. А. М. Дзядзио. Издание 3-е, дополненное и переработанное. М., «Колос», 1974. 399 с.

Вредные вещества в промышленности. Под ред. Н. В. Лазарева. Т. II, М.-Л., «Химия», 1965. 590 с.

Баркалов Б. В., Карпис В. Е. Кондиционирование воздуха в промышленных общественных и жилых зданиях. М., Издательство литературы по строительству, 1971. 269 с.

Донин Л. С. Справочник по вентиляции, кондиционированию и теплоснабжению предприятий пищевой промышленности. М., «Пищевая промышленность», 1968. 287 с.

Донин Л. С. Справочник по аспирации оборудования и пневмотранспорту в пищевой промышленности. М., «Пищевая промышленность», 1972. 247 с.

Михелев А. А. Справочная механика хлебопекарного производства. Киев, «Техника», 1966. 326 с.

Мухин В. В. Кондиционирование воздуха в пищевой промышленности. М., Пищепромиздат, 1963. 458 с.

Нестеренко А. В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. Издание 3-е, переработанное и дополненное. М., «Высшая школа», 1971. 355 с.

СН 245—71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. М., Издательство литературы по строительству, 1972. 97 с.

СН 124—72. Указания по строительному проектированию зданий и сооружений пищевой промышленности. М., Издательство литературы по строительству, 1973. 113 с.

СН 271—64. Временная инструкция по пуску, наладке и эксплу-

атации вентиляционных установок на промышленных предприятиях. М., Издательство литературы по строительству, 1964. 47 с.

СНиП II—А. 6—72. Строительная климатология и геофизика. М., Издательство литературы по строительству, 1972, 320 с.

СНиП II—А.7—71. Строительная теплотехника. Нормы проектирования. М., Издательство литературы по строительству. М., 1973. 31 с.

СНиП II—33—75. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования. М., Издательство литературы по строительству, 1976. 11 с.

Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Отопление, водопровод и канализация (внутренние санитарно-технические устройства). Ч. I. Под ред. И. Г. Староверова. М., Издательство литературы по строительству, 1964. 536 с.

Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Вентиляция и кондиционирование воздуха. (Внутренние санитарно-технические устройства). Ч. II. Под ред. И. Г. Староверова. М., Издательство литературы по строительству, 1969. 536 с.

Штокман Е. Е. Системы вентиляции, кондиционирования воздуха и пневмотранспорта табачных фабрик. М., «Пищевая промышленность», 1974. 294 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аммиак 234
Амплитуда колебаний температуры:
внутренней поверхности ограждающих конструкций 70
наружного воздуха в июле 6—13, 71
— — с учетом солнечной радиации 70
Аспирационные системы, расчет 194—213
— устройства 179—191
Аэрация 246

Вентиляционные установки:
выбор оборудования 301—310
компоновка оборудования 310—312
монтаж 312—325
наладка 335—337
приемка 325—333
техника безопасности 337
эксплуатация 334
Вентиляторы:
выбор 301, 302
компоновка 310
монтаж 312
Вентиляция общеобменная, схемы:
на винодельческих заводах 243, 244
на дрожжевых заводах 241
на заводах безалкогольных напитков 245—246
на кондитерских фабриках 241—243
на крахмалосушильных заводах 239—241
на макаронных фабриках 239
на пивоваренных заводах 244, 245
на хлебозаводах 237—239
Взрывная опасность 340—345
Виброизолирующие основания 325
Влаговыделения 156—166, 171—174
Воздух:
абсолютная влажность 254
барометрическое давление 6—13, 255
влагосодержание 254, 262—264
доувлажнение 281, 282
I—d-диаграмма 256
относительная влажность 7—13, 18—24, 254
охрана 213—223
температура внутреннего воздуха 18—28
— наружного воздуха 6—17
физические свойства 253—256, 262—264
энтальпия 6—17, 255
Воздуховоды:
выбор 309, 310
компоновка 311
конструктивные требования 193, 194
монтаж 315—325
Воздухообмены:
по газовыделениям 235
по тепло- и влаговыделениям 223—233
при кондиционировании 264—273
Воздухораздача 282, 283

Воздухоохладители 275—281, 305
Воздушно-тепловые завесы 250, 251

Глушители шума 325

Калориферы:
выбор 303
монтаж 314
Кондиционеры:
автоматическое регулирование работы 283, 284
выбор 304, 305
компоновка 310
монтаж 314
Коэффициент теплопередачи 84
— теплопроводности 119, 116, 117

Местные отсосы 142, 146—155, 190

Насосы 307

Потери давления в трубопроводах 196—204
Пожарная опасность 340—346
Пылеприемники см. Аспирационные устройства
Пыль 175—178, 221

Расчет типовых камер орошения 273—275
— трубопроводов 205—213

Сернистый газ 234
Сопротивление теплопередаче:
ограждающих конструкций 30—68
окон 69
утепленных покрытий 72—74
Средняя скорость ветра 6—13, 18—24

Температура воспламенения пыли 177
— мокрого термометра 173
Тепло от солнечной радиации 70, 98—109
Тепловая инерция 62:
наружных стен 75, 76
покрытий 72—74
Тепловая характеристика зданий, удельная 96, 97
Тепловыделения 156—170
Теплоизоляция 115—140
Теплообменники 310, 314
Теплопотери помещений:
добавочные 94
с одной наружной стеной 86—89
угловых 90—93
— трубопроводов 141
Теплоприток 85
Толщина:
изоляции 118, 119, 123—125
наружных стен 75—76
утеплителя 71—74

Угарный газ 233
Углекислый газ 233
Угловой масштаб 260, 271
Удельный расход воздуха и холода при кондиционировании 272

Фильтры 214, 215, 313, 314
Фонари аэрационные 246—249

Число дней отопительного периода 6—13

Шахты аэрационные 247—250

Эквивалентная разность температур 108
Электродвигатели 302

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Раздел первый

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Глава I. ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА 5

Параметры наружного воздуха 5
Параметры внутреннего воздуха 17

Глава II. ТОЛЩИНА И КОНСТРУКЦИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ 29

Глава III. ТЕПЛОПОТЕРИ И ТЕПЛОПРИТОК ЧЕРЕЗ НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ 84

Теплопотери в холодный период года 84
Теплоприток в теплый период года 85

Глава IV. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ 115

Изоляция горячего оборудования и трубопроводов . . 115
Оформление укрытий и местных отсосов от технологического оборудования 142

Глава V. ТЕПЛО- И ВЛАГОВЫДЕЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ 156

Раздел второй

ВЕНТИЛЯЦИЯ. РАСЧЕТЫ. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Глава VI. АСПИРАЦИЯ 175

Пыль, ее характеристика и источники образования . . 175
Аспирационные устройства 179
Системы аспирации 191
Основные положения 191
Конструктивные требования 193
Аэродинамический расчет систем аспирации 194

Глава VII. ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА 213

Глава VIII. ОБЩЕОБМЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ 223

Расчет воздухообменов по тепло- и влаговыделениям . 223

Газовыделение и определение необходимых воздухообменов 233
Рекомендуемые схемы общеобменной вентиляции . . . 237

Глава IX. АЭРАЦИЯ И ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ . . . 246

Аэрация 246
Воздушно-тепловые завесы 250

Глава X. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА 253

Физические свойства воздуха 253
I—d-диаграмма влажного воздуха 256
Расчет воздухообменов и конструктивные требования . 264
Исходные данные по предприятиям 264
Учет нагрева воздуха в вентиляторах и воздуховодах 270
Расчет воздухообменов 270
Расчет типовых камер орошения (форсуночных камер) 273
Расчет типовых поверхностных воздухоохладителей 275
Расчет специальных поверхностных воздухоохладителей 279
Доувлажнение 281
Схемы воздухораздачи 282
Автоматическое регулирование работы кондиционеров 283
Годовые расходы тепла и холода 284

Раздел третий

ВЫБОР, КОМПОНОВКА, МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава XI. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ, МОНТАЖУ И КОМПОНОВКЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ 301

Выбор оборудования 301
Вентиляторы 301
Электродвигатели 302
Калориферы 303
Кондиционеры 304
Специальные воздухоохладители 305
Насосы, водоснабжение и канализация 307
Оборудование для холодо- и теплоснабжения кондиционеров 308
Воздуховоды 309
Компоновка оборудования 310
Монтаж оборудования 312
Вентиляторы 312
Фильтры 313
Калориферы 314
Кондиционеры 314
Теплообменники 314
Арматура и контрольно-измерительные приборы . . 315
Металлические воздуховоды 315
Воздуховоды из винипласта 323
Виброизолирующие основания и глушители аэродинамического шума 325

Глава XII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАЛАДКА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА 325
Приемка смонтированных вентиляционных устройств . 325
Организация службы эксплуатации вентиляционного-хозяйства 334
Рекомендации по эксплуатации и наладке систем вентиляции и кондиционирования воздуха 334
Техника безопасности 337
Пожарная профилактика 339
Список использованной литературы 346
Предметный указатель 348

ЛЕВ САМОЙЛОВИЧ ДОНИН

Справочник по вентиляции в пищевой промышленности

Редактор Л. В. Державина
Художник Н. И. Шевцов
Художественный редактор С. Р. Нак
Технический редактор Г. Б. Жарова
Корректор З. В. Коршунова

ИБ № 85

Т—15844. Сдано в набор 22/III—1977 г.
Подписано в печать 30/VIII 1977 г. Формат 84×108$^{1}/_{32}$.
Бумага типографская № 2. Объем 11,0 печ. л.
вкладка 0,125 печ. л. Усл. печ. л. 18,69.
Уч. изд. л. 23,52. Тираж 19500 экз. Заказ 379.
Цена 1 р. 50 к.

Издательство «Пищевая промышленность»
113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер., 12.

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7