

664.8

К 12

Инж. Ф. И. КОВАЛЬЧУК
Инж. Н. И. ЧИГРИНЦЕВ

227.11.658

ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ПЛОДОВ и ОВОЩЕЙ

227.11.658



ПИЩЕПРОМИЗДАТ

1 9 3 2

инж. Ф. И. КОВАЛЬЧУК
инж. Н. И. ЧИГРИНЦЕВ

КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР

ДЕП

ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ПЛОДОВ и ОВОЩЕЙ



155036

к.р. 9704

Республиканская
научно-техническая
библиотека



ПИЩЕПРОМИЗДАТ
МОСКВА * ЛЕНИНГРАД

9 3 8

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сушка плодов и овощей, которая до первой пятилетки была сосредоточена на мелких кустарных предприятиях, в настоящее время производится на крупных предприятиях фабрично-заводского типа.

Освоение новых географических широт, появление целого ряда крупных городов на далеком севере и востоке способствовало значительному расширению этого вида производства и привело к возникновению крупных сушильных предприятий, оснащенных передовой техникой, для руководства которыми необходимо наличие высококвалифицированного персонала, в совершенстве владеющего технологией сушильного производства.

Однако, имеющаяся у нас литература по сушке плодов и овощей, представленная небольшими брошюрами, освещающими данный вопрос главным образом в разрезе мелкого кустарного производства, не является источником повышения квалификации для инженерно-технического персонала крупного предприятия.

Учитывая такое положение, нужно признать, что выпускаемая книга «Технология сушки плодов и овощей», составленная инж. Ковальчуком и Чигринцевым, является чрезвычайно важной для нашего сушильного производства.

Книга рассчитана на широкие круги инженерно-технических работников плодоовощной промышленности. В ней они получают все необходимые сведения по сушильному делу: данные о сырье, описание и расчет необходимого оборудования, технологию сушильного процесса, типовой режим сушки основных видов сырья, описание контрольно-измерительных приборов и краткие сведения по техно-химическому контролю сушильного производства.

Книга может быть использована также и средним техническим персоналом (начальники цехов и мастера), а также может служить учебным пособием для студентов вузов и техникумов, где имеется курс технологии сушки плодов и овощей.

Будучи первым опытом в освещении промышленного производства сушки плодов и овощей, книга, конечно, не может претендовать на исчерпывающую полноту в данном вопросе, но безусловно явится важным подспорьем для дальнейшего развития сушильного производства, содействия росту квалификации работников, занимающихся этим видом промышленной переработки плодов и овощей.

Проф. А. А. Каменев

I. СЫРЬЕ

1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КАЧЕСТВУ СЫРЬЯ

Для целей сушки применяется лишь продуктивная часть растения: корень, стебель, листья и т. д. В тканях продуктивной части растения содержится наиболее высокое количество ценных во вкусовом или пищевом отношении веществ.

В зависимости от места накопления в тканях растения полезных для питания органических веществ растения могут быть разделены на листовые, луковичные, клубнеплодные, корнеплодные и плодовые.

Из первой группы растений наибольшим распространением для сушки пользуются укроп, сельдерей, петрушка, лук (при условии переработки зеленых частей), чеснок и капуста.

У некоторых растений в корнях отлагаются запасы питательных веществ. Эти растения (свекла, морковь, петрушка, пастернак, сельдерей) составляют наиболее многочисленную группу корнеплодов.

Картофель имеет клубни, или утолщения стебля, представляющие собой места отложения питательных веществ. Клубни располагаются под землей.

К плодовым относится группа растений, у которых продуктивной частью являются органы их размножения, т. е. плоды. Обычно плод, состоящий из сочного околоплодника, который развивается из завязи с семенами, представляет собой место отложения питательных веществ. В зависимости от строения околоплодника различают сухие плоды и сочные. У последних околоплодник развивает сочную мякоть. Сочные плоды разделяются на косточковые, семячковые и ягоды. Косточковыми называются сочные плоды, в мякоти которых располагается одно семя, заключенное в твердую оболочку (вишня, слива, абрикос, персик и др.). Семячковые плоды характерны наличием пятигнездной камеры с семенами, образованной из пергаментовидной оболочки (яблоки, груши). Наконец, ягоды, имея сочную мякоть, отличаются многосемянностью, пергаментовидная оболочка отсутствует. Ягоды подразделяются на собственно ягоды (смородина, виноград, брусника), ложные плоды (земляника) и сложные плоды (малина, ежевика).

По обобщающим и отличающим признакам, множество и разнообразие растительных форм классифицируют на ботанические семьи, роды и виды.

Физические свойства. Одним из решающих признаков качества сырья при прочих равных условиях являются размеры плодов и овощей. При обработке крупного сырья хорошего качества значительно сокращается количество отходов и повышается выход готовой продукции. При переработке крупноплодного сырья значительно повышается по сравнению с мелкоплодным производительность труда.

Размеры плодов и овощей зависят не только от сорта, но также и от условий произрастания. Большое разнообразие размеров значительно усложняет подготовку их к сушке.

В группе листовых овощей укроп и петрушка-зелень считаются нормального качества, когда у первого длина стебля от шейки до верхушки колеблется в пределах от 25 до 40 см, длина же листьев петрушки составляет 12—15 см. Длина листьев лука, считая от шейки луковицы, обычно 20—30 см.

Значительные колебания размеров и веса кочанов бывают у капусты. По наблюдениям Рытова М. В. вес отдельных сортов кочанной капусты колеблется в следующих пределах:

Бронка	от 1,5 до 2, реже до 4 кг
Слава Энтгейзена	" 3 " 5 " " 8 "
Дитмарская	" 5 " 8 кг
Сабуровская	" 3,5 " 8 " " 12 "
Брауншвейгская	" 3 " 4 " " 12 "

Существующий стандарт предусматривает вес кочана белокочанной капусты не менее 1 кг. Проводящие ткани в листьях капусты составляют 37,5%, листовая пластинка — 62,2%. Чем выше процент пластинки, тем более пригодна для переработки капуста.

Лук считается стандартным, если наибольший поперечный диаметр его имеет от 3 см и выше. Средний вес луковицы колеблется примерно от 25 до 50 г.

Средний вес картофельных клубней согласно произведенным многочисленным измерениям проф. Церевитинова равняется 61,9 г при колебании от 73,8 г (сорт рихтер) и 72 г (альма) до 48,1 г (модель). Согласно ОСТу картофель по признаку размеров его относится к стандартному, если по наибольшему измерению клубень имеет не менее 3,5 см.

По тем же материалам согласно ОСТАм корнеплоды должны соответствовать следующим размерам (толщина по наибольшему поперечному диаметру):

Свекла	от 5 см и выше
Морковь	" 2 " " "
Петрушка-корень	" 2 " " "
Сельдерей	" 3 " " "
Пастернак	" 3 " " "

Яблоки, имеющие в поперечном диаметре до 3 см, следует относить к мелким, от 3 до 5 — к средним и от 5 и выше — к крупным.

Наименее разработаны показатели величины и форм груш, идущих на сушку.

Чрезвычайно распространенная в Винницкой обл. груша глек имела средний вес плода¹⁾ 72,7 г (1931 г.) и 64,4 г (1930 г.) при колебаниях от 43 до 87 г.

Средний вес абрикоса от 40—45 до 60 г; вес персиков, в зависимости от сортов и качества их, колеблется в пределах от 70 до 82 г (мелкие персики) и от 85 до 142 г (крупные).

Из ассортимента плодов в сушку в наибольшем количестве идет слива. Размеры и вес этого плода в разных районах различны. Например в районе Сочи венгерка весит от 36 до 49,6 г и, таким образом, является одним из наиболее крупных сортов в Европе. Наблюдениями (1928 г.) установлено, что венгерка Звенигородского района Киевской обл. в среднем весила 12,5 г; при трех измерениях ее плодов средние показатели следующие: 3,31; 2,58 и 2,47 см; венгерка Староушицкого района на Днестре весила в среднем 12,65 г при колебаниях от 12,1 до 15,63 г (1933 г.).

Приводим характеристику размеров слив, распространенных в двух фруктовых районах УССР (данные Всеукраинского научно-исследовательского института плодоовощной промышленности).

Таблица 1

С о р т	Средний размер (в мм)			Вес плода (в г)	Примечание
	длина	ширина	толщина		
Тираспольский район					
Бурдака	40,8	28,3	25,2	18,4	Мякоть—от 91,4 до 96,86%
„ французская . .	42,9	35,0	34,3	31,1	
Венгерка итальянская .	38,8	34,0	30,8	25,0	Черешки—от 0,13 до 0,34%
„ ажанская . . .	32,6	28,5	26,3	15,2	Косточка—от 3,29 до 8,2%
„ обыкновенная	36,3	27,7	26,9	15,3	
Голдан черная	36,2	31,8	31,9	23,1	
„ серая	34,9	31,9	31,2	21,9	
Кирк	46,6	39,0	36,9	38,0	
Меджибожский район					
Венгерка итальянская .	—	—	—	32,66	
„ ажанская . . .	—	—	—	17,8	
„ обыкновенная . .	—	—	—	18,1	
Анна шпет	—	—	—	28,57	
Черкуша (урожай 1932)	—	—	—	13,3	

¹⁾ Инж. Чигринцев Н. И., „Харчова та с. г. промисловість“ № 12, НКСН УССР, 1932 г.

Согласно ОСТу на сушеную сливу последняя сортируется по величине (весу), что является одним из основных требований для высшего и первого сортов продукции.

Вес плодов вишен¹⁾ следующий (в г):

Владимирская родителевая	2,8
Шубинка	2,25
Склянка розовая	2,69
Морель	3,85

По материалам работы над сортами вишен в Никитском саду (1936 г.) средний вес плодов определился в 4,18 г; наиболее крупноплодовыми из представленных 20 сортов оказались королевская поздняя — 6 г, морель большая — 5,12 г и самыми мелкими — генду прованская — 2,85 г.

Очень распространенный в СССР сорт вишен гриот украинский весит от 2 до 2,50 г. Размеры их согласно трем основным измерениям составляют 1,6; 1,47 и 1,2 см; наконец, местная вишня могилевская (Могилев на Днестре) весит 2,7 г при колебаниях от 2,3 до 3,1 г (1933 г.). В этих отдельных районах СССР чрезвычайно распространена вишня, которая при некоторой мелкоплодности все же представляет большую ценность благодаря высокой кислотности, сахаристости и интенсивной окрашенности.

Вес плодов кизила колеблется от 1,2 до 2,4 г, ягод малины составляет 1,2—1,6 г, черники — 0,38 г.

Вторым признаком качества плодов и овощей, идущих на сушку, является их форма. У близких по форме к шару плодов значительно понижается количество отходов при очистке от кожицы, поэтому округлые формы овощей по сравнению с продолговатыми, приближающимися к форме цилиндра или конуса, наиболее выгодны.

Морковь по форме разделяется на каротель полудлинную и длинную. Из каротелей для целей сушки наиболее подходят голландская ранняя, франкфуртская темнокрасная, геранская тупоконечная и нантская. Сорт валенсия вследствие своей остроконечной формы мало пригоден для производства.

Из круглых сортов пастернака пользуются распространением королевский и сиамский; из сортов корневой петрушки предпочитают короткокорневые. Из сортов сельдерея с точки зрения формы наиболее удобны парижский (самый крупный) и пражский (шаровидный).

Особым обилием сортов из числа овощей отличается картофель, клубни которого бывают круглой, удлиненной и сплюснутой формы. Как мы уже ранее указывали по отношению к кор-

¹⁾ Проф. Черевитинов, „Химия и товароведение плодов и овощей“ стр. 371, 379.

неплодам, в технологии сухоовощей наиболее пригодными являются круглые сорта картофеля.

Значительное варьирование форм (кругловато-яйцевидная, овальная, коническая) мы наблюдаем у семячковых плодов — яблок и груш. Если принять за основу типизацию их форм по Э. Люкасу, то выбор по яблокам остановится на формах плоско-круглой, высококонической и цилиндрической, и по грушам кругловато-яйцевидной, овальной, конической и притупленно-конической. Эти формы наиболее отвечают требованиям механизированных процессов очистки от наружных тканей.

Если в помологии остальные виды плодов — косточковые и ягоды — также изучаются с точки зрения их форм, то в технологии сушения формы указанных видов сырья практического значения не имеют, так как они в процессе переработки не подвергаются воздействиям механических процессов первичного порядка.

Форма таких овощей, как капуста и зеленый горошек, также не имеет практического значения. Очистка капусты от наружных тканей производится пока исключительно ручным способом.

Общие контуры плодов и овощей в направлении выбора наилучших из лучших сортов с точки зрения соответствия их требованиям производства изучены недостаточно. К комплексу признаков надо отнести также макрорельеф плодов и овощей, т. е. отличительные особенности поверхности материала, заметные невооруженным глазом или при небольшом увеличении (до 5). Знакомство с макрорельефом у отдельных сортов дает чрезвычайно пеструю картину. Достаточно обратиться к корнеплодам, на поверхности которых мы обнаруживаем характерную рубчатость, сетчатость, трещины. Наконец, корни на своей поверхности для увеличения поглощающей поверхности развивают мелкие и мельчайшие корешки, расположение и общий объем которых достигают иногда совершенно нежелательных размеров. Трещины и остатки земли между корешками трудно отмываемы.

Из сортов свеклы для сушки наиболее подходят египетская и эклипс благодаря круглой несколько сплюснутой форме центральной части корня у первого сорта и шарообразной у второго. Боковые мелкие корешки и прочие признаки корнеклубнеплодов не всегда свойственны сортам, как таковым, а часто зависят от техники ухода и условий произрастания растений. Очень характерным примером может служить сельдерей, который в условиях культивирования по упрощенному методу развивает целую «бороду» мелких корешков, что усложняет его очистку и увеличивает количество отходов.

Поверхность картофеля обыкновенно представляет собой большое количество выпуклостей и впадин, сильная развитость которых в отдельных случаях лишает возможности применить работу механизмов для очистки. Не менее важным вопросом

при выборе картофеля является количество и глубина залегания глазков; их количество на единицу поверхности клубня должно быть возможно меньшим при наиболее мелком их залегании.

Для сопоставления приводим два сорта клубней картофеля с различной поверхностью (рис. 1 и 2).

Исходя из уже указанных соображений по отношению яблок и груш, при рассмотрении их макрорельефа небезразличными являются глубина чашечки и углубления плодоножки; более глубокая боковая бороздка на поверхности плода абрикоса облегчает его разделение при сушке половинками.

Большое разнообразие форм наблюдается среди корнеплодов и луковичных.

Важными показателями для плодов являются соотношения между съедобными и несъедобными частями их. Так например, вес косточки сливы по отношению ко всему плоду колеблется от 4 до 8% в зависимости от отдельных сортов и отчасти от условий культивирования. При

выборе сортов для переработки нужно иметь в виду такие плоды, у которых несъедобные части (кожица, косточки и пр.) составляют наименьшую часть.

В различных стадиях зрелости и в зависимости от внутреннего строения, химического состава, а также влияний чисто внешнего порядка плодовоовощное сырье обладает различной твердостью и упругостью.

Большей стойкостью при хранении обладают сорта с более жесткой структурой тканей в условиях равных стадий зрелости.

Утрата естественной твердости и упругости плодов и овощей является одним из основных признаков, ведущих к их перезреванию или же порче.

Для определения твердости фруктов существуют аппарат с иг-



Рис. 1. Клубень картофеля с глубоким залеганием глазков



Рис. 2. Клубень картофеля с неглубоким залеганием глазков

дой, рекомендуемый проф. Церевитиновым Ф. В., и прибор Магнеса и Тейлора.

В табл. 2, составленной по данным проф. Церевитинова Ф. В., проф. Ермилова С. А. и др., приведены удельный вес и теплосодержание различных плодов и овощей.

Таблица 2

Наименование плодов и овощей	Удельный вес	Теплосодержание
Вишня владимирская	1,0770	—
Вишня шубинка	1,0975	—
Вишня морель	1,0418	—
Вишня склянка розовая	1,0787	—
Смородина лия черная	1,2	—
Черника	0,950	—
Слива	1,0	0,822—0,88
Абрикосы	1,0	—
Яблоки	1,0	0,898—0,961
Груши	1,0	—
Картофель	1,0616—1,1601	0,85
Свекла	1,016	0,86—0,89
Морковь	—	0,86—0,89
Морковь нантская полудлинная	0,99	—
Морковь нантская	1,0	—
Морковь валерия	0,97	—
Сельдерей	—	0,91
Петрушка-корень	—	0,86
Пастернак	1,0765	—
Тыква	1,0	—
Лук ростовский	0,89	—
Лук курский	0,88	—
Лук пензенский	0,92	—
Капуста	1,0	0,911
Горох стручковый	1,0	—
Горох в зерне	1,0	—

Химические свойства. Качественный состав плодов и овощей (по работам проф. Церевитинова Ф. В.):

А. Нерастворимые вещества

Целлюлоза	} Некоторые из указанных веществ находятся не во всех видах сырья
Гемипцеллюлоза, протопектин (пектоза)	
Нерастворимые азотистые вещества	
Крахмал	
Нерастворимые минеральные вещества	

Б. Растворимые вещества (образуют плодовый сок)

1. Органические:

Сахара	{ Фруктоза
	{ Глюкоза
	{ Сахароза
Многоатомные спирты	{ Маннит
	{ Сорбит
	{ Инозит

Пентозан

Пектин

Кислоты

Азотистые вещества

Жир

Дубильные вещества
(танины)

Красящие вещества

Ароматические вещества

Ферменты

Витамины

Яблочная
Лимонная
Винная
Муравьиная
Бензойная
Салициловая
Белковые
Аминокислоты
Амидные
Аммиачные

2. Неорганические:

Вода

Соли кислот: SO_2 , P_2O_5 , SiO_2 , B_2O_3

Соли оснований: K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Mn_2O_4 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CuO .

Таблица 2а

Средний химический состав плодов по данным опытной станции Московского института народного хозяйства

Наименование плодов и ягод	Вода	Общее ко- лич. сахара	Инвертный сахар	Сахароза	Общая ки- слотность	Дубильные вещества	Клетчатка	Азотистые вещества	Зола
Яблоки летние	86,40	9,3	8,1	1,2	0,62	0,15	—	—	0,42
Яблоки московские ран- ние	87,81	8,45	6,46	1,07	0,66	0,1	—	—	0,52
Яблоки московские зимние	87,33	1,54	6,66	0,88	0,63	0,13	0,86	—	0,39
Яблоки курские	84,70	9,14	7,56	1,56	0,63	—	0,88	—	0,41
Яблоки зимние крым- ские	84,33	13,12	10,03	3,09	0,27	0,07	—	—	0,33
Яблоки зимние ташкент- ские	83,61	11,09	9,85	1,24	0,32	—	1,44	—	0,39
Айва	84,31	10,19	9,21	0,98	0,97	0,53	1,3	—	0,51
Груши крымские	84,27	13,07	10,87	2,2	0,24	0,11	1,52	—	0,3
Абрикосы	85,97	8,48	2,56	5,92	1,62	0,07	1,02	1,21	0,69
Персики	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Слива реңглот	86,79	8,81	3,99	4,82	1,27	0,06	0,7	0,65	0,51
Слива угорка	84,40	9,84	4,52	5,32	0,25	—	0,5	1,21	0,54
Вишня владимирская	84,91	10,38	9,91	0,47	0,8	0,23	—	1,18	0,57
Виноград	81,80	14,28	14,28	—	0,78	—	—	0,4	0,63
Смородина черная	82,25	5,38	3,58	1,8	3,52	0,39	—	1,65	0,10
Малина	85,54	6,42	6,42	—	1,13	0,13	—	1,26	0,47

Средний химический состав овощей (проф. Церевитинов Ф. В., «Основы товароведения плодов и овощей»):

Таблица 3

Наименование овощей	Вода	Азотистые вещества	Жиры	Безазотистые вещества	Клетчатка	Зола
	в п р о ц е н т а х					
Картофель	75	2,0	0,3	20,7	—	0,9
Капуста белокочанная	94,11	1,2	0,13	3,29	0,69	0,58
Капуста цветная	90,89	2,48	0,34	4,55	0,91	0,83
Лук-порей	88,5	3,0	0,3	4,8	1,5	1,2
Лук-зелень	86,5	9,11	—	3,42	—	—
Лук головчатый	87,0	2,45	0,12	9,25	1,39	0,54
Морковь	86,77	1,18	0,29	9,06	1,67	1,03
Пастернак	83,22	1,4	0,38	10,43	3,58	0,99
Свекла столовая	88,0	1,26	0,13	8,68	0,89	1,04
Тыква	93,1	4,0	0,1	1,0	1,2	0,6
Чеснок	64,6	6,76	0,06	26,0	0,77	1,44
Шпинат	89,24	3,71	0,34	3,61	0,94	2,0
Щавель	90,46	2,93	—	4,61	—	1,48
Горох лопаточный	81,8	6,5	—	7,0	1,0	0,4
Горох лущеный	79,7	4,7	—	11,2	1,1	0,7
Фасоль лопаточная	88,8	3,7	—	5,8	1,4	0,7
Петрушка-зелень	85,05	3,66	0,72	7,44	1,45	1,68
Сельдерей	90,54	1,34	0,27	5,87	1,01	0,97

По данным 10 заводских лабораторий за 1933 г. (Винницкая обл., УССР) среднее влагосодержание сырья, шедшего на переработку, составляло:

Картофель	75,3%	(сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь)
Свекла столовая	85,5%	
Морковь	87,6%	
Капуста	92,2%	
Лук репчатый	85,6%	

Основная задача технологии сушения плодов и овощей заключается в удалении большего количества влаги из сырья. Совершенно естественным является рассмотрение прежде всего содержания количества сухих веществ и влаги.

В техническом сырье значительное количество влаги является как бы балластом, подлежащим удалению. Чем ниже в отдельных сортах содержание воды при прочих качественных показателях, тем большую ценность оно представляет собой как материал для сушения.

Процесс сушки сырья с пониженной влажностью проходит быстрее, а значит повышается производительность сушильного агрегата при одновременном уменьшенном расходе сырья на

единицу фабrikата, труда, механической и тепловой энергии. Наибольшее колебание количества сухих веществ можно наблюдать, например, по картофелю, в котором последние составляют от 15 до 37%. Остальные виды сырья также дают значительные колебания, однако не превышающие обычно отклонений от средних показателей (3—5%).

Среди сухих веществ основную массу составляют углеводы: моносахариды, дисахариды, полисахариды. Наличие в различных количествах первых двух групп, а из полисахаридов крахмала определяет в основном пищевую полезность и отчасти вкусовые достоинства большинства плодов и овощей.

К углеводам также относятся целлюлоза, или клетчатка, и гемицеллюлоза, образующие оболочки растительных клеток. К гемицеллюлозам, играющим не только механическую, но и роль резервных веществ, надо отнести пектиновые вещества, а также пентозаны.

Большое значение при выборе отдельных сортов фруктов для сушения имеет их кислотность. Сушеные фрукты с пониженной кислотностью и сахаристостью представляют меньшую ценность, чем с достаточным содержанием сахара и кислоты.

В плодовоовощном сырье наиболее распространенными органическими кислотами являются яблочная кислота $C_4H_6O_5$, винная $C_4H_6O_6$, лимонная $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$. Яблочная и винная кислоты содержатся во всех видах плодового сырья, однако винная кислота в больших количествах находится только в винограде. Лимонная кислота имеется в значительном количестве в смородине, малине, землянике, чернике, где она преобладает над яблочной кислотой. При определении общей кислотности расчет обычно ведется по яблочной кислоте.

Большую ценность должны представлять исследования об изменении в концентрации водородных ионов, происходящие в высушиваемом сырье, или определение активной кислотности.

Плоды и овощи обладают специфическим ароматом, присутствие которого обусловливается содержанием эфирных масел.

Наличие красящих веществ различных цветов, находящихся только в кожце или клетках мякоти, часто служит признаком для отнесения к тем или иным сортам сырья при разных степенях его зрелости или даже признаком для разрешения вопросов о полной пригодности материала для технических целей.

Характерная интенсивная окраска с равномерным распределением её в поперечных и продольных плоскостях разреза столовых сортов моркови и свеклы является совершенно необходимым признаком. Красящим веществом моркови является нерастворимый в воде каротин; свекла содержит красящее вещество, относимое к группе антоцианинов, растворимое в воде. По цвету мякоти определяют пригодность свеклы для сушки: при оттенках красном, темнокрасном, фиолетовом она пригодна для сушки, а красная с белыми слоями не пригодна, ибо дает непривлека-

тельного вида бледно окрашенный продукт, особенно, если общая ширина белых полос составляет больше 30—35% всей поверхности среза по длине корня. Морковь и свекла с белым, желтым и розоватым цветом на срезах корней не пригодны для пищевых целей. Некоторые сорта свеклы окрашены в красные оттенки при белой или полосатой окраске внутренних тканей корня.

Цветные оттенки внутренних тканей имеют и другие овощи, как например, картофель — белые, желтоватые, розоватые, капуста — белые, красные, лук — белые, желтоватые, синеватые. Сырье указанных цветовых оттенков годится для сушки, однако предпочитают сырье с белыми тканями.

Для семячковых плодов характерными оттенками мякоти являются белые, желтоватые, зеленые, красноватые.

Лучшим сырьем служат яблоки и груши с более белой мякотью. Окраска их кожицы обычно не имеет значения по чисто техническим соображениям, так как кожа часто совершенно снимается.

Для вишни и черешни предпочитают темные, красные оттенки, дающие наиболее привлекательный вид продукции.

Интенсивно зеленый цвет листовых видов наиболее приемлем при выборе зеленого сырья и гороха для сушки.

При сушке яблок, если технологическая схема не предусматривает очистки кожицы, переработка сырья зеленого цвета совершенно недопустима, так как круглые пластинки сушеных яблок имеют тогда непривлекательные серовато-зеленые канты по окружности, свидетельствующие об употреблении в переработку совершенно недозревшего сырья, т. е. недоброкачественного, с неполной пищевой и вкусовой ценностью.

Наличие желтых оттенков на зелени петрушки, лука, укропа и пр. указывает на перезрелость и непригодность для сушки. Пожелтевшая зелень негодна для переработки, мало привлекательна и почти полностью лишена ароматичности.

Важнейшим свойством витаминов В и С является их хорошая растворимость в воде, остальных же витаминов — в жирах. Доступ воздуха и нагревание продуктов, содержащих витамины, ведет к их разрушению в той или иной степени. В кислых средах витамины проявляют большую устойчивость. По отношению к окислению кислородом воздуха, воздействию высоких температур, нагреванию наиболее устойчивым является витамин В.

Различные плоды и овощи содержат те или иные витамины, причем в разных количествах. Их количества выражают в условных единицах. В табл. 4¹⁾ приведено количество единиц витаминов в 1 кг продукта.

Рассматривая деятельность различных ферментов, следует указать на так называемые температурные оптимумы, лежащие в

1) Букин В. Н., „Витамины и их сохранение“, 1935.

Таблица 4

Наименование видов сырья	B ₁ активн.	B ₂ кативн.	A активн.	C активн.
	в крысиных единицах			
Шпинат	300	—	—	—
Капуста белокочанная	250	—	600	1 000
Петрушка-зелень	—	—	—	1 000
Зеленый горошек	300	—	5500—7700	330
Томат	100	40—80	—	—
Лук	200	—	—	40
Морковь	250	150—250	25 000	50
Свекла	—	—	200	80
Картофель	150	50—100	300	100—170
Капуста цветная	—	—	600	—
Яблоки	150	40—80	500	200—330
Черника	—	—	4 000	60
Вишня	—	—	1 500	150
Груша	—	—	—	160
Айва	—	—	—	100
Слива	—	—	—	60
Виноград: асма, чауш, нимрайнг	—	—	600—800	33
Смородина черная лия плодородная	—	—	—	4 000
Малина усанка, мальборо	—	—	—	120—100

пределах 37—53°. Степень активной кислотности среды является одним из факторов, влияющих на деятельность ферментов. Многие химические вещества являются как бы парализатором деятельности ферментов, их задерживающие действия называют инактивированием ферментативных процессов.

При исследовании вопросов сушки плодов и овощей приходится наблюдать явления, связанные с жизнедеятельностью ферментов, или энзимов. Химическая природа последних, изучена недостаточно. Энзимы рассматриваются как «вещественные катализаторы со специфической реакционной способностью и хотя образованные живыми клетками, но в своем действии не зависящие от их присутствия» (Ostwald).

Важнейшим свойством ферментов является их термолабильность, или неустойчивость при нагревании уже от 60 до 100°. При низких температурах фермент не разрушается.

Дефекты сырья. К основной группе встречающихся пороков относятся пороки, возникающие вследствие:

- 1) деятельности насекомых;
- 2) деятельности грибковых организмов и бактерий, т. е. так называемые фитопатологические явления, или заболевания;
- 3) механических повреждений;
- 4) атмосферных воздействий;

5) ненормальности возраста плодов и овощей: недозрелость, перезрелость;

6) неправильных условий культивирования растения.

Пороки семячковых плодов возникают главным образом в результате деятельности насекомых. Яблоки и груши подвергаются поражению гусеницей, называемой яблочной плодожеркой. В плодах малины часто находятся личинки малинового жука.

Лучшим приемом очистки плодов от насекомых является вырезывание пораженных мест из мякоти семячковых плодов.

На капусте иногда бывает большое количество гусениц. Гусеницы с зеленой и темнобурой окраской обычно располагаются с нижней стороны кочана — у стержня под наружными листьями, у наружных краев их и отверстий. Такое сырье исправляется тщательной очисткой наружных листьев и вырезыванием особенно пораженных мест.

Самую распространенную группу составляют фитопатологические повреждения, вызываемые деятельностью грибковых организмов.

Особенно распространена среди плодов и ягод фруктовая гниль *Sclerotinia fructigena* Schröt, поражающая главным образом яблоки, груши, сливы, айву. *Sclerotinia cinerea* Schröt распространена на плодах сливы, вишни, персиков.

Черная гниль яблок *Physalospora cydoniae* распространена также на плодах груши и реже айвы.

Парша яблок *Venturia inaequalis* Adena выражается в образовании зеленовато-оливковых бархатистых пятен.

Из овощей чрезвычайно подвержены заболеваниям клубни картофеля. Мокрая и сухая гниль выражается в появлении бурых мокрых пятен. Картофель постепенно разрушается, превращаясь в бесформенную массу с неприятным запахом. Эта болезнь особенно развивается при повышенной влажности во время хранения.

При повышении влажности во время вегетационного периода большие потери при хранении приносит мокрая, или белая гниль *Sclerotinia libertiaka*. Она поражает морковь, свеклу, картофель, капусту и другие овощи. Бесцветная грибница, пронизывающая и покрывающая овощи, образует в некоторых местах снаружи и в тканях белые пушистые хлопья. Разложение овощей продолжается до образования кашицеобразной массы.

При хранении свеклы возникновение в середине корня черной гнили вызывается сердцевинной гнилью *Phoma betae*.

Капуста при хранении может заболевать черной гнилью, возбудителем которой являются бактерии *Pseudomonas campestris*.

Листья лука поражаются ложной мучнистой росой *Petonospora Schleideni*, придающей листьям непривлекательный вид вследствие серовато-фиолетового налета.

Листья сельдерея теряют естественную окраску под влиянием

жизнедеятельности *Septoria anii*, листья укропа — под влиянием *Phoma anethi*.

Сырье, поврежденное указанным образом, безусловно мало-пригодно для сушки.

Существует ряд мероприятий, которые в порядке профилактики должны в значительной мере предотвращать порчу сырья при хранении.

Не меньшее количество дефектов наблюдается в результате чисто механического повреждения плодов и овощей. Наличие таких повреждений, нарушающих целостность кожицы, как защитного слоя, создает так называемые «ворота инфекции».

Надбитые плоды и овощи, будучи лишены каких бы то ни было заболеваний, подвергаются порче, гниению чрезвычайно быстро. В производстве сырье с признаками механических повреждений дает продукцию пониженного качества.

Нарушения кожицы усиливают испарение влаги из плодов и овощей, что ведет к ускоренному разрушению и порче.

Так, по Габерланду яблоки нормальные и со снятым эпидермальным слоем теряли воды с 1 см² поверхности:

	Нормальные	Без эпидермиса
За 3 часа	0,015 г	0,385 г
За 24 часа	0,120 г	1,802 г

Повреждения возникают вследствие неправильных или же чрезвычайно примитивных способов съемки плодов и овощей при сборе урожая, транспортировке и, наконец, уходе при хранении.

Доставляемое во время морозов сырье подвергается промерзанию. То же явление наблюдается при плохом буртовании. Сушка мерзлой моркови не дает кондиционной продукции. Сушка быстро промерзшего картофеля допустима, если не давать ему длительного срока на оттаивание, а сразу же, взяв в цех, направить на переработку.

Накопление сахара в картофеле под влиянием низких температур происходит в клубнях при температурах, близких к 0°С, когда нарушается равновесие между расходуемым сахаром при пониженной интенсивности дыхания клубня и накоплением для этих процессов сахара из крахмала. Процесс дыхания растительных органов называется иначе дезассимиляцией. Указанные процессы находятся в равновесии при 5°С. При температуре ниже 0°С накопления сахара не происходит, так как прекращаются вообще все биохимические процессы в теле растительных органов.

Таким образом сладковатый вкус картофельных клубней приобретает в процессе их хранения при температурах около 0°С или же при постепенном промерзании их. То же происходит при постепенном оттаивании. Кроме сладкого вкуса, как отрицательного признака в отношении качества сырья необходимо указать,

что в растительных клетках оттаявших клубней, нормальное состояние которых нарушено, чрезвычайно быстро развиваются ферментативные процессы окислительного порядка, вызывающие известное нам уже потемнение тканей. Наконец, отсутствие нормальной упругости оттаявших клубней лишает возможности подвергать их очистке на машинах.

Такие же соображения в части потери нормальной упругости относятся к переработке оттаявшего сырья всех корнеплодов и капусты.

Хранение при высоких температурах вызывает увядание сырья. Это явление объясняется потерей больших количеств воды в процессе ее испарения. Осмотическое давление клеток уменьшается, или, как говорят, ослабевает тургор. Ткани теряют нормальную, свойственную им напряженность. Такие явления наблюдаются в знойные летние дни, когда сырье не защищено от лучей солнца.

К дефектам, связанным с атмосферными воздействиями, надо отнести также растрескивание плодов абрикосов, вишен, особенно слив, созревание которых происходит в чрезмерно дождливый период. Такое сырье, как и всякое другое с известными пороками, не пригодно для хранения.

К порокам сырья надо отнести также его недозрелое и перезрелое состояние. Характерным примером перезрелого сырья может служить «гнилявое» состояние груш. Оно характеризуется размягчением и побурением мякоти, которое происходит без действия микроорганизмов и рассматривается как явление ферментативного порядка. В перезревших плодах содержание крахмала, сахара, а также общая кислотность понижаются, появляются винный спирт, молочная и уксусная кислоты. В таком состоянии фрукты для хранения не пригодны. Вслед за кашецеобразным состоянием наступает гниение.

Овощи, собранные раньше нормального срока, отличаются не только пониженным содержанием питательных веществ, но и непригодностью для длительного хранения. Причинами этого являются, во-первых, повышенное влагосодержание их, а, во-вторых, недостаточно развитый эпидермальный слой. Последний, как мы знаем, служит защитной тканью от различных внешних воздействий.

Ранние сорта, вызревающие за более короткий вегетационный период, отличаются меньшей пригодностью для хранения. Овощи ранних сортов имеют несколько повышенную влажность. То же можно сказать и об овощах, культивируемых на поливных огородах, если режим орошения не соблюдается в отношении нормирования влагосодержания почвы.

Плоды многих сортов достигают наиболее высоких вкусовых достоинств не при съемке их с деревьев в осенний период, а при выдержке во время хранения и только после этого идут на переработку. Эти сорта носят название осенних и зимних в зависи-

мости от степени дозреваемости плодов еще на деревьях и длительности этого процесса при хранении.

Из летних и раннеосенних яблок особенно пригодны для сушки папировка, белый налив, кальвиль летний белый, грушовка московская, виргинская розовка, репка копылова, титовка, боровинка, кальвиль красный, осенний, коричное полосатое, коричное ананасное, из более поздно вызревающих — антоновка (рис. 3), зеленка харьковская, пепин литовский, пармен зимний золотой, кальвиль снежный, ранет ланс-бергский, апорт, александр, ранет золотой, курский и др.

Из летних и осенних сортов груш для сушки применяются дойене, бере бауская, бере слущкая, ильинка, лимонка, малиновка, мускатная, бессемянка, гданка, глек (рис. 4), глива, дули, тонковетка, бере александр, лесная красавица, александровская, диканка. Переработка диких

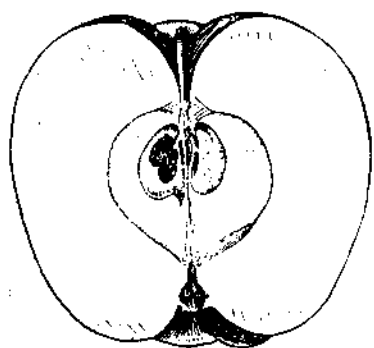


Рис. 3. Антоновка

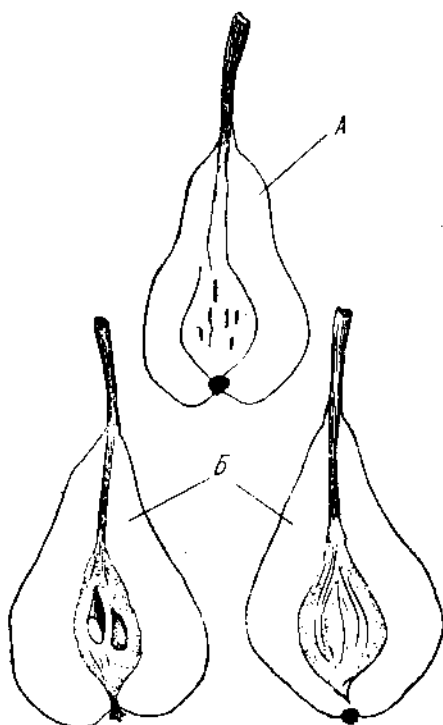


Рис. 4. Груша глек (разрез):

А—урожай 1930 г. (сорвана 12/VIII), с. Лука Мелешковская, Винницкого р-на; Б—урожай 1931 г., спелый плод

мелкоплодных груш производится исключительно в местах большого их распространения в лесах. В связи с маленькими размерами, недостаточной ароматичностью и жесткостью мякоти продукция от переработки такого сырья получается пониженного качества. Особенным распространением для сушки пользуются следующие сорта слив: черкуши, эслингенская ранняя, особенно пригодны для сушки венгерка (или угорка) обыкновенная, итальянская и, наконец, анна шпет, кирк и яичная желтая. На Кавказе распространен для сушки сорт аль-бухара, в Крыму — изюм-эрик, аль-эрик.

Из черешен рекомендуются денисена, дрогана, ладэ, омиссен, черный орел, пелисье, эльтон, Dros poig, виндзор, черешня дайбера, в Крыму — татарская черная и др.

К промышленным сортам вишен относятся гортензия, любская, владимирская, остгеймский гриот, украинский гриот, анатолийский гриот, лотовая поздняя. Из европейских сортов абрикосов известны в промышленной культуре и годны для сушки краснобокий, бреда и др.

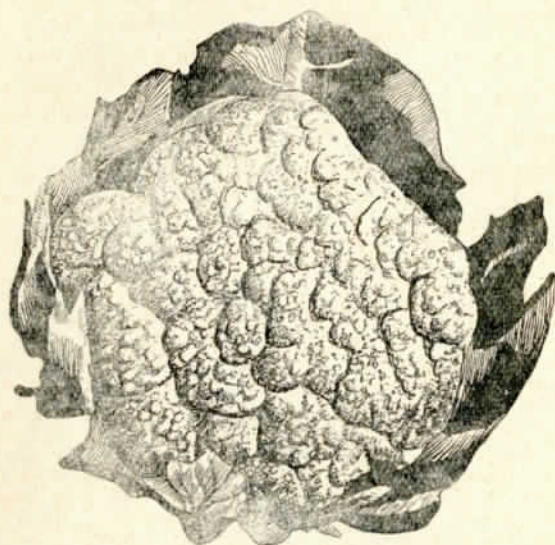


Рис. 5. Капуста цветная



Рис. 6. Морковь каротель

Количество культурных сортов персиков ограничено, однако можно назвать следующие сорта, годные для сушки: амсен, Victor, Cumberland и др.

Сушка винограда производится в основном в Узбекской ССР. Наиболее распространенные сорта, сахаристость которых достигает в среднем 19%, следующие: ангур-калон, бокальный, кишмиш белый, вассарга и др.

Из ягод употребляются для сушки наиболее интенсивно окрашенные крупные и ароматичные плоды: малина — плодовая картера, горне фастольф, усенка, черная смородина — лия плодородная, огдена черная, неаполитанская черная, картера чемпиона и др.

Капуста для промышленных целей разводится обычно лишь поздних сортов, главным образом сабуровка, брауншвейгская, ульмская пудовая, амагер. Все эти сорта развивают кочаны достаточных размеров. Значительное место в сушке должна занять цветная капуста (рис. 5).

К столовым сортам картофеля относятся лорх, эпикур, ранняя роза, саксония, снежинка, меркер, рихтер, силезия и др.

Наиболее приемлемыми сортами свеклы для сушки являются огородная египетская и эклипс, моркови (рис. 6) — каротель и полудлинные сорта. Сорт петрушки надо рекомендовать сахарный и эрфуртский, а пастернака — сиамский, но не длинные сорта, студенческий и др. Из сортов сельдерея предпочтительны наиболее крупные, а именно: парижский и пражский, цикория — более короткие и толстые сорта подобно всем корнеплодам.

Ввиду малого распространения сушки тыквы затруднительно сделать выводы об отдельных сортах ее. Конечно, желательны сорта с наиболее нежной мякотью и тонкой кожицей. Сорта лука, наиболее пригодные для сохранения в зимнее время, — это каба, цитауский, желтый обыкновенный и др.

Сортами гороха, культивируемыми для сушки, являются ро-стовский, чернопятый и др.

2. ХРАНЕНИЕ СЫРЬЯ

Изменения, происходящие в сырье при его хранении. В плодах и овощах, снятых с плантаций, происходят сложнейшие процессы, близкие по своему характеру к процессам созревания.

Основные изменения, наблюдаемые в сырье при хранении, происходят в результате процесса дыхания, или дезассимиляции. Этот процесс, дающий в конечном итоге продукты CO_2 и H_2O , является противоположным ассимиляции растений. Последняя протекает в зеленых частях растительного организма и в результате ее происходит накопление органического вещества в процессе роста. Таким образом окислительный процесс (дыхание), имеющий энзиматический характер, вызывает главным образом потерю сахаров, крахмала и органических кислот. Чем интенсивнее происходит процесс дезассимиляции, тем быстрее идет распад органических веществ.

Опытами и теоретическими расчетами установлено, что соотношение между количеством выделяемой углекислоты в процессе дыхания и количеством поглощаемого кислорода близко к единице. Часть кислорода связывается с органическими кислотами, которые в свою очередь подвергаются распаду. Те же процессы распада происходят с дубильными веществами и жирами. При перезревании сырья происходит постепенное превращение протопектина в пектиновую кислоту и метиловый спирт. Нормальное клеточное строение таким образом нарушается, создается

благоприятная среда для развития микроорганизмов, приводящих сырье к полной негодности.

Важнейшими факторами, влияющими на интенсивность процессов дезассимиляции, являются различные воздействия механического и физического порядка.

Чрезвычайно наглядное представление о значении наносимых сырью ранений, нарушений кожицы дает следующий подсчет количества выделяющейся в процессе дезассимиляции углекислоты из картофеля целого и разрезанного. Так например, картофельные клубни весом 300 г при комнатной температуре выделяли в час 1,22 мг CO₂. Картофель, разрезанный на 4 части, выделял 9 мг CO₂; выделение CO₂ через 5 час. достигало 14,4 мг.

По данным Гоге количество выделяемой углекислоты из 1 кг плодов при 0° следующее:

Черника el Dorado 30,9 мг
Сливы P. americana—6,5 мг
Яблоки Missouri Pippin—4,6 мг

При небрежном обращении с сырьем во время засыпки его в закрома чересчур высоким слоем в процессе хранения нарушаются покровные ткани. Под воздействием собственного веса сырья также часто наблюдается деформация нижних его слоев.

Особенное значение при хранении плодов и овощей имеет температура. В табл. 5 приведены опытные данные проф. Церевитинова Ф. В. и Синициной Е. ¹⁾ об изменении химического состава (в процентах) картофеля за 4½ месяца хранения его при различных температурах.

Таблица 5

	Первоначальный состав картофеля 5/XII 1924 г.	При 0°		При 2,5°		При 5°		При 13°	
		20/IV 1925 г.	Потери за 4½ месяца	20/IV 1925 г.	Потери за 4½ месяца	20/IV 1925 г.	Потери за 4½ месяца	20/IV 1925 г.	Потери за 4½ месяца
Удельный вес . . .	1,111	1,128	—	1,140	—	1,147	—	1,157	—
Вода в %	73,7	69,84	3,86	67,48	6,22	65,88	7,82	63,65	10,0
Крахмал в %	19,89	18,3	1,59	18,24	1,65	18,06	1,38	13,99	5,90
Глюкоза в %	0,61	2,1	1,49	1,48	0,87	0,62	0,01	0,26	0,45
Азотистые вещества в %	2,01	2,0	0,01	1,97	0,04	1,89	0,12	1,51	0,41
Клетчатка в %	0,64	0,62	0,02	0,6	0,04	0,57	0,07	0,55	0,09
Минеральные вещества в %	0,78	0,78	—	0,76	0,02	0,73	0,05	0,68	0,10
Общие потери в %	—	—	3,99	—	7,1	—	9,88	—	26,9

¹⁾ Проф. Церевитинов Ф. В. и Синицина Е., „Холодильное дело“, № 9, 1926.

У картофеля, хранившегося при 13°, после первого месяца начали появляться признаки прорастания клубней; к весне это явление усилилось наряду с увяданием клубня. Процент заболевших при хранении клубней, как и количество общих потерь, выше всего было у картофеля, хранившегося при наиболее высокой температуре.

Для общей характеристики процессов, происходящих в плодах во время хранения и зависящих также от температур хранилищ, в табл. 6 приведены данные исследования проф. Церевитинова¹⁾ по полтавской антоновке за 6 месяцев хранения.

Таблица 6

Наименование компонентов	Состав яблок (в %)	При 7° в под- вале		При 2° в под- вале	
		15 ок- тября	27 апре- ля	Убыль за 6 1/2 мес.	27 апре- ля	Убыль за 6 1/2 мес.
Вода	88,61	76,36	12,25	79,63	8,98
Инвертный сахар	6,91	4,37	2,54	5,36	1,55
Сахароза	1,23	0,10	1,13	0,12	1,11
Кислотность (ябл.)	0,79	0,39	0,40	0,35	0,44

На длительность хранения влияют не только характерные свойства сортов как таковых, но также время съема отдельных сортов. Marehell, Cooper, Stabentauch указывают, что яблоки и груши снимают с деревьев для хранения тогда, когда зеленая окраска переходит в желтую, а семена буреют. По данным Hawkin и Sando низкие температуры уменьшают деятельность химических и физиологических процессов. По мнению этих же исследователей низкие температуры также вызывают затвердевание кутиновой пленки, кожа становится более прочной, менее подверженной деятельности грибков и микроорганизмов. Большое значение имеет также постоянство температуры; при ее колебаниях растительные клетки расширяются.

Помимо температуры не меньшую роль для хранения играет влажность воздуха. С увеличением влажности воздуха уменьшается испарение, но вместе с тем создаются лучшие условия для развития плесеней и грибков. По опытам Magness'a рост пле-

¹⁾ Труды Научно-исследовательского отдела по холодильному делу*, вып. 1, 1922.

сений происходит при относительной влажности воздуха выше 90%. При 60—78% относительной влажности наблюдается значительное увядание яблок. Таким образом наилучшей относительной влажностью воздуха при хранении как для плодов, так и для овощей надо считать 85%.

Отсутствие света влияет положительно при хранении плодов и овощей. Как предположение можно данное явление объяснить тем, что устьица плодов в темноте закрываются. Таким образом значительно сокращается обмен газов, а следовательно, и процессы, ведущие к потерям органических веществ.

При холодильном хранении плодов и овощей надо иметь в виду образование кристалликов льда в межклетках тканей, вследствие чего происходит отмирание растительных клеток. Если образование льда произошло в незначительной степени, растительные клетки после постепенного оттаивания могут еще возобновить свою жизнедеятельность. Основной причиной гибели плодов и овощей при заморозании является обезвоживание клеток.

В табл. 7 приводятся температуры заморозания плодов и овощей.

Таблица 7

Наименование плодов и овощей	Температура (в °C)
Яблоки летние	-1,98
Яблоки осенние	-1,95
Яблоки зимние	-1,93
Груша бартлет (дойене) слегка спелая	-1,97
Груша бартлет мягкая	-2,31
Сливы	-1,93
Картофель	-1,5—2
Свекла	-1,25—1,82
Петрушка корневая	-1,7
Сельдерей	-1,1
Капуста белокочанная	-2,3
Лук репчатый	-2,3

Приемка летне-осеннего сырья. Сырье всех видов подразделяется на летне-осеннее и осенне-зимнее.

При доставке сырья на сырьевую площадку необходимо руководствоваться следующим. Наиболее раннее сырье — зелень без корней (петрушка, укроп, лук и сельдерей), косточковое сырье (вишни, сливы, абрикосы) — доставлять на рессорном транспорте, упаковывая в 8—10-килограммовые корзины или решета, сливы — в 8—10-килограммовые ящики из тонких дощечек, яблоки и груши — в ящики весом нетто 32 кг. Корнеплоды и капусту желательно доставлять в клетках или кулях. Вишни до-

ставляются с плодоножками, корнеплоды (петрушка, пастернак и сельдерей) — без ботвы и черешков.

На кочанах капусты не допускать более двух-трех листьев, неплотно облегающих кочан. Наличие излишних зеленых частей как у корнеплодов, так и кочанов капусты приводит лишь к более быстрому возникновению процессов гниения в овощах при их хранении.

При приемке всех видов сырья еще до взвешивания оно подвергается всесторонней качественной оценке, причем отбираются средние пробы. Приемщик обязан хорошо знать стандарты на сырье и производить соответствующие бонификацию и рефракцию.

После взвешивания сырье направляется на сырьевую площадку для дальнейшей переработки. Его подвергают прежде всего сортировке. Исключение могут составлять лишь отдельные партии.

Сортировка сырья имеет огромное значение в борьбе за минимальные потери при хранении и повышении качества вырабатываемой продукции в основных цехах. Исходя из последнего положения, сортировку сырья нужно производить через определенные промежутки времени в тех случаях, если хранение сырья по каким-либо причинам задерживается.

При сортировке производится не только отбраковка сырья, зараженного грибковыми и другими болезнями, но и распределение сырья по признаку цветности и степени зрелости.

Для хранения наиболее удобными являются плетеные из лозы корзины емкостью не более 40 кг с круглым дном и корпусом в форме усеченного конуса. На верхних краях корзин имеются две петли, служащие для удобства ручной подноски их. Примерные размеры корзины следующие: диаметр дна 0,4 м, верхней окружности — 0,7 м, корпуса — 0,4 м.

Чтобы устранить согревание и гниение, зелень, поступающая на площадку, складывается неплотным и невысоким слоем. Косточковое сырье при отсутствии порченных плодов и достаточной однородности может не перебираться и складываться ярусами в твердой таре. Меньшая однородность по признакам зрелости обычно наблюдается среди партий яблок и груш, которые подвергаются наиболее тщательной сортировке. Не менее важное значение имеет сортировка слив. Капусту приходится лишь бегло пересматривать, устраняя совершенно испорченные кочаны. Рассортировка по размерам производится в порядке непосредственного направления более крупных кочанов в один из закромов и мелких в другой. При сортировке корнеплодов решающими признаками являются наличие повреждений, а также размеры. Сырье с пороками необходимо поскорее удалять с территории сырьевой площадки.

Сырьевая площадка. Сырьевая площадка представляет собой капитальное сооружение, примыкающее непосред-

ственно к производственному корпусу, с удобными подъездными путями. Полы площадки цементируются или асфальтируются, Полы же закровов делаются решетчатыми для свободной циркуляции воздуха. Помимо лучшей вентиляции эти полы имеют преимущество и с санитарно-гигиенической стороны, ибо позволяют производить тщательную дезинфекцию загружаемой сырьем площадки перед каждой вновь поступающей партией его. Уровень ложного пола закровов должен быть приподнят примерно на 0,2—0,25 м над уровнем асфальта для возможности доставать из-под него попавшее туда сырье. Кроме того, пол закровов для удобства зачистки остатков сырья делается с небольшим наклоном.

Подача сырья и разгрузка производятся с боковых сторон площадки. Для движения вагонеток, направляемых в цех, служат узкоколейные пути.

Стены закровов разборные для облегчения загрузки и выгрузки сырья.

Каждый закров должен иметь номер и дату загрузки в него сырья. Загрузка закровов производится так, чтобы рядом расположенные закрома были пустыми или не вполне еще загруженными. Это позволяет, производя сортировку, сразу же распределять кондиционный материал между соседними закромами, разбивая сырье по сортам. Загрузка производится как с точки зрения пригодности для большего или меньшего срока хранения, так и с точки зрения других признаков, в первую очередь, конечно, размеров экземпляров сырья.

Замощение территории завода и в первую очередь вокруг сырьевой площадки должно быть одним из основных условий, облегчающих поддержание этого цеха в благоприятных санитарно-гигиенических условиях.

Помимо тщательной не менее двух-трех раз в день уборки сырьевой площадки, необходимо производить периодически дезинфекцию помещений для приемки сырья, заключающуюся в опрыскивании их раствором свежегашеной извести. Водный раствор ее должен иметь консистенцию сливок. Применяемая для этого известь должна содержать не менее 90% окиси кальция.

Такая дезинфекция, носящая профилактический характер, производится после предварительного орошения водой площади пола и стен закровов. Данные мероприятия являются крайне необходимыми и оправдывают себя в отношении уменьшения потерь при хранении.

Размеры сырьевой площадки зависят от мощности завода и ассортимента сырья, которое является основным на данном предприятии. Выше было указано, что для хранения летне-осеннего сырья на предприятии, полностью загружаемом с конца лета различными фруктами, достаточно иметь помещение из расчета приемки 10-дневного запаса сырья. Для проведения расчетов по-

лезной площади необходимо знать вес объемной единицы сырья и допустимую высоту загружаемого слоя.

Некоторые данные по вопросам хранения плодов и овощей летне-осенней и осенне-зимней групп сырья приведены в табл. 8.

Таблица 8

Наименование сырья	Вес 1 м ³ (в т)	Допустимая высота за- грузки слоя (в м)	Нагрузка на 1 м ² сво- бодно насы- щенного сырья (в т)
Капуста белокочанная	—	0,75	0,3
„ слава	До 0,426	—	—
„ амагер ср. плотн.: вес коч. 1,7 кг	0,360	—	—
„ „ 2 „	До 0,420	—	—
Лук-репка ростовский	0,5	0,5	0,25
Свекла египетская	0,6	1,25	0,75
Морковь	—	1,0	0,5
„ нантская средней величины	До 0,55	—	—
„ мелочь	0,43	—	—
„ геранде средней величины	0,577	—	—
„ валерия	0,535	—	—
Картофель	0,65	1,5	0,975
Тыква	0,450	1,0	0,450
Черешня	0,640—0,766	0,20	0,140
Малина лесная	0,580—0,590	0,15	0,09
Черника	0,638	0,15	0,1
Кизил	0,690—0,750	0,25	0,175
Груша глек	0,617	0,3	0,185
Яблоки	0,600	0,6	0,30
Слива	0,650	0,2	0,13
Вишня	0,650	0,2	0,13

Таким образом нагрузка полезной площади хранилищ может колебаться от 90 кг при загрузке малиной до 975 кг при загрузке картофелем, поэтому ягодное и косточковое сырье рекомендуется оставлять в твердой таре даже после сортировки, располагая его ярусами. В этом случае использование площади хранилищ под ягодами и косточковыми повышается до 750 кг на 1 м².

Расчет сырьевой площадки для приемки летне-осеннего сырья следует производить по наиболее стойкому продукту, как например капуста, которая сохраняется 8—12 дней во время ее доставки на завод без применения специальных приемов хранения.

Расчет потребной площадки сырьевой площадки производится следующим образом. Принимаем условные обозначения: g — вес кубометра сырья в т, h — допустимая высота загрузки в м, N — суточная потребность завода в сырье в т, t — принятый при расчете необходимый запас в днях, F — искомая площадь.

Зная, что для сортировки и проходов надо иметь не менее 25% свободной площади, получаем следующую формулу для расчета общей площади:

$$F = \frac{Nt \cdot 1,25}{gh} \text{ м}^2. \quad (1)$$

Пример. Для сушильного цеха завода из летне-осенних видов сырья основное место занимают слива и яблоки. Площадка разбираемого нами типа должна обслужить таким образом их приемку и хранение.

1. Расчет для сливы:

$$N = 8 \text{ т}; t = 2 \text{ дня}; g = 0,65 \text{ т}; h = 0,2 \text{ м};$$

$$F = \frac{8 \cdot 2 \cdot 1,25}{0,65 \cdot 0,2} = 153,8 \text{ м}^2.$$

2. Расчет для яблок:

$$N = 7 \text{ т}; t = 10 \text{ дней}; g = 0,5 \text{ т}; h = 0,6 \text{ м};$$

$$F = \frac{7 \cdot 10 \cdot 1,25}{0,5 \cdot 0,6} = 291,6 \text{ м}^2.$$

Таким образом необходимо остановиться на втором результате, проектируя площадку размером 291,6 м², или, округляя, 300 м².

Предприятие из видов летне-осеннего сырья больше всего перерабатывает груши. Производительность сушильного цеха завода составляет за сутки 8 т этого вида сырья, t по груше примем равным 3 дням; по табл. 8 находим $g = 0,62$ и $h = 0,3$. Отсюда общая необходимая площадь:

$$F = \frac{8 \cdot 3 \cdot 1,25}{0,62 \cdot 0,3} = 161,3 \text{ м}^2, \text{ или, округляя, } 170 \text{ м}^2.$$

Хранение и сортировка осенне-зимнего сырья. Основными видами сырья, относящимися к группе осенне-зимнего хранения, являются свекла, картофель, а также морковь и лук репчатый. Все виды этого сырья кроме лука хранятся в сооружениях утепленного полуподземного типа.

Общие соображения об уходе за сырьем, санитарно-гигиенические и организационные мероприятия относятся также и к зимнему хранению, ответственность же за правильное проведение процесса длительного хранения возрастает. Осенне-зимняя группа сырья поступает на предприятия обычно в течение октября и ноября, когда возможны заморозки и дождливая погода. Мерзлое и мокрое сырье не годится для хранения, поэтому мокрое сырье следует просушить, используя для этой цели навесы, и сдать его в ближайшее время на переработку.

У моркови и свеклы должны удаляться остатки зелени, а партии недостаточно вызревшего сырья должны храниться отдельно для использования в первую очередь.

Для механизированной сортировки картофеля и лука применяются или машины барабанного типа или машины, представляющие собой систему плоских сит, расположенных несколько

наклонно одно над другим и находящихся в поступательно-сотрясательном движении. Сортировочные станки могут приводиться в действие вручную, однако гораздо рациональнее приспособлять передачу механической энергии от трансмиссии или электромотора.

Процесс сортировки картофеля на станке барабанного типа производится следующим образом. Ось с закрепленным на ней барабаном должна совершать 12—20 об/мин. (рис. 7). При таком числе оборотов и бесперебойной загрузке машины ее производительность составляет 2700 кг/час картофеля при затрате мощности 1 кВт. С левой стороны машины (см. рис. 7, вид спереди)

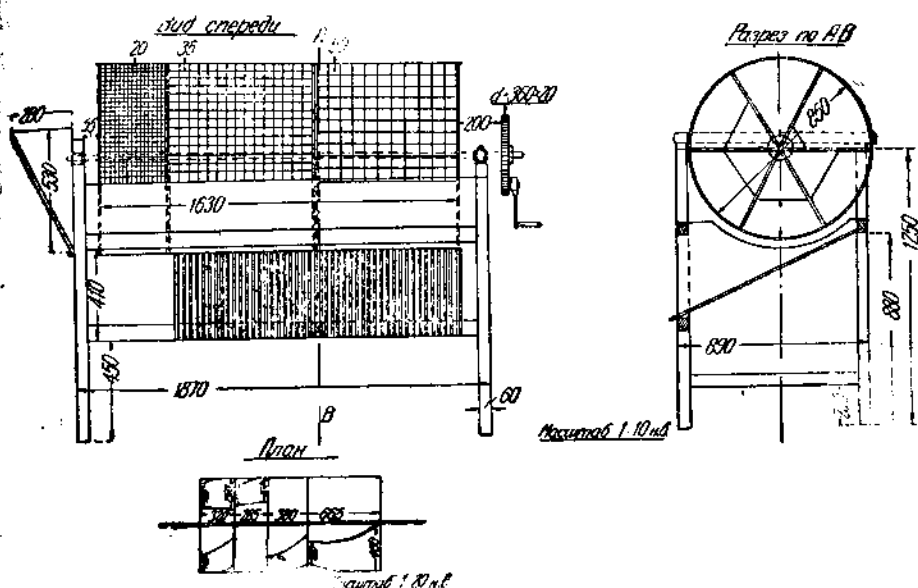


Рис. 7. Картофелесортировочная машина

рабочий непрерывно при помощи деревянной лопаты или специального совка забрасывает картофель в приемный ковш, по которому клубни скатываются во вращающийся барабан. Однако загрузку барабана можно производить при помощи установленного шнека или транспортера. Барабан представляет собой сетку с сечением квадратных отверстий трех размеров: 25, 35 и 50 мм. На внутренней стороне сетчатого барабана имеется несколько направляющих козырьков, расположенных так, чтобы засыпаемый картофель находился постоянно не только во вращательном, но и в поступательном движении.

Наиболее мелкие клубни картофеля величиной с орех, а также сор просыпаются через отверстия первой полосы сетчатого цилиндра, клубни размером от 20 до 35 мм — через отверстия

второй полосы сетки и, наконец, более крупные — через отверстия третьей полосы. Под барабаном расположены решетчатые направляющие желоба, по которым скатывается картофель. Самый мелкий картофель с землей вовсе не сохраняется как непригодный для переработки и направляется в утильцех.

Машина для сортировки картофеля обслуживается тремя рабочими или двумя при условии работы ее от привода.

Лук хранится в специальных лукохранилищах. Эти сооружения представляют собой обширные помещения, внутри оборудованные деревянными решетчатыми стеллажами. Последние располагаются на расстоянии один от другого 0,5 м. Проходы между ними служат для систематической сортировки лука, а также загрузки и разгрузки стеллажей. Помещение должно быть достаточно утеплено с налаженной вентиляцией и защищено от проникновения яркого солнечного света. Лук поступает для хранения после просушки. Лучшая температура хранения лука 3°C.

Хранилища осенне-зимнего типа для корне-клубнеплодов располагаются поближе к основному корпусу завода. Глубина хранилищ обычно 2 м при длине 40 м. Двухскатная крыша представляет собой ряд материалов, изолирующих от атмосферных воздействий. Закрома находятся вдоль обеих стен, посередине необходим проход шириной 1,8—2 м. Проход используется для транспортирования сырья. Удобно так располагать хранилища, чтобы при помощи траншей и шахты можно было сообщить их непосредственно с моечным отделением сушильного цеха. При условии механизации подачи сырья значительно упрощается поступление последнего в цех. Так, в морозную или ненастную погоду сырье попадает в переработку, не проходя совершенно по наружному воздуху, а также освобождается транспорт, обслуживающий подвозку сырья в цехи. Если имеется несколько хранилищ, которые располагаются обычно для более равномерного обогрева с севера на юг, то таковые должны быть соединены между собой подземными путями, что создает большое удобство для эксплуатации их.

Приемочно-сортировочное помещение должно быть расположено на уровне с надземными путями территории сырьевой площадки и должно представлять собой как бы пристройку к хранилищу. Оно должно быть утеплено. Площадь его должна составлять примерно 40—60 м² при длине 5—6 м и ширине 8—10 м. Это помещение представляет собой как бы пропускник, из которого в собственно хранилище попадает исключительно здоровое сырье, рассортированное по размерам.

Стены закровов для удобства обслуживания делаются разъемными. Важнейшим условием длительного хранения является вентиляция, для чего полы закровов делаются решетчатыми, приподнятыми от пола на 0,2—0,25 м, удобными для очистки от просыпающегося сора и для дезинфекции. В целях лучшей

вентиляции между отдельными закромами площадью примерно в 2×3 м устраиваются также двойные решетчатые стенки шириной между ними 2,5—3 см. Вентиляция осуществляется при помощи системы вытяжных труб и искусственного подогревания воздуха специально устраиваемыми печами; последние также служат для обогрева хранилищ во время больших морозов.

Картофель и свекла при нормальных условиях сохраняются до середины мая и даже до июня. Хранение моркови в течение всей зимы и весны затруднительно, поэтому расходование ее производится в начале зимы, до переработки картофеля и свеклы.

Лучшая температура хранения свеклы и моркови от $+1$ до $+3^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности воздуха 85—90%. Наиболее благоприятная температура хранения картофеля от $+3$ до $+5^{\circ}\text{C}$. Понижение температуры хранилища с октября — ноября достигается путем открывания в течение ночного времени всех вентиляционных труб и дверей для впуска охлажденного воздуха. С этой целью устраиваются вторые решетчатые двери. В течение дня ранней осенью все трубы и двери надо держать закрытыми.

При недостаточной емкости хранилищ производится буртование картофеля и свеклы. Такой метод хранения возможен и для других овощей, например моркови, петрушки, капусты и пр.

Бурты в зависимости от климатических условий, а также необходимости длительности хранения овощей устраиваются надземными с углублением в почву лишь на 0,2 м или же на 0,75 м при ширине от 5 до 2 м и длине около 20 м. Овощи насыпаются так, чтобы заполнить выкопанные углубления, верхняя часть кучи поднимается примерно на 1 м от уровня почвы, образуя скаты под углом 40—45°. Тщательно выложенные овощи укрываются слоем соломы в зависимости от степени утепления толщиной от 20 до 60 см, сверху по скатам насыпается земля слоем такой же толщины. С осени для лучшей вентиляции верхний слой соломы оставляют открытым, а в большие морозы при установлении температуры в бурте $+4$, $+5^{\circ}$ он засыпается землей. Вентиляция в основном осуществляется посредством деревянных труб, проложенных по дну бурта, с высверленными в них дырами. Трубы выводятся в виде вертикально направленных к поверхности рукавов, защищенных специальными колпачками от попадания в них дождя или снега. При падении температуры зимой в бурте они временно забиваются соломой. При приеме в хранилища стационарного типа погода не имеет решающего значения, буртование же производить во время морозов или дождей совершенно недопустимо; поэтому надо стремиться заранее обеспечить предприятие хранилищами нужной емкости.

В хранилищах полуподвального характера и в буртах необходимо следить за температурой и влажностью воздуха. Определение температуры воздуха надо производить в самой куче ово-

щей, для чего служат так называемые буртовые термометры. Они должны устанавливаться примерно на расстоянии 2—3 м друг от друга при укладке овощей в бурты или закрома. Совершенно неправильные показания температуры наблюдаются часто при измерениях, производимых путем опускания буртовых термометров в вытяжные вентиляционные трубы буртов вследствие проникновения в них наружного воздуха. В хранилищах стационарного типа производятся измерения температуры воздуха самого хранилища и относительной влажности. Для этого в двух-трех местах помещают термометры и психрометры. Для правильного использования температурных показателей необходимы систематические записи. Понижение температуры сигнализирует о необходимости утепления хранилища, повышение вызывает опасение в отношении возникновения процессов разложения овощей, а для второй половины зимы и прорастания.

Предельные температуры в буртах в первой половине зимы при хранении: картофеля $+8^{\circ}$, свеклы $+12^{\circ}$, моркови $+7^{\circ}$, $+10^{\circ}$, во второй половине зимы эти температуры должны быть снижены. Подъем температуры по 1° в день при буртовом хранении свидетельствует о загнивании, длительный же подъем по 1° в декаду — о начавшемся прорастании. Наблюдались случаи загнивания в буртах овощей на протяжении полумесяца, причем погибало до 25% овощей.

Расчет размеров хранилищ осенне-зимнего типа производится по подсчету площади. Однако при наличии даже специального приемочно-сортировочного отделения коэффициент 1,25 следует увеличить до 1,3.

Пример 1. Расчет необходимой площади хранилищ для завода, который по плану должен переработать за декабрь—январь 495 т свеклы (N_1) и за февраль—апрель 975 т картофеля (N_2). Нагрузка на 1 м² свободно высыпаемого картофеля в тоннах находится по табл. 8: для свеклы—0,75 т (R_1), картофеля—0,975 (R_2).

Искомая площадь хранилища будет:

$$F = \left(\frac{N_1}{R_1} + \frac{N_2}{R_2} \right) 1,3 = \left(\frac{495}{0,75} + \frac{975}{0,975} \right) 1,3 = 2158 \text{ м}^2,$$

что составляет 8 сооружений с площадью 7×40 м.

Площадь поперечного сечения уложенных для буртования овощей находится из расчета измерения толщины подземного слоя s , его ширины b и высоты кучи над уровнем почвы h . Таким образом объем выложенных для буртования овощей при длине бурта l будет равен:

$$V = \left(s + \frac{h}{2} \right) bl, \text{ или } V = sbl + \frac{bhl}{2} \text{ м}^3. \quad (2)$$

Пример 2. Произведем подсчет необходимой площади под бурты, получив задание, например, сохранить 1000 т египетской свеклы.

Заданы следующие габариты буртов: глубина от уровня почвы до дна $s = 0,2$ м; высота от уровня почвы до гребня кучи $h = 1,00$ м, ширина бурта $b = 2$ м, по табл. 8 находим, что вес 1 м египетской свеклы $g = 0,6$ т.

Определяем необходимый полезный объем бурта при заданных габаритах:

$$V = \frac{N}{g} = \frac{1000}{0,6} = 1667 \text{ м}^3 \text{ (округленно).}$$

Определяем bl из уравнения:

$$V = \left(s + \frac{h}{2} \right) bl.$$

Отсюда полезная площадь равна:

$$bl = \frac{V}{s + \frac{h}{2}} \text{ м}^2,$$

или в нашем примере:

$$bl = \frac{1667}{0,2 + 0,5} = \frac{1667}{0,7} = 2381,4 \text{ м}^2, \text{ или, округляя, } 2400 \text{ м}^2.$$

что составит всего 96 отдельных буртов при длине каждого бурта примерно 25 м.

Для определения общей территории для хранения принятого количества овощей необходимо учитывать расширение занимаемой буртом площади, происходящее при утеплении его боковых стен. Таким образом полезную площадь надо перемножить на вводимый коэффициент от 1,5 до 2 в зависимости от толщины слоев соломы и земли. Принимается также во внимание необходимая площадь под дороги и сточные канавы для воды за каждой линией буртов общей шириной не меньше 2—2,5 м.

II. Сушка

1. ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К СУШКЕ

Мойка. После сортировки сырье доставляется к первой станции сушильного цеха — к мойке.

Задача мойки — освобождение сырья от посторонних примесей, т. е. различного сора и грязи. Мойка необходима прежде всего по санитарно-техническим соображениям и для предохранения деталей в машинах и аппаратуре от повреждений и преждевременного снашивания.

Процесс мойки должны проходить все виды фруктов и овощей. С капусты снимаются вручную плотно прилегающие наружные листья, а с лука — чешуи. После этого производится споласкивание водой.

В зависимости от величины и упругости овощей и фруктов применяют различные способы мойки:

- 1) мойка на специальных моечных машинах барабанного или кулачного типа;
- 2) мойка на специальных транспортерах под душем или в деревянных чанах;
- 3) вентиляторная мойка.

Яблоки, груши, картофель и корнеплоды моются по первому способу. Для мойки вишен, слив, абрикосов и других ягод, отличающихся значительной мягкостью, применяют второй способ.

Моечные машины (рис. 8 и 9) барабанного типа работают следующим образом. Сырье засыпается в приемное крыло машины и скатывается в барабан, вращающийся вокруг своей оси. Вращательное движение осуществляется при помощи ременной передачи с трансмиссии на приводной шкив машины. Шкив укрепляется на одном из концов вала барабана, представляющего собой усеченный конус. Таким образом создается некоторый угол наклона, чем достигается не только вращательное, но и поступательное движение обмываемого сырья. Поступательное движение обмываемого сырья создается благодаря расположению оси барабана в несколько наклонной плоскости (см. рис. 9), или же обмываемое сырье продвигается внутри барабана при помощи толчков, получаемых от находящихся на его внутренней поверхности направляющих планок (см. рис. 8). В последних

указанных случаях барабаны моечных машин имеют форму цилиндров.

Корпус барабана монтируется на железных кольцах из полового железа и деревянных планок с просветами между ними до 10 мм и делается из листового железа с круглыми отверстиями диаметром 20 мм.

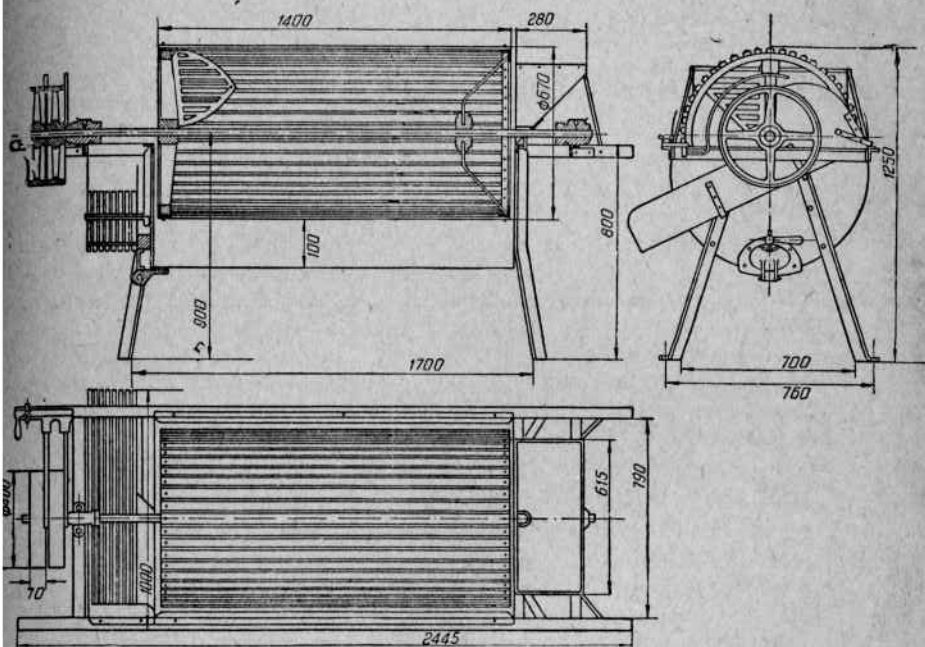


Рис. 8. Моечная машина „Плодовая-5“

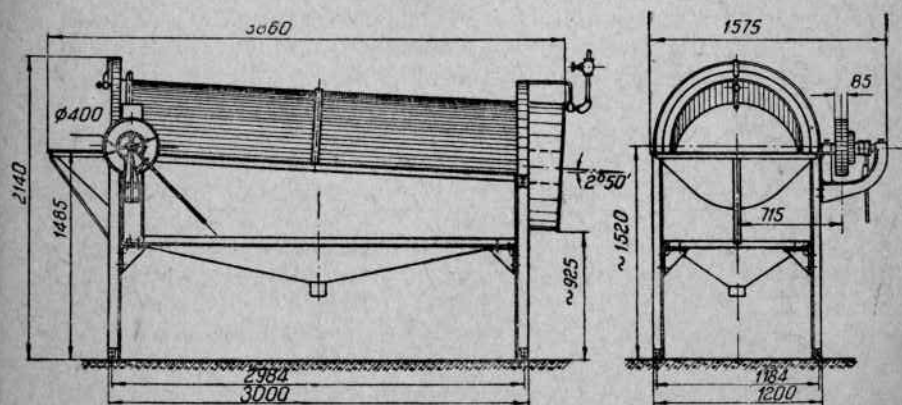


Рис. 9. Моечная машина КМ-5

При мойке корнеплодов на таких машинах тонкие концы корней попадают в отверстия, в связи с чем происходит некоторая задержка обмываемого сырья на внутренней поверхности барабана, поэтому продольные планки с отверстием между ними представляют более удачное конструктивное оформление корпуса барабана. В конце барабана на его внутренней поверхности имеются специальные козырьки для выбрасывания обмываемого сырья в открытый спускной рукав. Отсюда сырье направляется к следующей технологической станции.

Подача воды регулируется при помощи вентиля. Вода подается в железную ванну, которая свободно располагаясь по отношению корпуса барабана, до половины обнимает его нижнюю часть. Подвешенная к валу барабана ванна может поворачиваться при помощи рычага на угол в 90° , для того чтобы вылилась грязная вода. Приведенная затем в нормальное положение, ванна снова наполняется водой. В иных конструкциях машин, где ванны закреплены неподвижно, они освобождаются от воды при помощи открывания в дне ванны специального люка.

Смена воды в моечных машинах производится в зависимости от характера загрязненности и видов сырья. Расход воды по практическим нашим наблюдениям составляет при мойке фруктов $100\text{—}150\%$ от веса сырья, при мойке же овощей — $300\text{—}350\%$.

Эффект процесса мойки достигается в результате трения во время движения отдельных частей сырья и ополаскивания их водой. Отверстия в корпусе барабана не только увеличивают степень движения воды при работе машины, но также служат для спуска моечных вод. Трудно отмываются от сырья такие легкие предметы, как листья деревьев или же солома, которые полностью уносятся с удаляемой водой. В машинах описываемого типа не происходит отделения достаточно крупных камней, которые могут попадать на резку или чистку.

Перегрузка машины приводит к увеличению расхода механической энергии и усложняет удаление легких посторонних предметов. При перегрузке машины возможна некоторая деформация сырья, степень которой зависит от твердости и упругости различного рода обмываемого сырья. Наконец, перегрузка машины приводит к нарушению соответствия между количествами поступающего сырья и работой деталей для выбрасывания обмываемого сырья из барабана.

В зависимости от степени и характера засоренности отдельных видов и партий сырья меняется продолжительность процесса мойки.

Чтобы регулировать различную продолжительность мойки сырья, необходимо на оси барабана располагать рядом с рабочим и холостым шкивами еще второй холостой шкив. Система двух видов ременной передачи — передачи между параллельными вращающимися валами и так называемой перекрестной пере-

дачи — сообщает вращательное движение барабану в двух направлениях. Так, при работе машины от перекрестной передачи барабан, вращаясь в обратном направлении, не выбрасывает сырья, и лишь в нужный момент, при переводе перекрестной передачи на холостой шкив, а прямой — на рабочий, барабан начинает постепенно вращаться в нужном направлении, выбрасывая в спускной рукав обмываемое сырье.

Деформация плодов и овощей понижает качество продукции. Сухие фрукты и овощи должны сохранять свои естественные формы свежих плодов или же иметь искусственно приданную им правильную геометрическую форму. Моечные машины барабанного и кулачного типа наносят сырью в процессе работы некоторые механические повреждения.

В табл. 9 приводим техническую характеристику распространенного оборудования для мойки фруктов и овощей.

Таблица 9

Название машины	Марка	Производительность (в т/час)	Количество оборотов в минуту	Расход энергии (в кВт)	Общий вес машины (в кг)	Габариты машин (в мм)		
						длина	ширина	высота
Моечная с деревянным барабаном	Плодов. 6	2	20	2,5	180	2445	760	1250
Моечная с металлическим барабаном	Плодов. 7	2	50	2,5	180	2445	760	1250
Роторная	КМ-5	До 5	15	1,5	981	3860	1575	2140
Роторная	КМ-7	7,5	15	2	685	2935	970	2020
Коническая „Пирлес“	КМК	—	15	2	860	2810	1830	2182
Элеваторная	КМ-3	7,5	20	1,5	340	3760	834	1895

Количество оборотов моечных барабанов колеблется в пределах от 15 до 50 в минуту. Степень загрузки барабана сырьем составляет 0,25—0,5 полезного объема его.

Под полезным объемом следует понимать ту часть общего объема моечной машины, в которой происходит собственно перемешивание обмываемого сырья и ополаскивание его водой. В рассматриваемых нами конструкциях машин полезный объем составляет часть барабана, заполненную водой, что фактически является половиной его общего объема. Только лишь в случаях форсирования работы показатель степени заполнения объема барабана поднимается до 0,5.

Произведем примерный расчет количества загруженного в моечную машину сырья. Обозначим вес 1 м³ сырья через g , полезный объем моечной машины через W , коэффициент заполнения примем в 0,25, отсюда получаем произведение $0,25 gW$,

В зависимости от рода сырья и степени его засоренности, а также количества оборотов барабана в минуту продолжительность процесса мойки имеет значительные колебания. Примем, что при 35 об/мин эти показатели будут таковы (табл. 10).

Таблица 10

Наименование сырья	Степень засоренности	Продолжительность собственно процесса мойки (в сек.)
Морковь	5% (сухой песок, земля)	75
"	2% " " " " " "	50
Свекла	5% (налипшая, засохшая земля)	240
Картофель и свекла	5% " " " " " "	120
" " "	Относительной чистоты	90
" " "	Значительно загрязненный	180
Яблоки	Относительно чистые	40

Производительность Q данных машин в 1 час будет исчисляться согласно следующей формуле:

$$Q = \frac{0,25gW \cdot 3600}{t} \text{ K m/час,} \quad (3)$$

где:

$0,25\text{ g } W$ нам уже известны;

t — продолжительность процесса мойки загруженного материала в сек.;

K — поправочный коэффициент.

При расчетах машин и аппаратуры коэффициентом K обозначается соотношение между фактической (с учетом условий данного завода) и теоретической мощностью аппарата, исчисленной безотносительно к конкретным условиям завода.

В условиях наиболее рационально организованного производства коэффициент K должен приближаться к единице, открывая возможность повышения роста производительности труда.

• **Пример.** Определить производительность моечной машины для мойки яблок (ручной съемки). Коэффициент заполнения принимаем в 0,3. Вес 1 м³ яблок равен 0,5 т. Продолжительность процесса собственно мойки устанавливаем в 40 секунд, тогда

$$Q = \frac{0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,25 \cdot 3600}{40} \cdot 0,6 = 2,02 \text{ м/час.}$$

В сушильных цехах высоких мощностей наибольшим распространением пользуется кулачная моечная машина (рис. 10).

По всей длине кулачной мойки проходит железный вал, находящийся в подшипниках. На валу неподвижно закреплены деревянные или железные кулаки. Над дном мойки имеется решетка для отделения грязи. Последняя удаляется через спускные люки, которые могут быть расположены на боковой стенке корпуса мойки у самого дна или же в самом дне; последнее расположение наиболее удачно. Несмотря на некоторые различия среди встречающихся типов кулачных моек, все они сходны с кулачной мойкой Добровольского, распространенной в сахарной промышленности.

Наиболее распространенные габаритные размеры моек следующие:

Длина	Ширина	Высота
6000 мм	550 мм	1500 мм
4500 "	1750 "	1200 "
4000 "	1000 "	1000 "
2600 "	900 "	400 "

Вал кулачной мойки обычно делает 18 об/мин. Затрата механической энергии — 1,5—2,0 kW.

Производительность кулачной мойки принимается в 2400 кг плодовоовощного сырья в час на каждый кубический метр полезной емкости ее.

Кулачная моечная машина по длине разделена на две-три секции. При таком устройстве достигается достаточно высокий эффект процесса мойки, ибо сырье по мере продвижения попадает в более чистую воду. В конце последней секции на вал насажены выбрасывающие лопасти, которые подают прошедшее мойку сырье на следующую станцию.

Корпус моечной машины данного типа обычно делается бетонный или же клепанный из котельного железа.

Кулачная моечная машина, сконструированная Научно-исследовательским институтом плодовоовощной промышленности, отличается тем, что в ней легко отделяются всплывающая солома, листья. Это достигается тем, что зеркало воды всегда выше вращающихся кулаков, рабочий вал с кулаками таким образом несколько глубже расположен в корпусе машины, а выбросные лопасти, насаженные на отдельный небольшой вал, производят разгрузку мойки. Вал с выбросными лопастями сопряжен шестерней с основным валом.

Кулачные мойки работают от трансмиссии через ременную передачу.

Водяная коммуникация подводится к резервуару моечной машины со стороны разгрузки, чтобы создать противоток, чем повышается качество мойки. Подача сырья производится обычно с транспортера или шнека, в редких случаях загрузку производят вручную из корзин. Машина загружается сырьем лишь после наполнения ее резервуара водой до уровня расположения

вала и пуска барабана в работу. Отделение различных механических примесей в процессе мойки происходит в результате взаимного трения отдельных экземпляров сырья и трения последних о кулаки машины.

На мелких и примитивно оборудованных предприятиях мойка производится в деревянных чанах. Фрукты или овощи в специальных металлических ведрах опускают в чаны, наполненные примерно наполовину водой. Дно и бока ведер имеют на своей поверхности густую сеть отверстий диаметром от 0,25 до 0,5 см. Опущенное в чан ведро с сырьем сразу же наполняется водой. Достаточно несколько раз опустить ведро в чан, чтобы смыть с сырья грязь. Поднятое ведро захватывается специальным крючком и отгаливается по монорельсу к последующей технологической станции.

Габариты указанного оборудования таковы: верхний диаметр чана 800 мм, нижний — 600 мм, высота чана — 700 мм, верхний диаметр окружности ведра — 400 мм, нижний — 300 мм, высота ведра — 350 мм.

Производительность работы при таком способе примерно в пять-шесть раз ниже по сравнению с механизированным процессом мойки. Качество мойки также значительно ниже, а расход воды выше. Данный способ мойки применяется по отношению к ягодам и косточковым плодам.

В механизированных цехах для мойки ягодного сырья следует применять мойки транспортерно-душевого типа.

Большого внимания заслуживает внедрение на сушильных заводах вентиляторных моек, являющихся достаточно универсальными и обеспечивающих хорошую мойку сырья.

Необходимо указать, что сырье всех видов после мойки значительно теряет способность сохраняться даже после просушки, так как при мойке происходит некоторое нарушение эпидермального слоя, а при испарении поверхностной влаги понижается нормальное давление в клетках наружного покрова. После мойки сырье немедленно направляется для дальнейшей обработки.

Очистка сырья. Процесс очистки сырья преследует следующие цели:

- 1) освободить сырье от малосъедобной или несъедобной части;
- 2) придать сырию в связи с удалением малопроницаемого эпидермального слоя более высокую способность испарения влаги при проведении процесса сушки;
- 3) освободить сырье от излишнего «баласта» и придать ему более привлекательный вид.

С точки зрения необходимости проведения процесса очистки сырье можно разделить на четыре группы. К первой группе, подлежащей обязательной очистке, относятся все корнеплоды, картофель, капуста, лук. Ко второй группе, иногда перерабатываемой с кожцей и сердцевинной, относятся яблоки и груши;

лишь в отдельных случаях это сырье сушится без кожицы и сердцевины. Третья группа — вишня, слива — всегда перерабатывается без каких бы то ни было приемов механической обработки; лишь при производстве сухих фруктов по специальным заказам из особенно крупноплодного сырья вынимаются косточки, а абрикосы, персики разделяются на половинки. Четвертая группа — виноград, смородина, малина, черника — чистится лишь для отделения совершенно несъедобного цветоложа у малины или же плодоножек у остальных ягод.

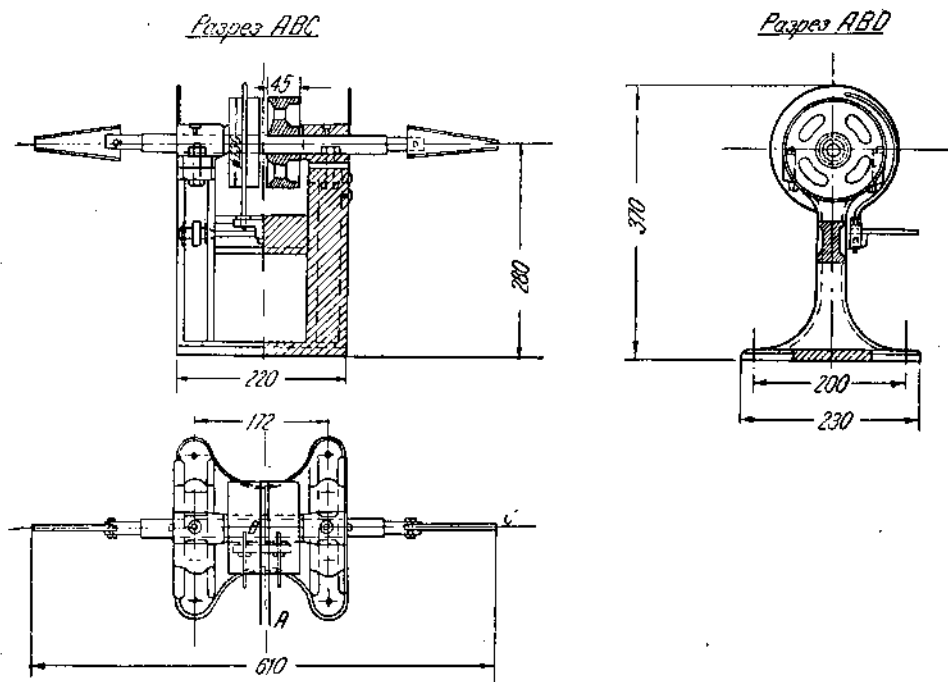


Рис. 11. Кочерыговыверливатель

У лука срезаются верхняя и нижняя части луковицы и снимаются наружные чешуи. С капусты прежде всего срубаются с нижней стороны наружные, интенсивно зеленые листья и выступающая часть стержня. Освобожденная от наружных листьев головка капусты разрубается на две половинки. Из каждой половинки ударами ножа удаляется кочерыга. Удаление последней целесообразнее производить при помощи кочерыговыверливателя (рис. 11). В этом случае головка не разрезается на две половины.

При очистке капусты нужно удалять гусениц, которые сплошь и рядом в значительном количестве находятся под наружными листьями.

Очистка зеленого горошка заключается в отделении зерен от стручков. Этот процесс называется лущением гороха. На рис. 12 показан продольный разрез одной из машин для лущения гороха. Такие машины обычно состоят из стальных сетчатых бара-

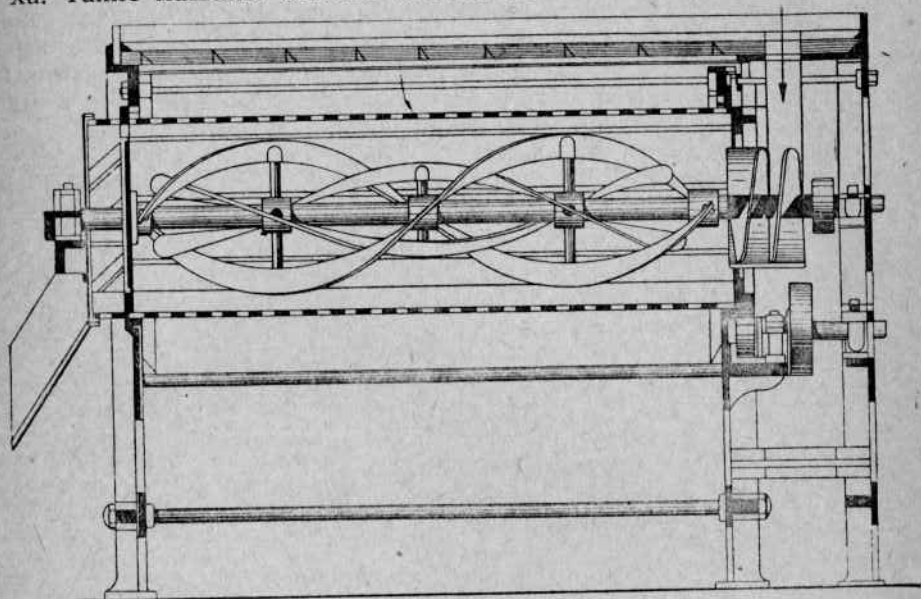


Рис. 12. Продольный разрез горохолушки Людерса

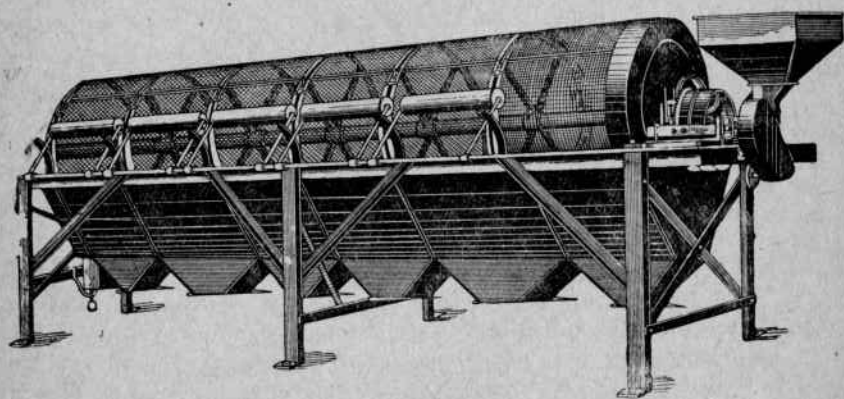


Рис. 13. Горохосортировка

банов, внутри которых вращающиеся била разбивают стручки. Зерна просыпаются через отверстия барабана и поступают на сортировочные машины барабанного типа (рис. 13), а шелуха

выбрасывается через специальные отверстия. Принцип работы этих машин такой же, как и машин для сортировки картофеля.

Предварительная очистка корнеплодов заключается в срезании верхних зеленых частей, имеющих твердые безвкусовые ткани, и тонких нижних и боковых корешков. После предварительной очистки корнеплоды освобождаются от загрязненных или же загнивших частей и направляются на мойку. Малая толщина корнеплодов определяет их недостаточную упругость, что необходимо для нормальной работы машин. Недоразвитые корнеплоды чистятся ручным способом. После предварительного среза кожицы соскребается ножами. Для такой работы удобно применять специальные ножи (рис. 14), приспособленные для срезов кожицы по принципу безопасных бритв. Особенно тщательной предварительной очистки требуют корни сельдерея; последние обычно покрыты густой сетью мелких корешков.

Очистка моркови, пастернака, петрушки производится также способом проверки в 2—4%-ном водном растворе щелочи с последующим охлаждением. Сырье, вторично подвергнутое меха-



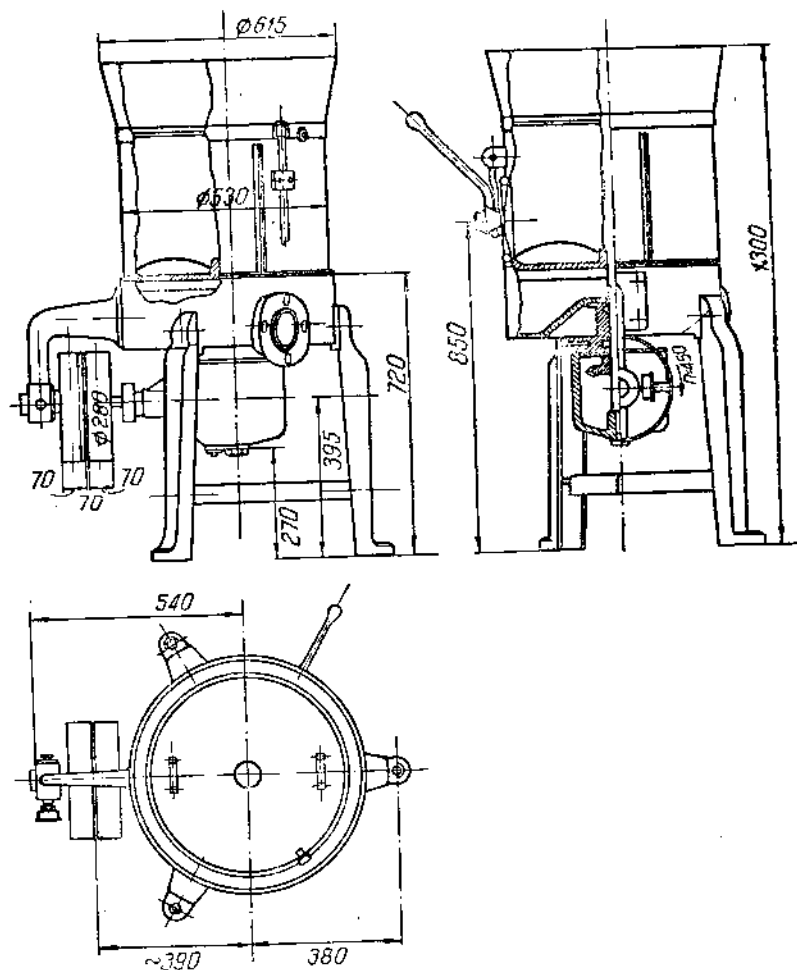
Рис. 14. Нож для очистки кожицы

нической мойке, освобождается от кожицы, лопающейся и отпадающей под воздействием высокой температуры и щелочной среды.

Картофель и нормально развитые корнеплоды чистятся на специальных машинах. Картофеле- или корнечистки, распространенные на наших заводах, имеют несколько конструкций (рис. 15 и 16). Общий принцип работы их заключается в том, что сырье в процессе чистки приводится в цилиндре машины во вращательное движение. Дно цилиндра, закрепленное на вертикальной оси, не соединено с нижними краями цилиндра. Ось дна соединена зубчатой конической передачей с валом, расположенным в горизонтальной плоскости. Последний имеет рабочий и холостой шкивы и приводится в движение от трансмиссии. Внутренняя поверхность дна цилиндра выпуклая, поэтому сырье получает центробежное движение, а отдельные части его, вращаясь вокруг своих осей, перемешиваются между собой. Внутренние стенки цилиндра как боковые, так и дна представляют собой шероховатую поверхность из специально насеченных железных пластин или железных пластин со специально набитым наждачным слоем.

Составление смеси и изготовление из нее набивки для чистильных машин производится следующим образом. При замесе

набивки в 16 кг расходуются следующие материалы: дробленый кремний с величиной зерна до 3 мм — 11,2 кг, магнезит в порошке — 2,6 кг, хлористый магний 35° Вё — 2,2 кг. Для получения раствора хлористого магния с 35° Вё кристаллы истираются в порошок, затем разводятся теплой водой до по-



Фиг. 15. Чистильная машина для овощей КЧК

казания ареометра в 37°. Затем этой жидкости дают отстояться в течение 3 час. и снова проверяют по ареометру, доводя показания его до 35°. Хлористый магний в виде раствора добавляется к кремнию и магнезиту в указанном выше количестве. Смесь тщательно перемешивается до получения тестообразной массы. Детали машины до обмазки тщательно очищаются от

грязи и ржавчины и промываются раствором хлористого магния. Обмазку производят при температуре не ниже 40° , усиленно утрамбовывая до тех пор, пока не покажется жидкость в виде молока. После обмазки поверхность тщательно покрывается войлоком. Подготовленные таким образом детали сушатся при

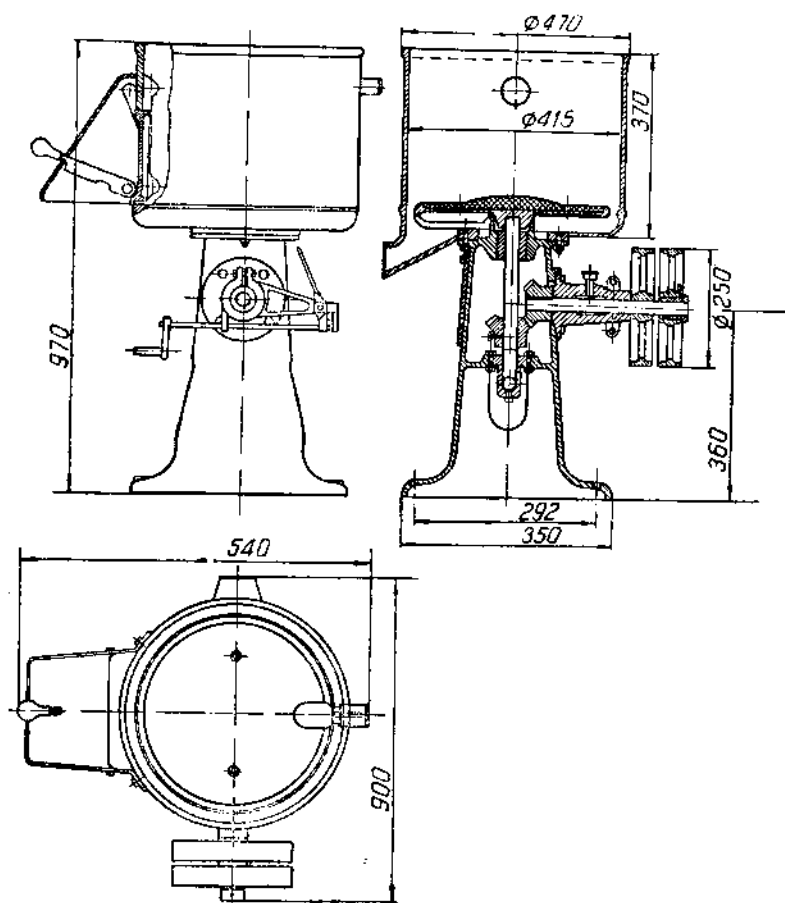


Рис. 16. Чистильная машина для овощей—„Плодовая-11“

температуре не ниже 40° в течение 6 суток. Хлористый магний можно заменить соляной кислотой крепостью 22° Вё.

Чистильные машины работают следующим порядком. Сырье засыпается в машину через приемный козырек. В результате трения овощей под влиянием центробежной силы о шероховатую поверхность цилиндра кожа сдирается и таким образом происходит очистка от наружных тканей. Перемешиванием овощей в середине цилиндра достигается одновременность в

очистке всех частей их. В цилиндр непрерывно подается вода, которая смывает снятые частицы кожицы. Отходы увлекаются водой, вытекающей через отверстие между цилиндром и вращающимся дном. Из-под машины они направляются в утильцех. Очищенное сырье через специальный люк в стенке цилиндра в нужный момент выбрасывается при помощи приспособленного рукава для дальнейшей обработки.

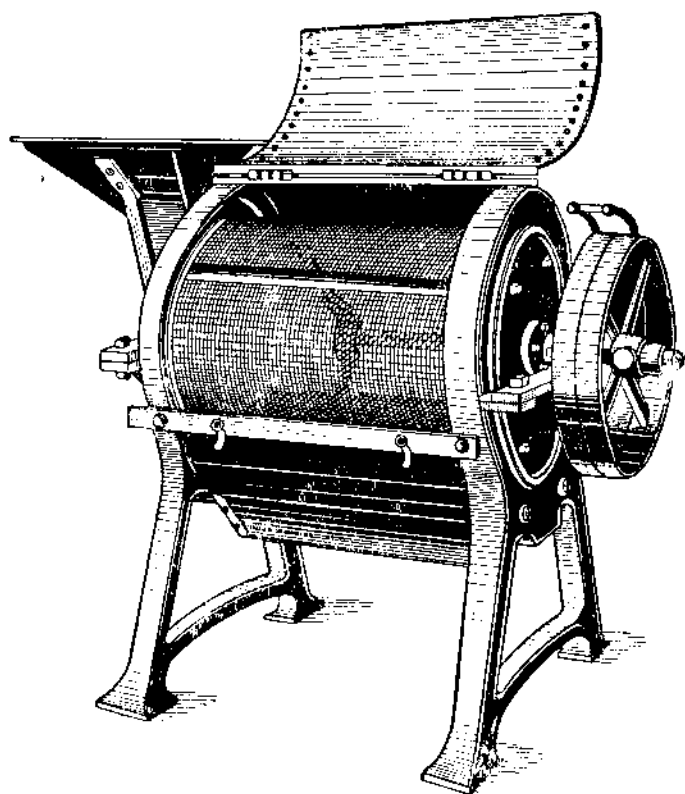


Рис. 17. Чистильная машина для моркови

Режим работы на чистильной машине (центрофуга) заключается в следующем. Необходимо периодически загружать сырье в машину, а также своевременно освобождать машину от очищенного сырья. Своевременная разгрузка машины требует особого внимания, ибо каждая $\frac{1}{4}$ мин. приносит излишнее количество отходов. Через открытый для разгрузки люк центробежной силой выбрасывается сырье. Степень очистки овощей в машине определяется по их внешнему виду. При работе на центрофугах необходимо тщательно регулировать количество подаваемой в машину воды. Это необходимо в целях экономии,

а также во избежание перегрузки водой утильцеха, куда направляются отходы. Недостаток воды для ополаскивания овощей в процессе их очистки приводит к задерживанию мякоти на их поверхности. В дальнейшем она попадает на измельчение и бланшировку. При бланшировке картофеля в воде или паром на поверхности частиц сырья образуется увеличенное количество крахмального клейстера, что отрицательно влияет на качество продукции.

Картофеле- и корнечистки не обеспечивают работы по принципу непрерывного потока, а ряд осложнений в отношении обслуживания указывает на необходимость создания новых конструкций или же улучшения существующих. Надо отметить, что производительность существующих машин очень незначительна, а потому возникает необходимость оборудовать станцию очистки при помощи целой батареи механизмов.

Для очистки моркови служат специальные машины барабанного типа. Вращающейся частью является цилиндр, оси которого расположены в горизонтальной плоскости; внутренняя поверхность шероховатая (рис. 17).

В табл. 11 приведены основные данные по оборудованию для очистки овощей.

Таблица 11

Название машины	Марка	Производительность (в т/час)	Количество оборотов в минуту	Расход энергии (в HP)	Общий вес (в кг)	Габариты (в мм)		
						длина	ширина	высота
Корне- и картофеле- чистки	Коопмет	0,3	200	0,65	—	650	800	1400
Корне- и картофеле- чистки	Механолит	0,3	250	0,65	—	600	700	1150
Корне- и картофеле- чистки	Виктория	0,72	225	1,6	222	850	650	1300
Корне- и картофеле- чистки	КЧК-6	0,45	175	0,75	140	900	540	970
Кочерыжный аппа- рат	I	3,0	200	0,25	26	610	230	370

Ориентировочные показатели необходимого времени на обработку загруженного в центрофугу сырья иллюстрируются табл. 12.

После очистки на поверхности наблюдаются некоторые углубления, которые остаются нетронутыми и потому имеют темный цвет незатронутой кожицы. Последнее обстоятельство заставляет производить ручную зачистку картофеля и корней. Для этой

Сырье	Продолжительность обработки (в мин.)	Качество сырья			
		длина (в см)	диаметр (в см)	количество в 1 кг (в шт.)	вес (в г)
Картофель	1,8—2	10,7	5,9	6,5	От 200 до 160
Свекла	1,8—2	7	11,5	2	„ 700 „ 350
Морковь	1,8—2	18,5	5,3	3,5	„ 350 „ 220

работы удобно пользоваться специальными ножами с ложечкообразными лезвиями (рис. 18). Иногда в зависимости от степени бугристости поверхности овощей приходится дочищать отдельные лишь экземпляры, а не все сырье. Последний способ является наиболее распространенным.

Очистка яблок и груш от кожицы и сердцевины — достаточно сложный процесс с точки зрения его механизации. Формы плодов и их внутреннее строение требуют внедрения сложных механизмов.

Механизмы для очистки семячковых плодов подразделяются на машины, которые снимают кожицу и одновременно вырезают



Рис. 18. Ложечкообразный нож

сердцевину, и на машины, которые наряду с прочими процессами разрезают плоды на пластинки нужной толщины.

Работа механизма для очистки плодов протекает так. Яблоки насаживаются поочередно на вилки вращающихся шпинделей. Каждый из трех шпинделей включается в работу лишь при периодическом повороте револьверной головки на $\frac{1}{3}$ оборота. Специальный нож снимает кожицу с яблока, которое крепко держится на шпинделе, оборачивающемся вокруг своей оси. Процессы вырезания сердцевины и сбрасывания очищенного яблока автоматизированы. Ножи, срезающие кожицу, приспособлены для регулировки толщины снимаемой кожицы. Специальная пружина позволяет ножу в зависимости от формы яблока поворачиваться под нужным углом. Нож должен быть сделан из кислотоупорного металла, ибо в процессе работы происходит окисление такового, что приводит к потемнению плодовой мякоти. Это соображение относится в одинаковой степени ко всем инструментам и режущим деталям машин. Наибо-

лее распространенным типом машин является „Columbia“. Производительность машины данной конструкции при работе от привода — 200 яблок в час.

При очистке фруктов и овощей нужно иметь в виду, что после снятия эпидермального слоя создаются чрезвычайно благоприятные условия для ферментативных процессов. При воздействии оксидазы происходит окисление дубильных веществ кислородом воздуха. При этом процессе образуются темноокрашенные вещества, так называемые флобафены. В картофеле вследствие присутствия фермента тирозиназа, который окисляет органическое соединение тирозин, наблюдается также потемнение. Последнее собственно наблюдается и у иных видов овощей, однако в меньшей степени.

Ввиду того что на производстве совершенно не допускается оставление без воды очищенного сырья, как-то: яблок, груш, картофеля, свеклы, особенно в цехах, недостаточно механизированных, все очищенное сырье, задерживающееся в отделении чистки, заливается водой. В практике для заливания очищенного сырья применяется главным образом 3%-ный раствор соли в воде, который до некоторой степени парализует деятельность ферментов. Однако на предприятии нужно предусматривать непре-

Таблица 13

Название фруктов и овощей	Качество сырья (величина)	Способ очистки	Процент отхо- дов
Морковь столовая . . .	Длина 11 см, наиб. 29 см, вес 64 г	Механический	14
Свекла сибирская . . .	Длина 7,5 см наиб. 9,5 „	„	12—14
Картофель	1 — 2,4 „	„	30
„	2,5—4 „	„	21
„	4—6 „	„	19
„	6 „	„	24
Лук	Смесь разн. Средний	Ручной	7—8
Капуста	Мелкий	„	8—12
Яблоки	Средние	Механический (кожи- ца и сердцевина)	15
Груши	„	То же	20—25
Черешня без косточек .	—	—	25—30
Слива без косточек . .	—	—	15—20
Абрикосы, персики без косточек	—	Половинки	12—15
			8—14

рывность потока процессов производства, что избавляет производителей от хранения очищенного сырья в растворах.

Данные о количестве отходов в процессе очистки различных фруктов и овощей приведены в табл. 13.

Производительность чистильных машин для овощей исчисляется по формуле:

$$Q = \frac{Vg \cdot 3600}{t} K \text{ м/час}, \quad (4)$$

где:

Q — производительность в м/час,

V — объем рабочей части центрофуги, который исчисляется:

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4},$$

где:

h — высота от диска до верхних краев набивки или шероховатой поверхности;

g — вес 1 м³ обрабатываемого сырья;

t — время в сек., затрачиваемое на очистку загружаемой порции;

K — поправочный коэффициент.

Произведем примерный расчет. Нужно определить часовую производительность центрофуги по очистке свеклы. Находим размеры рабочих поверхностей и рабочего объема цилиндра:

$h = 20$ см, $d = 35$ см, откуда

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,35^2 \cdot 0,20}{4} = 0,02 \text{ м}^3.$$

Вес 1 м³ свеклы 0,6 т. Продолжительность собственно процесса очистки 165 сек. Поправочный коэффициент, определяющий соотношение между временем на собственно очистку загружаемой порции и общим временем по оперированию с загружаемой и выгружаемой порциями, определяем в 0,8. Тогда

$$Q = \frac{0,02 \cdot 0,6 \cdot 3600}{165} \cdot 0,8 = 0,2 \text{ м/час}.$$

Произведем подсчет производительности центрофуги по очистке картофеля на машине с такими размерами.

$$h = 25 \text{ см}, d = 41 \text{ см},$$

откуда:

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,41^2 \cdot 0,25}{4} = 0,033 \text{ м}^3.$$

Вес 1 м³ картофеля 0,65 т. Продолжительность собственно процесса очистки 230 сек. K принимаем равным 0,8.

Тогда:

$$Q = \frac{0,033 \cdot 0,65 \cdot 3600}{230} \cdot 0,8 = 0,27 \text{ т/час.}$$

При тех же данных, но при затрате времени на собственно очистку загружаемой в центрофугу порции сырья в 165 сек.

$$Q = \frac{0,033 \cdot 0,65 \cdot 3600}{165} \cdot 0,8 = 0,37 \text{ м}^3/\text{час} = 0,4 \text{ м}^3/\text{час}.$$

На ручной дочистке отраслевой конференцией плодоовощной промышленности установлены следующие нормы выработки (Серпухов, 1936 г.):

Картофель диаметром	от 3 до 5 см	200	кг в смену
"	свыше 5 "	250	" "
Свекла	8 "	460	" "
"	свыше 8 "	650	" "
Морковь	"	375	" "
Капуста (чистка листьев)	"	2 200	" "
Лук диаметром	от 3 до 5 см	60	" "
"	свыше 5 "	110	" "

Измельчение. Измельчение сырья производится прежде всего для достижения наибольшего соотношения между поверхностью и массой высушиваемого материала. Это одно из основных положений теории сушки.

Максимальное измельчение сырья ускоряет процесс сушки. Толщина измельченного сырья имеет значение в отношении скорости диффузии паров воды из измельченного высушиваемого сырья и теплопередачи с поверхности частиц к их середине. Gröber, изучавший при одной и той же толщине наилучшие формы тел в отношении выравнивания температур для выявления картины теплопередачи, считает лучшими формами шар, куб и цилиндр с диаметром, равным высоте, затем идет удлиненный цилиндр и на последнем месте — широкая пластинка. Эти опыты Gröber и Hirsch рекомендуют использовать для заключения о выборе наилучших форм при изучении процессов диффузии. Явления последней и теплопроводности подчиняются в основном одним и тем же физическим законам. Преимущество формы измельчения лапшой по сравнению с кружками в отношении быстроты процессов сушки достаточно ясно из работ Стешко С. П. по сушке цикория. Достаточно интересной является идея применения в сушильном производстве желобчатой формы стружки, принятой для измельчения сахарной свеклы.

При выборе форм измельчения фруктов и овощей принимаются во внимание соображения не только физико-технического характера, а также и кулинарного или товароведческого. Так, при изготовлении одних видов сухих овощей, как например пюре, возможна форма измельчения моркови и картофеля хлопьями, для сушеных же супов принята форма измельчения

стружкой или пластинками. Груша, например, перерабатывается обычно в целом виде, и только из сырья высокого качества снимается кожица, после чего плоды разделяются на две или четыре части. Яблоки сушат в целом виде, без кожицы и с вынутой сердцевинкой. Косточковые плоды вследствие измельчения теряют значительное количество сока, что снижает их качество. Однако по отдельным заказам из сырья высокого качества иногда вырабатывают сушеные сливы и вишни без косточек. Картофель и корнеплоды измельчаются только в виде стружки, картофель, однако, можно измельчать и в виде пластинок. Лук и яблоки измельчаются исключительно в виде пластинок, некоторые виды овощей, как уже указывалось, — в виде хлопьев.

На наших заводах распространены машины для измельчения, представляющие собой резальные станки, ножи которых расположены в вертикальной или горизонтальной плоскости. Измельченные частицы получают ту или иную форму в зависимости от формы главной детали машины — ножей. Ножи изготавливаются из стальных пластинок, фрезерованием или штампованием которых и создаются профили требуемой конструкции.

Примерная толщина срезов принята для картофеля, а также для других видов овощей 5—6 мм, для яблок — 7 мм. В зависимости от этих размеров устанавливают и высоту подъема ножей.

Количество оборотов приводного шкива машины обычно 150—250 в минуту.

Техническую производительность резальной машины с диском, установленным в горизонтальном положении, рассчитывают по формуле:

$$Q = 3600 \cdot v l d g P K \text{ т/час.} \quad (5)$$

где:

- v — окружная скорость ножей в м/сек;
- l — рабочая длина ножей в м;
- d — рабочая высота ножей в м;
- g — вес 1 м³ сырья;
- P — отношение активного пути ножа к полному ходу;
- K — поправочный коэффициент.

Приведем пример расчета. Выяснить степень использования обычной резальной машины, принимая, что такая машина установлена для работы в цехе, оборудованном сушильным аппаратом шкафного типа «Даква» для переработки яблок. Потребность сырья яблок в час 50 кг (вес 1 м³ яблок 0,5 т).

Длина обеих лезвий ножей составляет 0,4 м. Проверив количество оборотов приводного шкива, которое равняется 250 в минуту, находим количество оборотов диска и учитываем соотношение между количеством зубьев передаточных шестерен:

$$Z_1 = 36; Z_2 = 12; n = \frac{12}{36} \cdot 250 = 83,3 \text{ об/мин.}$$

Окружная скорость:

$$v = \frac{\pi d^2 n}{60} \text{ м/сек};$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,28 \cdot 83,3}{60} = 1,22 \text{ м/сек};$$

по подсчету $P = 0,98$; принимаем $K = 0,7$.

$$Q = 3600 \cdot 1,22 \cdot 0,4 \cdot 0,007 \cdot 0,5 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 1,78 \text{ т/час.}$$

Измельчение сырья на предприятиях, которые не имеют источников механической энергии, производится ручным способом. Для этого употребляют машины типа «Герцог» (рис. 19). Во время выдвигания ручки, придавливающей детали, в рукав забрасываются два-три яблока или клубня картофеля. Придавливающая деталь двигается по рукаву в направлении пожей. На конце

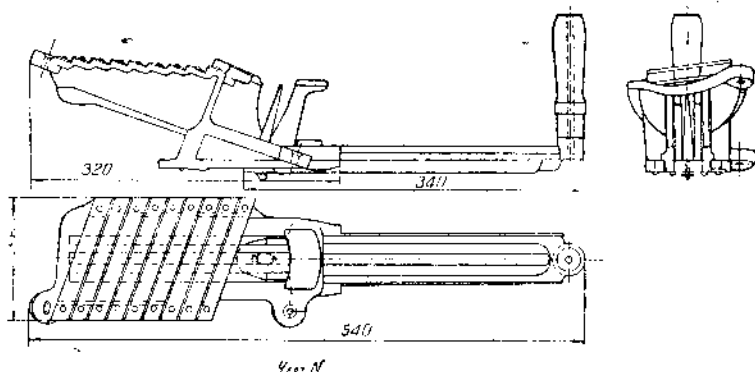


Рис. 19. Ручная яблокорезальная машина „Герцог“

она имеет срез, угол которого соответствует линии наклона ножей, расположенных ступенями. Ножи лезвиями направлены в сторону загрузки сырья. Разрезанное на пластики сырье выпадает через просветы между ними. Недостатком конструктивного порядка является невозможность регулировать расстояние между ножами в зависимости от необходимой толщины измельчения.

Качество работы резальных машин должно расцениваться не только с точки зрения их производительности и удобства обслуживания, но также в зависимости и от качества стружки, т. е. той геометрической формы, получение которой предусматривается данной конструкцией машины (собственно профилем ножей). В этом отношении главное значение имеет качество самого сырья и прежде всего его размеры: чем больше размеры яблок, моркови и пр., тем меньший получается процент деформированных частиц.

Задачей регулирования работы машины является выяснение оптимальных скоростей движения ножей, устранение вибрирования диска и подбрасывания измельчаемого сырья, укрепление на диске лезвий нужной остроты, чтобы обеспечить работу механизма в отношении необходимой производительности и достичь минимального процента деформированного, посеченного сырья, который не должен превышать для корнеплодов 5%.

Надо заметить, что наличие крошки приводит к просыпанию ее через сита во время оперирования с ними или с вагонетками, на которых размещаются сита в сушильных аппаратах.

Характерное анатомическое строение такого рода сырья, как капуста, заставляет измельчать ее на специальных шинковальных машинах. Основным отличием этих машин является серповидная форма ножей, которых в диске насчитывается обычно от 7 до 11. При измельчении капусты ножами с прямолинейными лезвиями, а не серповидной формы, измельченное сырье не могло бы иметь правильной формы стружки; получались бы разной ширины стружка и отдельные куски.

Стандартная ширина капустной стружки для квашения в США принята в 2 мм; для сушки эта ширина должна быть увеличена до 3—3,5 мм.

В табл. 14 приведен ряд данных об установках для измельчения плодов и овощей (рис. 20—25), а в табл. 15 — виды измельчения сырья.

Таблица 14

Название машины	Марка	Производительность (в кг/час)	Количество оборотов приводного шкива в минуту	Расход энергии (в НР)	Общий вес (в кг)	Габариты (в мм)			Передаточное число
						высота	длина	ширина	
Резальная машина „Гейкс“ . . .	—	—	250	1,5	—	1190	827	700	1/3
Яблорезальная машина	Плодов. 5	—	—	—	—	—	540	—	—
Капусторезка	—	1400	360	1,6	—	1585	1150	750	20/30
Шинковальная машина	Плодов. 4	4500	250	1,5	150	950	705	—	—
Шинковальная машина 11-пожевая	3	4000	250	2,0	180	1375	840	1045	—
Шинковальная машина 7-пожевая	2	2000	250	1,2	150	1375	880	870	—
Морковорезка	KPM	500	160	1	186	1315	996	860	—
Американская корпорезка	KPK	280—550	160—225	1,5	290	1606	1375	560	—
Корнерезка (1 диска 120 мм, 1 ножей 100 мм)	Механолит	—	—	—	—	500	500	500	1/3

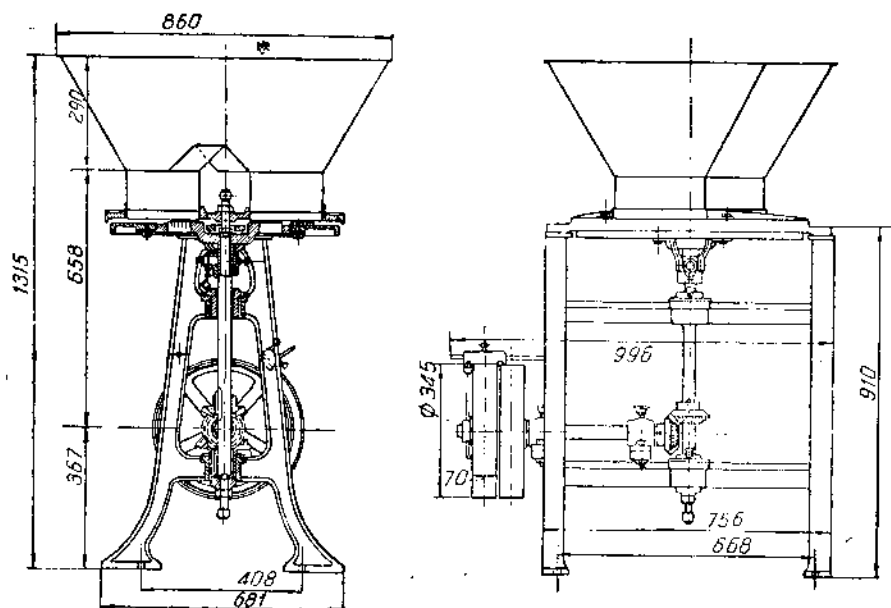


Рис. 20. Морковорезка

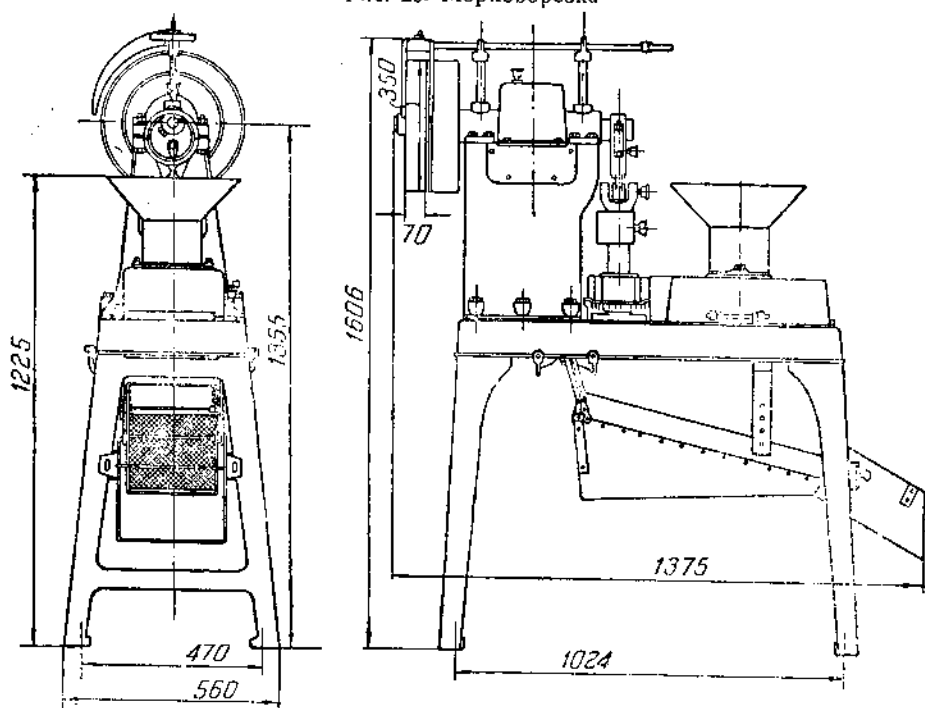


Рис. 21. Американская корнерезка

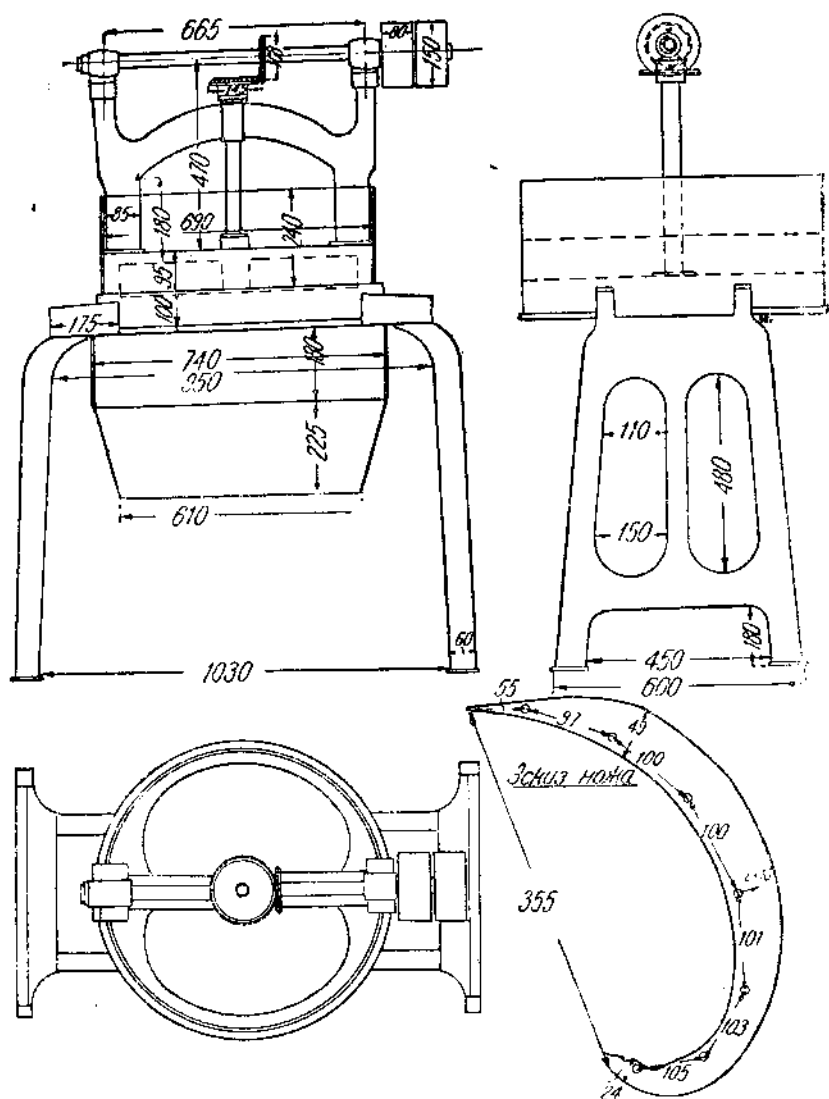


Рис. 22. Капусторезка

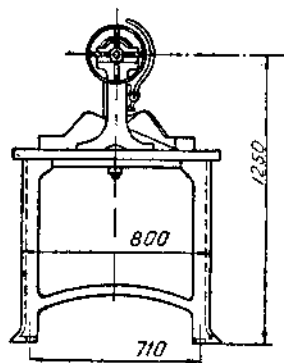
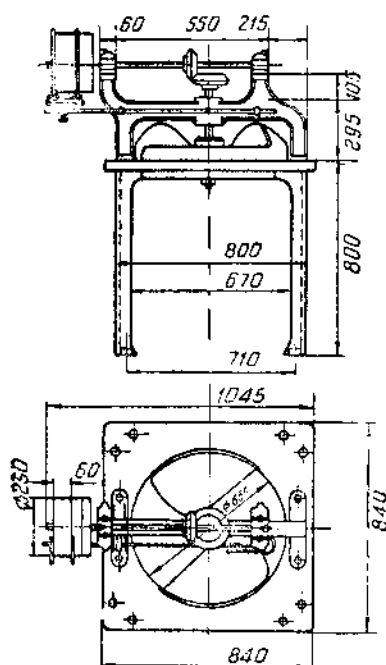


Рис. 23. 11-ножевая шин-
ковальная машина

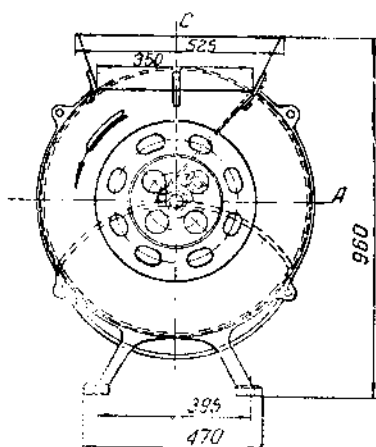
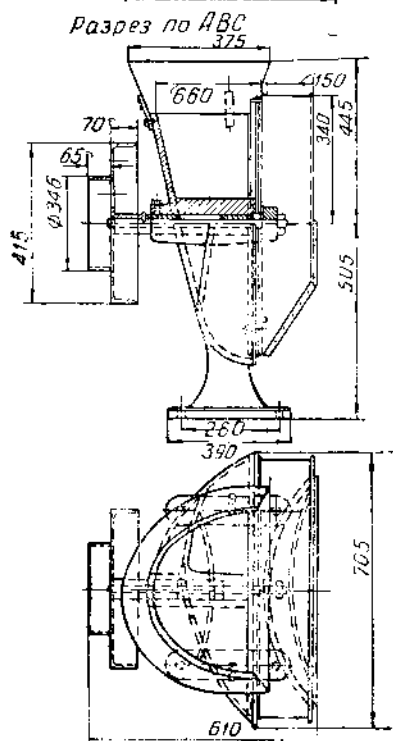


Рис. 24. 7-ножевая шинковальная машина

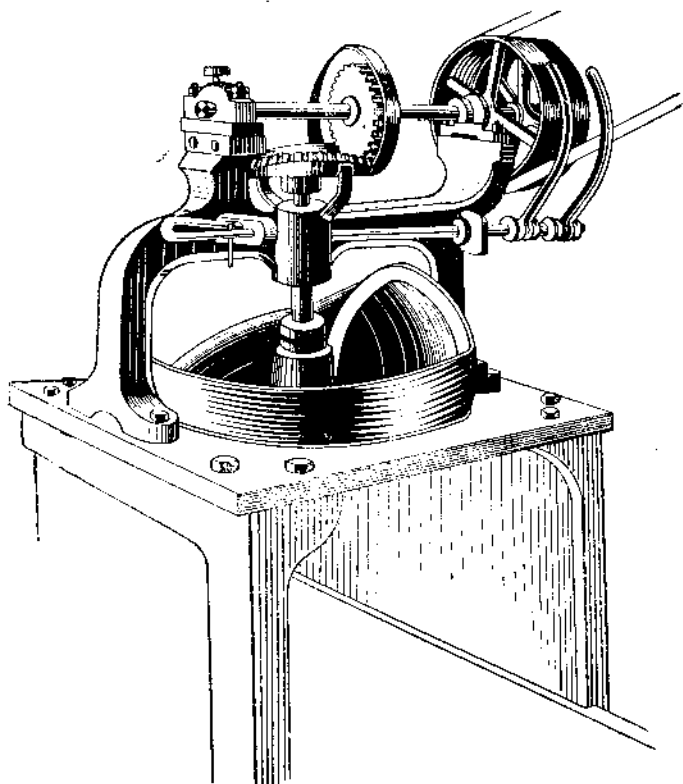


Рис. 25. Шинковальная машина

Таблица 15

Виды измельчения сырья

Наименование сырья	Форма измельченных частиц	Размеры измельченных частиц
Зелень	Черенки, пластинки, лист	3—6 см длиной
Капуста	Шинковка	3—4 мм шириной
Капуста цветная	Отдельные частицы соцветий или их половинки	—
Горох, фасоль лапач.	Ломтики	1,2—2 см длиной
Корнеплоды	Липша	3—5 мм шириной
Картофель	Кружки	4—7 " "
Лук репчатый	Пластинки	3—5 " толщиной
Тыква	Кружки	6 " "
Томаты	Ломтики	6 " "
Ревень	Кружки (целые, половинки, четвертушки)	1,5—2 см длиной
Яблоки	Целые или половинки	6 мм толщиной
Груша	То же	
Абрикосы, персики		

Бланшировка. Сущность бланшировки заключается в прогревании сырья в течение известного промежутка времени в кипящей воде или паре. Процесс бланшировки вносит в сырье ряд изменений физико-химического порядка.

Под воздействием высокой температуры белковые вещества свертываются, частично теряются ароматические вещества и разрушаются энзимы.

По-французски «blanchir» означает белить, отбеливать, отсюда название бланшировка.

Цвет желтой моркови, который зависит от наличия красящего вещества каротина, при бланшировке не изменяется, содержащийся же в свекле антоциан является веществом, растворимым в воде, поэтому при чрезмерном бланшировании свекла обесцвечивается.

Морковь и свекла в процессе бланшировки увеличиваются в объеме от 1 до 6%, что связано с расширением тканей. Вместе с тем в тканях происходит понижение внутреннего напряжения клеток, или явление плазмолиза. Последнее имеет место в результате частичной потери воздуха из межклеточных пространств, свертывания белков и диффузии растворимых веществ, вследствие чего сырье, подвергавшееся процессу бланшировки, становится дряблым.

Кроме высказанных соображений в отношении устранения потемнения существуют также утверждения, что бланшированное сырье значительно быстрее отдает влагу при сушке.

Таблица 16

Наименование сырья	Длительность бланшировки (в мин.)	Продолжительность сушки (в час.)			Потери при бланшировке по отношению к первоначальному содержанию в сырье (в %)			Внешний вид после бланшировки
		бланшировка	небланшировка	разница	сахар	кислота	крахмал	
В а р и а н т 1								
Сливы	0,5	20,4	21,17	1,23	0,038	—	—	Кожица целая
Яблоки	0,5	7,75	7,8	0,05	14,9	1,42	—	Без заметного изменения
Груши	5	22,3	25,0	2,7	12,01	—	—	То же
Морковь	0,5	12,7	13,95	1,25	12,81	—	—	Окраска более интенсивная, чем у бланшированного продукта
Картофель	1	9,6	11,7	2,1	—	—	2,25	Без изменения
Свекла столовая	0,5	7,05	8,12	1,07	8,4	—	—	Окраска слабее, чем в сыром продукте

Наименование сырья	Длительность бланшировки (в мин.)	Продолжительность сушки (в час.)			Потери при бланшировке по отношению к первоначальному содержанию в сырье (в %)			Внешний вид после бланшировки
		бланшировка	небланшировка	разница	сахар	кислота	крахмал	
В а р и а н т 2								
Сливы . .	1	19,1	21,1	2,0	0,04	—	—	Кожица целая, еле заметные трещинки, цвет мякоти желтоватый, заметно некоторое размягчение Заметна некоторая прозрачность Плод прозрачный и эластичный Цвет яркооранжевый, продукт прозрачный и эластичный Прозрачный
Яблоки . .	1	7,53	7,5	0,03	16,84	1,83	—	
Груши . .	10	19,5	24,08	4,58	12,85	—	—	
Морковь . .	1,5	11,9	14,45	2,55	13,33	—	—	
Картофель	2	9,5	12,9	3,4	—	—	2,54	
Свекла столовая . .	1,5	6,57	8,45	2,88	8,93	—	—	Цвет яркокрасный, продукт прозрачный и эластичный
В а р и а н т 3								
Сливы . .	1,5	19,1	21,2	2,19	0,11	—	—	Кожица лопнувшая, некоторые из плодов деформированы, плоды мягки Плод разваренный, с рыхлой поверхностью Плод прозрачный, на поверхности разреза рыхлый Цвет тот же, плод в верхнем слое рыхлый Разваренный
Яблоки . .	1,5	7,31	7,2	0,11	19,7	3,12	—	
Груши . .	5	18,7	23,9	5,2	15,1	—	—	
Морковь . .	2,5	12,3	13,95	1,65	15,85	—	—	
Картофель	3	9,3	11,8	2,5	—	—	2,94	
Свекла столовая . .	2,5	6,12	8,0	1,88	12,52	—	—	Продукт слабой окраски с рыхлой поверхностью

В табл. 16 на основании работ Ковальчука Ф. И. и Капляна М. Д. приведен ряд данных о влиянии различной продолжительности процесса бланшировки на продолжительность процесса сушки с одновременным учетом происходящих при бланшировке потерь.

Температура бланшировки колеблется в пределах от 99 до 102°С. При бланшировке в воде потеря растворимых питатель-

ных веществ больше, чем при бланшировке паром. Так, по данным Юрпалова М. П. изменение в химическом составе в условиях различных способов бланшировки представляется в следующем виде (табл. 17).

Таблица 17

Наименование сырья	Способ бланшировки	Влажность (в %)	Содержание сухих веществ (в %)
Морковь	Небланшированная	83,93	16,07
„	Паром 8 мин. в измельченном виде	84,67	15,33
„	В кипящей воде 8 мин.	86,34	13,66
Свекла	Небланшированная	87,9	12,1
„	Паром 8 мин. в измельченном виде	88,4	11,6
„	В кипящей воде 8 мин.	90,39	9,61

По данным того же автора в табл. 18 и 19 приводим сравнительные показатели в отношении потерь сахаров в сырье в зависимости от продолжительности и температур бланшировки, а также количества употребляемой воды.

Таблица 18

Наименование сырья	Способ бланшировки	Продолжительность бланшировки (в мин.)	Температура бланшировки (в °C)	Количество сахаров после бланшировки (в %)
Свекла	Небланшированная	—	—	7,66
„	В воде	5	100	6,72
„	„	10	100	6,36
„	„	10	90	6,42
„	„	10	85	6,5
Морковь	Небланшированная	—	—	7,62
„	В воде	5	100	6,66
„	„	10	100	6,22
„	„	10	90	6,32
„	„	10	85	6,42

Таблица 19

Наименование сырья	Способ бланшировки	Продолжительность бланшировки (в мин.)	Соотношение между количеством сырья и водой	Количество сахаров после бланшировки (в %)
Свекла	В кипящей воде	7	1 : 4	6,02
„	„ „	7	1 : 8	5,76
„	„ „	7	1 : 12	5,62
Морковь	„ „	7	1 : 4	5,40
„	„ „	7	1 : 8	5,28
„	„ „	7	1 : 12	5,20

По проф. Ермилову С. А. потери сухих веществ в процессе бланшировки картофеля водой и паром достигают (в %):

	Сырье до бланшировки	Сырье после бланшировки паром	Сырье после бланшировки водой
Вода	32,87	83,9	82,55
Азотистые вещества	1,9	1,78	1,52
Крахмал	14,8	12,87	13,89
Минеральные вещества	1,02	0,93	0,62

Приведенные данные показывают, что бланшировка паром представляет собой более совершенный способ борьбы с потерями. Действительно, если ополаскивание с поверхности экстрактивных веществ происходит в процессе бланшировки паром лишь за счет конденсируемого на частицах сырья пара, то при бланшировке в воде степень вымывания экстрактивных веществ значительно увеличивается вследствие диффузии растворимых веществ. При обоих способах бланшировки решающим признаком, определяющим качество процесса, является максимальное однообразие размеров и форм частиц сырья, а также химического состава. Указанные требования способствуют наибольшей равномерности размягчения сырья. При правильном проведении бланшировки не должны получаться части разваренного, а также недобланшированного сырья.

В процессе бланшировки сырье находится как бы в полупроваренном состоянии, теряя частично естественную твердость и упругость и не приобретая вкуса вареного продукта. При бланшировке происходит не только частичное вымывание экстрактивных веществ, но и частичный переход в бланшируемое сырье растворимых в воде солей K, Na, Ca, Mg, Fe и др.

Каково значение воды при бланшировке, видно из приведенной ниже таблицы. Так, при бланшировке зеленого горошка имеют место следующие характерные изменения в количестве минеральных солей в воде и бланшированном сырье:

Продолжительность бланшировки (в мин.)	Потеря извести в воде (в %)	Поглощено горошком CaSO_3 (в %)
2	13	0,007
4	47	0,025
6	62	0,033
10	67	0,036
15	69	0,037

Установлено, что из воды с низкой жесткостью за одинаковый промежуток времени поглощается при бланшировке примерно в два раза меньше солей, чем из воды с высокой жесткостью.

В жесткой воде процесс бланшировки имеет большую продолжительность, к тому же в обрабатываемый материал вводятся совершенно несвойственные ему количества солей. В Германии принята следующая классификация жесткости воды:

0—4°	очень мягкая
4—8°	мягкая
8—12°	средней жесткости
12—18°	достаточно жесткая
18—30°	жесткая
30° и выше	очень жесткая

Немецкий градус жесткости равняется 10 мг СаО или эквивалентному количеству 7,14 мг MgO; в США жесткость выражается количеством СаСО₃ в миллионах частей воды. Немецкий градус составляет 17,8 американского градуса. По проф. Ермилову С. А. для бланшировки не следует применять воду с жесткостью выше 20 немецких градусов.

Обрабатываемое сырье после бланшировки охлаждается в холодной воде. Это делается с той целью, чтобы сразу понизить температуру, предупредить дальнейшее размягчение и деформацию фруктов и овощей или их частиц. При бланшировке картофеля эта операция необходима также для удаления крахмального клейстера с поверхности частиц. Последний образуется под воздействием высокой температуры бланшировки и в дальнейшем может задерживать при сушке процесс испарения воды.

Оценка воды с санитарно-гигиенической точки зрения является чрезвычайно важной. Качество воды устанавливается гигиенистами в зависимости от наличия в ней кишечных палочек. Спутниками таковых могут быть бактерии, которые являются возбудителями заболеваний. Тот наименьший объем воды, выраженный в кубических сантиметрах, в котором еще встречается кишечная палочка (*Bacterium coli communis*), называется *coli*-титром.

Английский ученый Уайплз подразделяет воду на пять классов согласно содержащимся в ней кишечным палочкам:

	Объем воды в см ³ , в котором находится одна палочка
1. Здоровая	100
2. Достаточно здоровая	10
3. Подозрительная	1
4. Нездоровая	0,1
5. Совсем нездоровая	0,01

Большое значение в санитарном отношении имеет также количество содержащихся в воде органических веществ животного и растительного происхождения, а также цвет воды.

Ряд конгрессов по вопросам качества воды указывал на предельные количества примесей в воде. Превышения указываемых

норм определяют воду как негодную для питья. В 1 л хорошей питьевой воды после высунивания сухой остаток не должен превышать 500—600 мг:

Окиси кальция и магния	180—200 мг
Азотистой кислоты	0
Аммиака	0
Азотной кислоты	2—20 мг
Серной	2—100 "
Хлора	2—30 "

Вода не должна содержать кишечной палочки в пробе (100—400 см³). Органических веществ в 1 л воды должно быть не больше такого количества, которое окисляется 2—10 мг хамелона (окисляемость воды).

Количество железа в воде не должно быть выше 0,2—0,4 мг на литр.

Указанные предельные нормы для воды требуют еще более глубокой проработки.

Процесс бланшировки в воде производится в двутельных паровых медных котлах (рис. 26 и 27). Пар, заключенный в межстенном пространстве котла, обогревает воду; закипание происходит в течение нескольких минут. Сконденсировавшийся пар выводится в общую конденсационную линию, проходя конденсационный горшок. При помощи пускового вентиля регулируются степень и продолжительность нагревания воды в котле. На трубе, отводящей пар, у самого корпуса котла устанавливается клапан для поддержания известного давления пара в паровом пространстве. Выводящая конденсационная труба располагается на внутренней поверхности наружной стенки котла, у самой низкой точки межстенного пространства. Вводящая и отводящая пар трубки служат одновременно осью, на которой при помощи рычага котла может приводиться в наклонное положение на 90°. Поворачивание котла производится во время мойки его. На наружной стенке котла с боковой стороны имеется контрольный краник, необходимый для выпуска пара в аварийных случаях, как например, при порче пускового вентиля, обратного клапана и др. Через дно котла проходит спускной кран для спуска воды из котла в процессе работы.

Описанные котлы изготавливаются чаще всего емкостью от 100 до 150 л. Наиболее удобными формами котлов для бланшировки являются глубокие, а не плоские.

Смена воды при бланшировке производится в зависимости от загрязнения. Чем ниже температура воды для охлаждения, тем быстрее происходит оно, что положительно отражается на качестве продукции. Совершенно недопустимым является способ охлаждения бланшируемого сырья путем ополаскивания его в

ведре водой из прорезиненного шланга. При таком методе не только происходит неравномерно охлаждение сырья, но также наблюдается значительное вымывание экстрактивных веществ с поверхности сырья.

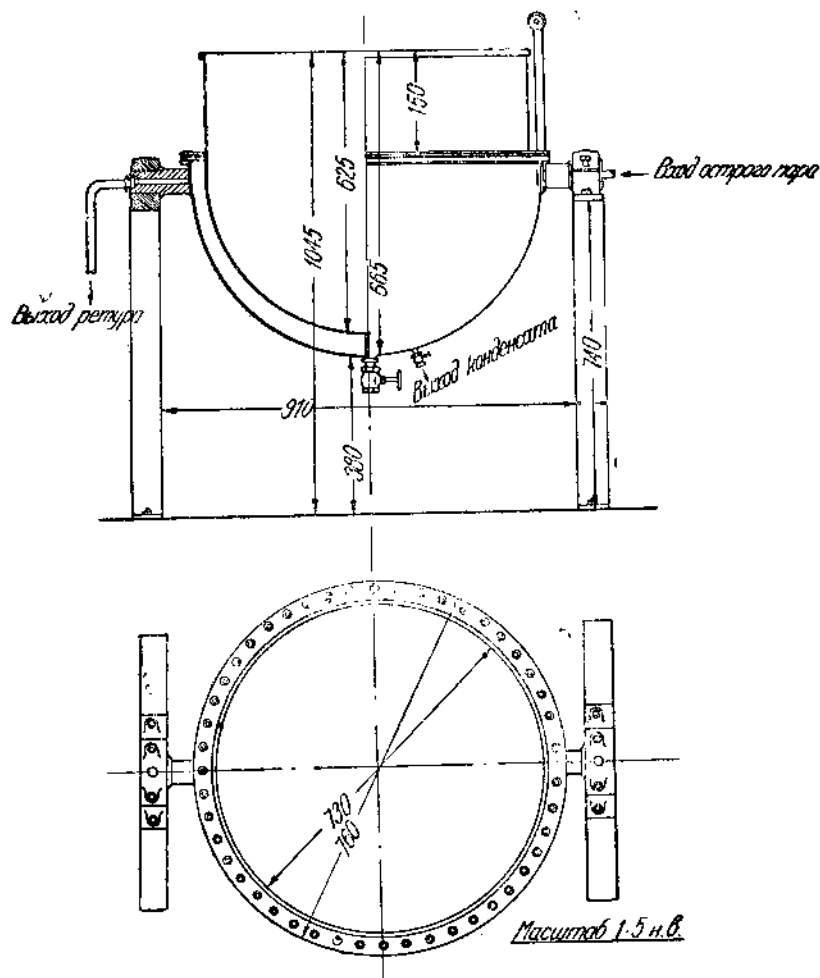


Рис. 26. Бланшировочный котел

Незначительный интерес представляют собой ковшевые бланширователи, выпускаемые Крыммаштрестом, работа которых мало чем отличается от работы обыкновенного двутельного котла с точки зрения рационализации производства.

Паровую бланшировку на некоторых предприятиях осуществляют в специальных камерах шкафного типа. Сита с расположенным на них сырьем устанавливаются в камеры, которые на

нужный промежуток времени наполняются паром; охлаждение производится или водой или воздухом. К недостаткам указанного способа бланшировки надо отнести быструю амортизацию деревянных частей сит, кроме того при обслуживании данного процесса значительно возрастает затрата рабочей силы.

Достаточно совершенным аппаратом для бланшировки с точки зрения осуществления идеи непрерывного производственного по-

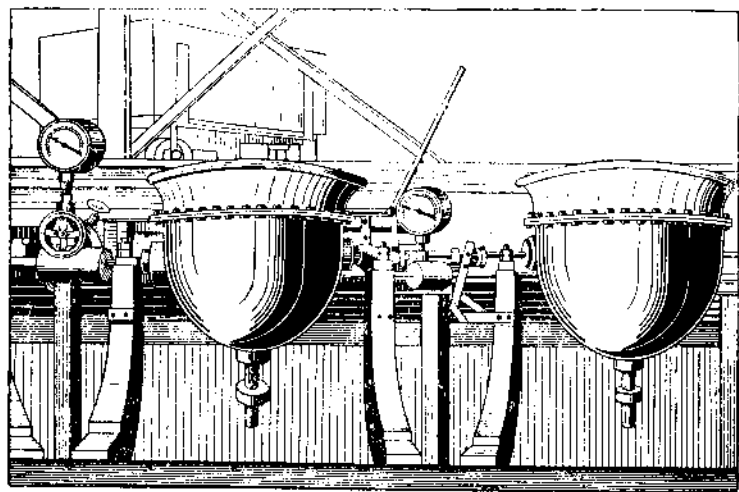


Рис. 27. Двухтельные котлы для бланшировки

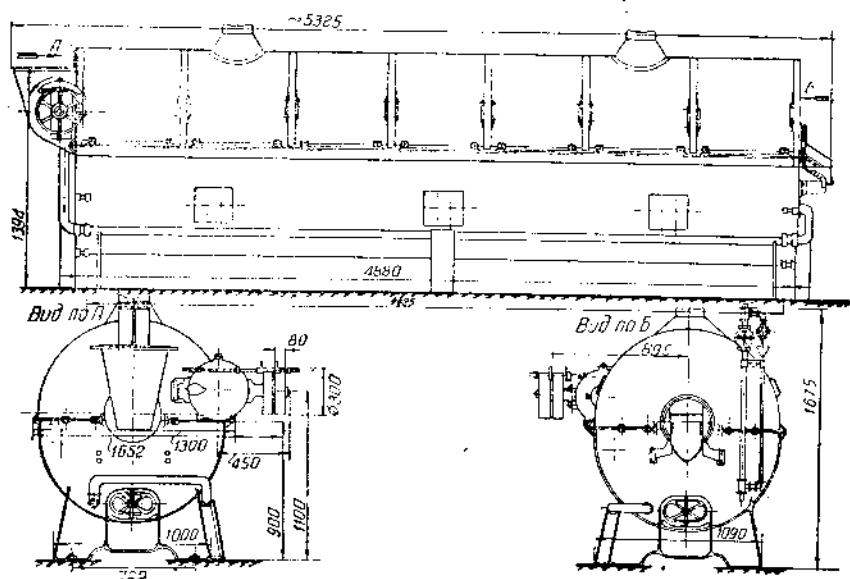


Рис. 28. Бланшер КББ

тока является оборудование типа скольдера. Бланшируемое сырье продвигается на бесконечном полотне в замкнутой камере. На пути своего движения оно подвергается воздействию вводимого в скольдер пара. Холодная вода, пульверизируемая в начале и конце бесконечного полотна скольдера, создает не только защиту от попадания пара в помещение цеха, но производит также и охлаждение бланшируемого сырья. Регулированием скорости работы скольдера устанавливается продолжительность бланшировки. Машино-строительными заводами скольдеры выпускаются различной производительности в зависимости от мощности плодоовощных и консервных заводов.

В табл. 20 приводим техническую характеристику наиболее распространенного оборудования для бланшировки (рис. 28 и 29).

Таблица 20

Наименование оборудования	Марка	Емкость (в л)	Производительность (в т/час)	Общий вес (в кг)	Габариты (в мм)		
					длина	ширина	высота
Двутельный медный котел	—	100	—	—	1045	1060	760
Двутельный медный котел	КК	350	—	427	1205	—	1580
Двутельный медный котел	—	500	—	541	—	—	1680
Ковшевой бланширователь	КБО	20	—	285	1120	1590	1115
Бланшер	КББ	—	—	2282	1675	5325	1680
Бланширователь для фруктов	КБС	—	3,3	735	1582	5180	1207

Расчет производительности оборудования для бланшировки, а именно котлов и ковшевого типа бланширователей, производится, исходя из следующих данных:

g — вес сырья, загруженного в один прием в бланширователь;

t — продолжительность бланшировки в минутах;

K — поправочный коэффициент.

Тогда:

$$Q = \frac{g \cdot 60}{t} K \text{ т. час.} \quad (6)$$

Расчет производительности скольдеров производится по методу расчета работы транспортеров. Для расчета необходимы следующие технические показатели: ширина движущегося полотна, скорость его движения, а также степень нагрузки бланшируемого сырья на единицу площади.

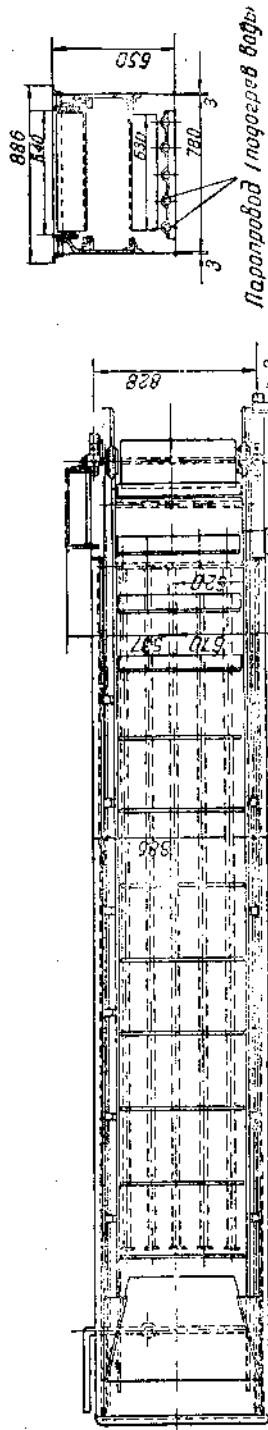
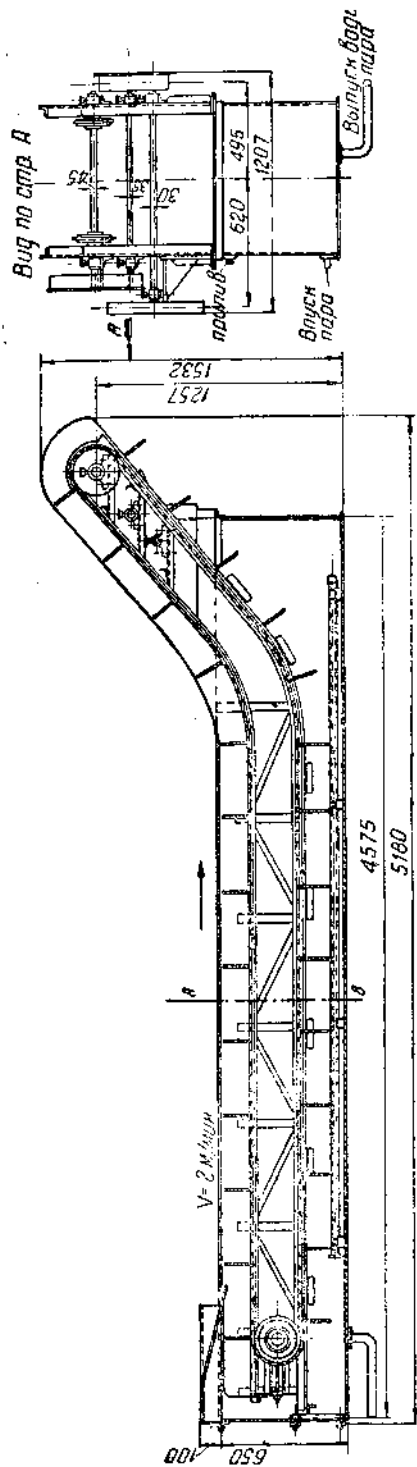


Рис. 29. Блашпер КБС

Общий расход пара при бланшировке 1 т овощей (картофель, свекла, морковь), имея в виду сырье, уже вполне подготовленное к бланшировке, можно принимать в 200—250 кг.

Расход горячей воды по проф. Ермилову С. П. в процессе бланшировки составляет от 0,003 до 0,004 м³ на 1 кг сырья, которое подвергается бланшировке. Для охлаждения сырья расход воды составляет от 0,01 до 0,015 гл, или всего при бланшировке расходуется от 1,3 до 1,45 л воды. По наблюдениям инж. Чигринцева общий расход воды при бланшировке водой составляет 1,75 л на 1 кг сырья.

Необходимо указать на распространенный метод окуривания сырья серой. При сгорании серы в результате соединения с кислородом воздуха образуется сернистый ангидрид $S + O_2 \rightarrow SO_2$. Одновременно с получением сернистого ангидрида наблюдается образование серного ангидрида. В нормальных условиях сжигания серы содержание последнего достигает не более 6% от общего количества получаемого SO_2 ($2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$). При соприкосновении влаги частиц сырья с SO_2 образуется водный раствор сернистого ангидрида.

Раствор сернистого ангидрида известной концентрации действует как инактиватор на ферментативные процессы окисления, которые, как нам известно, вызывают потемнение сырья.

В сушильном производстве минимальные дозы для окуривания сырья изучены далеко не достаточно, тем не менее на заводах принят примерный расчет расхода серы в 2 кг на 1000 кг сырья. Продолжительность пребывания окуриваемого сырья в среде газа принимается в 10—15 мин.

Измельченное сырье раскладывается в один слой на ситах. Неравномерное нагромождение частиц на ситах затруднило бы свободный доступ сернистого ангидрида к отдельным частям поверхности сырья, в связи с чем снизился бы и самый эффект отбеливания.

Значительная часть сернистого ангидрида, который представляет собой летучее вещество, теряется в условиях высоких температур сушки. Ученым медицинским советом Наркомздрава 19 апреля 1929 г. допущено как максимальное содержание сернистой кислоты в сухих фруктах 50 мг на 1 кг продукции. Простой подсчет приведенного расхода серы показывает, что в сухих фруктах предельные нормы содержания SO_2 не могут быть увеличены при проведении такого процесса.

В литературе есть указание на необходимость окуривания картофеля после бланшировки, против чего надо категорически возражать. При правильном проведении бланшировки горячей водой или паром и правильно проведенном режиме самого процесса сушки сушеный картофель получается вполне высокого качества в отношении цвета без применения окуривания. Нет никакой необходимости вводить в данном случае несвойственные продукции химические соединения.

Окуривание яблок, груш, абрикосов, персиков, винограда производится с целью улучшения цвета.

Недостаточно окуренное плодое сырье во время сушки темнеет. При чрезмерно продолжительном окуривании его продукция теряет свою кондиционность, ввиду невыдержанности санитарных норм по содержанию SO_2 .

Применение способов обваривания и окуривания при выработке сушеного винограда определяет обычно тот или иной сорт изюма. Так, чилиги белый и красный сушится без обваривания. Гермиан, получаемый в результате сушки сортов винограда ангур-калон, катта-курбан и некоторых других, подвергается в процессе выработки обвариванию в содовом растворе с последующим окуриванием. При изготовлении сабзы, получаемой из сорта винограда киш-миш белый (бессемянные сорта), обваривание производится; если обваривание и окуривание не производится, то получаемый продукт называется биданом.

Окуривание производится обычно в специальных герметически закрывающихся камерах шкафного типа. На больших предприятиях камера рассчитывается по объему для загрузки одной-двух вагонеток с заполненными ситами. Сера сжигается на дне камеры в специальных жаровнях. Для выхода газа камера должна быть оборудована специальным вентилятором. В 1 м^3 воздуха можно сжечь 275 г серы, что надо иметь в виду при конструировании камеры.

Более совершенным оборудованием для окуривания являются аппараты, которые представляют собой непрерывно движущийся транспортер, помещенный в герметическую камеру. Расчет скоростей движения транспортера в среде газа, падающего в камере, полностью должен обеспечить насыщение сернистым ангидридом поверхностных клеток. При современных заводских формах работы надо ставить вопрос о питании окуривателей из баллонов с сжатым сернистым ангидридом. Такое мероприятие значительно упростило бы операции по разжиганию серы, а также устранило бы попадание на сырье сублимированной серы.

На всей технологической линии подготовительного отделения сушильного цеха надо стремиться к максимальной защите сырья от доступа воздуха, поэтому при скоплении на отдельных станциях цеха сырья необходимо хранить его в воде.

В случае продолжительного нахождения обрабатываемого сырья в одной воде, без смены, вследствие развития микробиологических процессов оно подвергается порче.

Перебланшированный картофель приобретает при сушке специфическую мучнистую пятнистость с характерным пористым строением. Это явление можно объяснить потерей растительными клетками растворов с органическими веществами вследствие чрезмерной бланшировки. Недостаточно бланшированный картофель при сушке темнеет, приобретая сероватые оттенки. Надо отметить, что недостаточно бланшированная свекла не столько

теряет в отношении цветности при рассмотрении ее как фабриката, нежели впоследствии, т. е. в вареном уже виде. Сваренная недобланшированная сушеная свекла всегда имеет сине-черный непривлекательный цвет. Явление это можно объяснить тем, что вследствие неполного разрушения энзимов происходят процессы окисления в начале процесса сушки, однако основной красный пигмент как бы скрывает образование продуктов окисления. Во время же варки сухих овощей антоциан переходит в раствор, а в тканях остаются соединения, образовавшиеся в результате ферментативной деятельности.

Бланшировка моркови не является обязательной операцией с точки зрения защиты продукции от появления темных оттенков, тем не менее бланшировку моркови следует производить. Бланшированная предварительно морковь имеет при сушке привлекательный естественный цвет, небланшированная морковь несколько бледнеет. В данном случае бланшировка является процессом, исключительно фиксирующим естественную окраску сырья.

Сырье, обладающее особым ароматом, как например, лук, пастернак, сельдерей, петрушка, не бланшируется вовсе. При бланшировке такого сырья происходила бы чересчур большая потеря летучих ароматических веществ; потемнение же указанного небланшированного сырья происходит в совершенно незначительной степени.

Кроме груш, если они перерабатываются в целом виде, и косточковых бланшировка остальных видов сырья производится в измельченном виде.

Тем не менее у ряда работников существует тенденция бланшировать овощи в целом виде и только после этого производить очистку от наружных тканей и измельчение, ибо после бланшировки очистка от наружных тканей производится значительно легче, а также уменьшается количество отходов. Помимо этого наружная ткань овощей при бланшировке их в целом виде защищает от потерь экстрактивных веществ. Однако процесс бланшировки овощей в целом виде отличается большей продолжительностью. Свойственное бланшировке размягчение тканей происходит неравномерно в направлении от периферии к центру, что ведет к неоднородной подготовке сырья для сушки. Кроме того, в картофеле, в особенности со второй половины зимы, накопляется в значительной мере вредный для здоровья соланин, а при бланшировке в целом виде он не вымывается, что также является отрицательным моментом. Наконец, отходы при очистке бланшированного в целом виде картофеля не могут быть использованы с такой эффективностью, как при очистке свежего картофеля.

Настилка сит. После бланшировки сырье загружается в сушильный аппарат.

Соответственно существующим конструкциям сушильных аппаратов сырье настиляется на специальные сита прямоугольной формы. Площадь сита составляет от 0,5 до 1 м². Такой размер определяется удобством обращения с ситами в процессе настилки на них сырья и освобождения их от продукции после сушки.

Существующие сушильные аппараты, у которых сушильная площадь представляет собой непрерывно двигающийся конвейер. Такие сушилки, будучи удобны при проведении процесса настилки сырья и разгрузки фабриката, совершенно устраняют необходимость оперирования с большим количеством отдельных сит, которые к тому же быстро изнашиваются. Сушилки конвейерного типа проектируются с расчетом на высокую производительность.

Правильной настилкой сырья для сушки является распределение его на сушильной площади так, чтобы:

- 1) высушиваемое сырье максимально омывалось теплоносителем;
- 2) содержание влаги в общем весе сырья не превышало рассчитанной производительности сушильного аппарата на поглощение теплоносителем испаряющейся влаги в единицу времени;
- 3) не преумножать общий вес загружаемого сырья по сравнению с техническими возможностями.

Картофель, например, настиляется кружками в один слой. Также так же следует настилать отбеленные яблоки для получения высших сортов продукции. При небрежной настилке фабрикат получится неравномерного цвета и неравномерно высушенным.

Настилка картофеля и иных видов овощей, измельченных в виде стружки, производится так, чтобы сырье располагалось наиболее «пушисто». Такое же требование предъявляется и к настилке кружков яблок при так называемой простой сушке.

Груша, вишня, сливы настиляются в один слой, так как при настилке этих плодов не в один слой вес брутто сит был бы чересчур высок для оперирования ими в работе, а самые сита нужно было бы изготовлять значительно массивнее.

Недогрузка сушильной площади приводит к понижению производительности сушильного агрегата, при перегрузке же наблюдается запаривание продукции, особенно при пониженных температурах теплоносителя. На этих явлениях мы остановимся подробнее при рассмотрении вопросов режима сушки.

Нормы настилки на 1 м² сушильной площади, применяемые в практике работы наших заводов, приведены в табл. 21.

Сырье для настилки подается к сушильному агрегату из подготовительного отделения.

Настилка при помощи заранее измеренной для каждого вида сырья коробки обязательно нормируется.

Казалось бы, что нормирование осложняет процесс настилки на сита, поскольку как бы вводится промежуточная операция с мерной коробкой. В действительности это мероприятие экономично.

Наименование сырья	Настилка на 1 м ² (в кг)
Картофель	5—6 (стружка—4,5, кружки—5,5)
Свекла	5—6
Морковь	5
Капуста	4—5
Лук	4
Белые корнеплоды	5
Зелень	3
Яблоки	3—3,5 (высшего качества)
Груши	16 (крупные целые) — 12 (половинки)
Сливы	14
Вишня, черешня	8—10
Абрикосы	10
Малина, земляника	8—9
Персики	15
Виноград	До 20
Инжир	10—15

чески себя полностью оправдывает, особенно при использовании для целей нормирования автоматических весов.

Сита обычно представляют собой деревянные рамы, скрепленные на шип и посредством железных угольников. К раме прикрепляются гвоздиками расположенные параллельно деревянные планочки; толщина их 7—8 см с просветами между ними в 3—4 мм. Лучшей поверхностью сита является металлическая сетка с квадратными отверстиями в 5—7 мм. Толщина проволоки — 1—2 мм. Такая сетка натягивается с нижней стороны на рамы. Для большей жесткости сит как деревянных, так и металлических с нижней стороны рамы прикрепляется винтиками ряд деревянных планок. С нижней стороны сита через его середину проходит также деревянная планка. Последняя в металлических ситах устраняет провисание сетки.

Провисание возникает ввиду растягивания сетки под давлением веса сырья, а также воздействием термического порядка. Общая высота рамы сита принимается в 40—45 мм при толщине 25—30 мм.

Ель и сосна непригодны для изготовления сит. Покраска сит недопустима, чтобы не сообщить постороннего запаха продукту. Главнейшие требования по отношению к древесному материалу, идущему на изготовление сит, — это сухость, крепость и легкость.

Сита, изготовленные из сырой древесины, после нескольких смен работы раскалываются и портятся. Совершенно не годными для работы являются сита с железными рамами, ибо при разгрузке сушильного аппарата обслуживающему персоналу приходилось бы работать в специальных перчатках.

Металлическая сетка должна быть кислотоупорна и обладать магнитными свойствами.

Железная нелуженая сетка оставляет темные черточки на пластинках яблок и картофеля; на темно окрашенных частицах вишни, груши или свеклы эти черточки при внешнем осмотре незаметны. В связи с дефицитностью высококачественной полу-ды следует детально разработать наиболее дешевые способы придания кислотоупорных свойств металлической сетке для сушки плодов и овощей. Заводы практиковали периодическую смазку металлических сит вареным растительным маслом, что создавало большие неудобства.

Одним из преимуществ использования для сит металлической сетки является ее способность задерживать мелкие частицы сырья, тогда как через продольные отверстия между планками деревянных сит они легко просыпаются. Кроме того, деревянные сита при работе сушильных агрегатов значительно понижают производительность последних. Это объясняется меньшей теплопроводностью дерева по сравнению с металлами, а также значительно меньшим живым сечением деревянных сит, что относится и к фанеро-мастичным ситам. Соотношение между площадью деревянных планок и живым сечением составляет 2:1, а металлических проволочных сит — 1:5. Такое отличие в площадях живого сечения безусловно определяет лучшую циркуляцию воздуха или газа (теплоносителей), лучшую обтекаемость сырья, а отсюда и скорость диффузии паров из сырья.

Положительную оценку надо дать штампованным ситам из нержавеющей стали. Эти сита обладают большой механической прочностью; процесс сушки протекает в них нормально.

Большой интерес представляет работа по изысканию материала для сит, проведенная Старицким и Грацианским (Научно-исследовательский институт плодоовощной промышленности). Старицким и Грацианским предложено применение для этой цели алюминированного листового штампованного железа, давшего при испытании положительные результаты.

Алюминирование по предлагаемому способу производится так:

1) железо травится перед покрытием алюминием в ванне с расплавленной смесью солей $AlCl_3$, $NaCl$ в молекулярном отношении 1:2 (желательно железные образцы предварительно омеднить);

2) температура травильной ванны поддерживается не ниже $450-500^\circ C$;

3) время травления—1—2 мин., время для покрытия алюминием — 20—40 сек.;

4) температура алюминиевой ванны устанавливается не выше $700-720^\circ C$.

Старицким и Грацианским произведены коррозионные испытания различных сит, давшие следующие результаты (табл. 22).

Таблица 22

Наименование сит	Время испытания (в часах)				Потеря веса, вы- ражения в г/м² час
	сушеных фруктов		яблочного сока		
	при 20°С	при 150°С	при 20°С	при 70°С	
Алюминиевое сито	130	40	130	40	0,03
Алюминированное железное сито штампованное	130	40	130	40	0,035
То же проволочное	130	40	130	40	0,03
То же штампованное с про- слоем меди	130	40	130	40	0,04
Сито из нержавеющей стали .	130	40	130	40	0,0026
Железное сито проволочное .	130	40	130	40	0,85

Внутризаводской транспорт. Сушильное производство еще не имеет достаточного опыта в организации внутризаводского транспорта. Чрезвычайно различная производительность сушильных цехов (от 4 т сырья в сутки до 80 т), а также значительное разнообразие в отношении геометрических форм и химико-физических свойств отдельных видов сырья, полуфабрикатов и фабрикатов усложняют выбор способов транспортирования. Надо указать также на неизученность ряда технических показателей, как-то, упругостей обрабатываемого сырья, угла сыпучести различных его видов и т. д. Эти показатели нужны для проектирования любого механизма и его технического нормирования.

Первые шаги для внедрения различного типа оборудования — как транспортеров с периодической подачей сырья (подъемники, вагонетки), так и с непрерывной подачей (элеваторы, ленточные транспортеры)—уже сделаны, и эти агрегаты в основном освоены.

Прежде всего приходится организовывать транспортирование сырья, расположенного в хранилищах, к зданию самого завода. Этот вид транспорта проще всего осуществляется устройством узкоколейного рельсового пути для движения обыкновенных площадок на колесах. Рельсовый путь применяют как для переброски сырья от хранилищ летне-осеннего типа, так и осенне-зимнего. В последнем случае он должен проходить от овощехранилищ по специальному тоннелю к шахте для дальнейшей подачи сырья в цех.

Площадки для транспортирования имеют следующие размеры: ширина — 0,8—1 м, длина — 1,2—1,5 м при высоте от пола 0,4—0,5 м. Нагружаются они обычно корзинами или ящиками с сырьем. Грузоподъемность площадок колеблется в зависимости от габаритов их, рода транспортируемого сырья, а также нали-

чия уклонов пути. Колебание грузоподъемности сводится к 100—300 кг в зависимости от степени интенсивности эксплуатации рельсового пути. По пути устраиваются разъезды, разводные стрелки, тупики.

Расчет производительности транспортирования производится по формуле:

$$Q = \frac{tvg}{s} K \text{ кг}, \quad (7)$$

где:

Q — производительность за определенный отрезок времени;

t — время работы в мин.;

s — длина пути в м;

g — количество груза, который одновременно прижимается на площадку в кг;

v — скорость продвижения площадки (средняя) в м/мин;

K — поправочный коэффициент.

Пример. Вычислить, сколько можно перевезти яблок в цех, если время для работы составляет 7,5 часа, длина пути, который проходит площадка, — 50 м, на площадку накладывается в среднем 140 кг, скорость движения площадки — 24 м/мин, работают две площадки, K равен 0,5.

$$Q = \frac{7,5 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 140 \cdot 2}{50} \cdot 0,5 = 30240 \text{ кг}.$$

Для подачи сырья устраивают подъемники ковшевого или площадочного типа. Расчет производительности последних ведется по предыдущей формуле. Работу механизмов приспособляют обыкновенно при помощи передачи энергии от трансмиссии.

Наибольшим распространением пользуются элеваторы ковшевого типа. При их помощи удобно поднимать сырье на необходимую высоту, чтобы впоследствии оно самотеком следовало от одной технологической станции к другой. В производственной схеме таким процессом является подача сырья на мойку или же в иных случаях — после мойки на очистку.

Характерным моментом в работе элеваторов для транспортирования фруктов и овощей является необходимость содержания их в воде, которой наполняется приемный резервуар. Это положение обуславливается тем, что облегчается работа ковшей в момент их самонаполнения в резервуарах элеватора. Работа ковшевых элеваторов протекает особенно хорошо при транспортировании яблок, которые вследствие своего небольшого удельного веса держатся на поверхности воды.

Тем не менее при работе ковшей наблюдается некоторое сматывание сырья, что устраняется при условии загрузки ковшевого элеватора транспортером, а не из резервуара с водой. Транспортер обычно подает сырье из мойки непрерывного действия или же при его загрузке вручную. При таком способе питания ков-

шевого элеватора особенно точно должен быть подсчитан поступающий поток сырья. Ковшечные элеваторы неудобны для транспортирования капусты и зелени, поэтому более универсальными для транспортирования сырья в вертикальном направлении являются подъемники площадочного типа или элеваторы «гусиная шея».

Передний край ковшей элеватора должен иметь отгиб, чтобы во время поворачивания ковша сырье из него выбрасывалось в приемный желоб. Ковши элеваторов, питающиеся из резервуаров, должны иметь отверстия, чтобы по пути следования стекла вода. Производительность элеватора зависит от объема и количества ковшей, а также скорости их движения. Полезный объем ковша будет ограничен при вертикальном его положении площадью, которая обуславливает естественный угол сыпучести. Угол сыпучести, учитывая известное дрожание ковшей, можно принимать в 15—20°.

Производительность элеваторов подсчитывается по формуле:

$$Q = \frac{Wvg \cdot 3600}{S} K \text{ т/час}; \quad (8)$$

где:

Q — производительность в т/час;

W — полезный объем ковшей в м³;

v — скорость движения ковшей в м/сек;

S — шаг элеватора, т. е. расстояние между осями ковшей, в м;

g — вес 1 м³ сырья в кг;

K — поправочный коэффициент, принимаемый от 0,4 до 0,8.

Шаг элеватора точнее можно установить, пользуясь следующей формулой:

$$S = \frac{\pi D + 2H}{a} \text{ м},$$

где:

D — диаметр барабана элеватора;

H — расстояние между осями верхнего и нижнего барабанов;

a — количество ковшей.

Пример. Определить производительность элеватора плодового завода, имея следующие расчетные данные:

$W = 0,00275 \text{ м}^3$, $v = 0,50 \text{ м/сек}$, $S = 0,37 \text{ м}$, $g = 400 \text{ кг}$, $K = 0,4$.

$$Q = \frac{0,00275 \cdot 0,50 \cdot 400 \cdot 3600 \cdot 0,4}{0,37} = 2,226 \text{ т/час}.$$

Для транспортирования сырья и полуфабрикатов на известную высоту пользуются также гребенчатыми и ленточными транспортерами, расположенными в наклонной плоскости. Транспортирование материала происходит при помощи специальных планок,

закрепленных на полотне транспортера. Высота планок должна быть 100—150 мм при высоте боковых стен транспортера в 200 мм.

Применение таких транспортеров имеет то преимущество, что сырье при загрузке на них, попадая с горизонтального транспортера или с моечной машины, совершенно не подвергается деформации, к тому же эти транспортеры могут быть применены для работы с любыми видами сырья. Провисание полотна наклонного транспортера легко устранимо при правильном натяжении барабана и установке ряда роликов по линии движения полотна.

Производительность наклонного транспортера исчисляется по предыдущей формуле, однако нужно напомнить, что объем сырья, располагающегося перед каждой планкой, удобно подсчитать по формуле:

$$W = Fh \text{ м}^3 \quad (10)$$

где:

F — площадь боковой поверхности движущегося сырья;
 h — высота планки.

Обыкновенный ленточный транспортер применяется в местах, где сырье транспортируется в горизонтальной плоскости. Очень удобно использовать его для механизированного способа загрузки батарей чистильных машин. Регулируя специальными шиберами, можно периодически загружать в различные номера центрофуг сырье. Таким рационализаторским мероприятием значительно повышается производительность рабочего, причем одновременно он освобождается от лишних движений. Ленточные горизонтальные транспортеры применяются при транспортировании сырья к овощерезке, на бланшировку, для настилки на сита и т. д.

При транспортировании измельченных частиц сырья некоторое количество их прилипает к поверхности полотна, впоследствии осыпаясь на пол. Для устранения этого недостатка перед передним краем транспортера устанавливаются щетки для снятия прилипающих частей.

Расчет производительности усложняется вследствие неравномерности распределения настилки и различных профилей поперечного сечения сырья, которое транспортируется. Эти показатели зависят также от рода сырья или же полуфабриката.

Площадь поперечного сечения транспортируемого слоя для измельченного сырья можно рассчитать по формуле:

$$F = \frac{2}{3} b h, \quad (11)$$

где:

b — ширина слоя стружки;

h — его высота, принимая условно, что слой сверху ограничен параболой.

Тогда подсчет производительности работы горизонтального ленточного транспортера производится по формуле:

$$Q = \frac{2}{3} b h v g \cdot 3600 \cdot K \text{ т/час}, \quad (12)$$

где:

Q — производительность в т/час;

v — скорость движения транспортера в м/сек;

g — вес кубометра стружки или сырья в т;

$b = 0,9B - 0,05$ м, где B — ширина транспортера в м.

Приводим некоторые данные о весе 1 м³ различных видов сырья в измельченном состоянии:

Картофель бланшированный (кружками)	700 кг
Свекла, морковь бланшированные (стружкой)	400 · 430 „
Капуста	320 „
Яблоки	575 „

Многие заводы применяют для транспортирования сырья шнеки. Использование последних особенно удобно для механизации процесса поочередной загрузки центрифуг при очистке картофеля и свеклы. Вал с винтовой поверхностью укрепляется в жолобе с полуцилиндрическим дном. В последнем устраиваются спускные рукава с шиберами, направляемые к каждой центрифуге. Шнеки устраиваются также для поднятия сырья на небольшую высоту с углом наклона в 30—45°.

При расчете производительности шнека пользуются следующими данными:

D — диаметр винта;

d — диаметр вала шнека;

h — шаг шнека;

n — число оборотов винта в минуту.

Следовательно, воображаемый перемещаемый объем в 1 мин. будет:

$$\frac{\pi D^2}{4} h - \frac{\pi d^2}{4} h = \frac{\pi h (D^2 - d^2)}{4} \text{ м}^3. \quad (13)$$

Обозначая вес единицы объема сырья через g , число оборотов в 1 мин. через n , получим производительность шнека в 1 мин.:

$$Q = \pi \frac{D^2 - d^2}{4} h g n \text{ т/мин}. \quad (14)$$

Однако, учтя возможную недогрузку полного объема шнека или же в случаях некоторого его уклона неполную увлекательность сырья (частичное скатывание назад по винту), вводим поправочный коэффициент K ; тогда производительность в один час будет:

$$Q = 60 K \pi \frac{D^2 - d^2}{4} h g n \text{ т/час}. \quad (15)$$

Из приведенных данных находим, что прямолинейная поступательная скорость перемещаемого сырья в среднем будет равна:

$$v = \frac{nh}{60} \text{ м/сек.} \quad (16)$$

Обычно скорость прямолинейно-поступательного движения сырья в шнеках применяется в 0,25 м/сек.

Отношение шага винта к его диаметру берется 0,5.

Число оборотов винта шнека принимается тем меньше, чем больше его диаметр и чем больше отношение шага к диаметру винтовой поверхности. Число оборотов шнека в 1 мин. принимают до 40.

2. ТЕОРИЯ СУШКИ

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЗДУХА

Для осуществления сушки необходимы определенные условия, а именно наличие воздуха и тепла.

Как известно, атмосферный воздух содержит некоторое количество влаги в виде пара, которое зависит от ряда факторов: климатических условий, состояния погоды, времени года и т.д. Абсолютно сухой воздух в природе не встречается. Воздух с парами воды часто представляет механическую смесь. Применяя влажный воздух для целей сушки, можно считать его приближенно смесью идеальных газов, подчиняющихся физическим законам Мариотта, Гей-Люссака и Дальтона.

Закон Мариотта:

$$pV = p_1V_1 = \text{const},$$

или:

$$\frac{V}{V_1} = \frac{p_1}{p} = \frac{\gamma_1}{\gamma}, \quad (17)$$

где:

V — удельный объем 1 кг газа в м³ при давлении p ;

V_1 — удельный объем 1 кг газа в м³ при давлении p_1 .

Закон Мариотта характеризует зависимость между объемом газа, давлением и удельным весом при постоянной температуре, т. е. объем газа прямо пропорционален давлению и обратно пропорционален удельному весу его при постоянной (неизменной) температуре.

Закон Гей-Люссака:

$$V = V_0(1 + \alpha t), \quad (18)$$

где:

V — удельный объем 1 кг газа в м³ при температуре t и давлении p ;

V_0 — удельный объем 1 кг газа в м³ при 0° и давлении p ;

$\alpha = \frac{1}{273} = 0,00365$ — постоянный коэффициент расширения газов.

Уравнение (18) можно представить в таком виде:

$$V = V_0 \alpha \left(\frac{1}{\alpha} + t \right) = V_0 \alpha (273 + t) \quad (19)$$

$$V = V_0 \alpha T,$$

где $T = (273 + t)$ — абсолютная температура газа.

Из уравнения (17) легко вывести уравнение:

$$\frac{V'}{V''} = \frac{\gamma''}{\gamma'} = \frac{T'}{T''}, \quad (19')$$

где:

V' и γ' — удельные объем и вес газа при абсолютной температуре T' ;

V'' и γ'' — удельные объем и вес газа при абсолютной температуре T'' .

Закон Гей-Люссака выражает зависимость объема или веса газа от температуры при постоянном давлении, т. е. объем газа при постоянном (неизменном) давлении прямо пропорционален температуре и обратно пропорционален весу газа.

Уравнение Клапейрона (комбинирование законов Мариотта и Гей-Люссака):

$$pV = p_0 V_0 \alpha T. \quad (20)$$

Принимая $p_0 V_0 \alpha = R$, получаем $pV = RT$,

где:

V_0 — удельный объем газа при 0° и давлении $p_0 = 10333 \text{ кг/м}^2$

V — удельный объем газа при температуре $t = T$ и давлении $p \text{ кг/м}^2$;

R — характеристическая постоянная газа.

Значение R для различных газов, кроме того, может быть определено по уравнению:

$$R = \frac{848}{m}, \quad (21)$$

где:

m — молекулярный вес газа;

848 — постоянная величина.

В уравнение (20) взамен удельного объема можно ввести произвольный объем газа, пользуясь зависимостью:

$$V = \frac{v}{g},$$

где:

V — удельный объем газа в $\text{кг}/\text{м}^3$;

v — объем газа в м^3 ;

g — вес V м^3 газа в кг .

Тогда уравнение (20) примет вид:

$$pV = gRT. \quad (21')$$

Закон Дальтона:

$$P_{\text{см}} = P_1 + P_2, \quad (22)$$

где:

$P_{\text{см}}$ — суммарное давление смеси газов;

P_1 и P_2 — парциальные давления газов, входящих в смесь.

Закон Дальтона можно формулировать так: общее давление смеси газов равняется сумме давлений (парциальных) каждого газа, причем каждый из газов, входящих в смесь, занимает объем, равный общему объему, занимаемому смесью.

Если вес смеси газов — g кг , а вес отдельных газов, входящих в смесь, — $g_1, g_2, g_3, \dots, g_b$, то характеристическая постоянная $R_{\text{см}}$ определяется следующим уравнением:

$$R_{\text{см}} = \frac{g_1 R_1 + g_2 R_2 + g_3 R_3 + \dots + g_b R_b}{g}, \quad (23)$$

где $R_1, R_2, R_3, \dots, R_b$ — характеристические постоянные газов, входящих в смесь.

Пример 1. Определить $R_{\text{в}}$ зная, что вес 1 м^3 сухого воздуха (γ_0) при температуре $t = 0^\circ$ и $p_0 = 10\,333 \text{ кг}/\text{м}^2$ равен 1,293 $\text{кг}/\text{м}^3$.

Вставляя значения p_0, γ_0 в уравнение (20), получаем:

$$R_{\text{в}} = p_0 V_0 a = \frac{p_0 a}{\gamma_0} = \frac{10\,333}{273 \cdot 1,293} = 29,27.$$

Пример 2. Определить R водяного пара, зная, что молекулярный вес водяного пара $m \approx 18$.

Из уравнения (21) имеем:

$$R_{\text{п}} = \frac{848}{m} = \frac{848}{18} \approx 47.$$

Пример 3. Определить $R_{\text{см}}$ влажного воздуха, содержащего 30 г влаги на 1 кг сухого воздуха. Вес смеси 1 кг сухого воздуха и 30 г влаги

$$g_1 = g_{\text{в}} = 1,00 \text{ кг}; \quad g_2 = g_{\text{п}} = 0,030 \text{ кг}.$$

$$g_{\text{см}} = g_{\text{в}} + g_{\text{п}} = 1,030 \text{ кг}.$$

Применяя уравнение (23), определяем:

$$R_{\text{см}} = \frac{g_{\text{в}} R_{\text{в}} + g_{\text{п}} R_{\text{п}}}{g_{\text{см}}} = \frac{0,030 \cdot 47 + 1,0 \cdot 29,29}{1,030} = 29,33.$$

Пример 4. Воздух, содержащий 20 г влаги на 1 кг сухого воздуха, при температуре 25° занимает объем 1200 м³. Определить его вес и объем после подогрева в калорифере до температуры $t = 60^\circ$; давление — 745 мм рт. ст.

По уравнению (21') $pV = gRT$,
откуда:

$$g = \frac{pV}{RT}.$$

Подставляя $R = 29,62$ и $p = \frac{10\,333 \cdot 745}{760} = 10\,120$ кг/м²,

получаем:

$$g = \frac{10\,120 \cdot 1200}{29,62 \cdot (273 + 25)} = 1\,975 \text{ кг.}$$

Вес воздуха после нагревания его в калорифере не изменился. Объем же воздуха (нагретого) можно определить по таким уравнениям:

$$pV = gRT, \text{ или } V = \frac{gRT}{p}.$$

Подставляя численные значения в это уравнение, получим:

$$V = \frac{1\,975 \cdot 29,62 (273 + 60)}{10\,120} = 1\,340 \text{ м}^3.$$

По закону Гей-Люссака

$$\frac{V}{V'} = \frac{T}{T'}, \text{ или } V' = \frac{VT'}{T}.$$

В предыдущем примере $V = 1\,200 \text{ м}^3$; $T = 273 + 25 = 298^\circ$;
 $T' = 273 + 60 = 333^\circ$.

Подставляя эти значения, получаем:

$$V = \frac{1200 \cdot 333}{298} = 1340 \text{ м}^3.$$

Как известно, атмосферный воздух содержит некоторое количество водяных паров. Водяной пар в атмосферном воздухе находится в перегретом состоянии и в пределах $0 - 100^\circ$ близко характеризуется уравнением Клапейрона ($pV = RT$) и обладает газовой константой $R_n = 47,1$.

В перегретом состоянии пар находится в воздухе до момента его насыщения. Насыщение воздуха влагой знаменуется образованием тумана, т. е. мелких взвешенных частиц воды, видимых невооруженным глазом. До того предела, при котором влага невидима, т. е. в состоянии перегретого пара, воздух называют ненасыщенным.

Пример 1. Определить в кг/м^2 парциальное давление сухого воздуха в насыщенной смеси при 50°C и суммарном давлении $735,5 \text{ мм рт. ст.}$

При 50°C $P_n = 0,1258 \text{ атм.}$ Суммарное давление воздуха (смеси) $P = 735,5 \text{ мм.}$ По формуле (22) Дальтона $P = P_n + P_v$;
 $1 = 0,1258 + P_v$,

откуда:

$$P_v = 1 - 0,1258 = 0,8742 \text{ атм, или } 8742 \text{ кг/м}^2.$$

Пример 2. Определить количество насыщенного пара в 1 м^3 при 30°C . По уравнению (20) мы имеем: $pV = RT$. Пользуясь таблицей, для 30° находим $P = 0,0433 \text{ атм, или } 10\,000 \cdot 0,0433 = 433 \text{ кг/м}^2.$

Подставляя в уравнение (20) $R = 47$, $V = \frac{1}{\gamma}$,
 получаем:

$$\frac{P}{\gamma} = RT, \text{ или } \gamma = \frac{P}{RT}.$$

В нашем примере удельный вес пара и будет искомый вес пара в 1 м^3 .
 Подставляя числовые значения в полученное уравнение, имеем:

$$\gamma = \frac{433}{47(273 + 30)} = 0,0304 \text{ кг/м}^3 = 30,4 \text{ г/м}^3.$$

Рассмотрев основные законы физики, переходим к рассмотрению характеристики воздуха как смеси газов — абсолютно сухого воздуха и водяных паров.

Насыщенный воздух при определенной температуре и определенном давлении содержит вполне определенное количество водяных паров. Это весовое количество паров при данной температуре и давлении называется влагоемкостью воздуха. В насыщенном воздухе упругость паров воды равна давлению насыщенного водяного пара при данной температуре.

Влагоемкость воздуха сильно возрастает с повышением его температуры. Так например, 1 м^3 воздуха в состоянии полного насыщения при 760 мм давления содержит влаги:

При 0°	4,9 г	При 25°	22,9 г
" 5°	6,8 "	" 30°	30,1 "
" 10°	9,4 "	" 40°	50,8 "
" 15°	12,8 "	" 50°	82,3 "
" 20°	17,2 "		

Влагоемкость воздуха кроме температуры зависит также от давления, а именно: при увеличении давления воздуха влагоемкость его возрастает и соответственно при уменьшении давления уменьшается.

Так например, влагоемкость 1 м^3 воздуха:

При температуре	10°	и давлении	$9,2 \text{ мм рт. ст.}$	$9,4 \text{ г}$
"	20°	"	$17,5$	$17,3$ "
"	30°	"	$31,8$	$30,4$ "
"	40°	"	$55,3$	$51,0$ "
"	50°	"	$91,5$	$83,0$ "
"	60°	"	$149,0$	$130,0$ "

При температуре	70°	и давлении	234,0	мм рт. ст.	197,0	г
"	"	80°	55,0	" " "	290,0	"
"	"	90°	526,0	" " "	420,0	"
"	"	100°	0	" " "	—	"

Пар смешивается с воздухом той же температуры в любых соотношениях.

Существует формула для определения содержания водяного пара в воздухе при известных предельном парциальном давлении водяного пара p в мм рт. ст. и температуре t :

$$\frac{1,058 p}{1 + 1,273} \text{ г в } 1 \text{ м}^3. \quad (24)$$

Абсолютная и относительная влажность воздуха. Как уже было выше указано, воздух редко бывает насыщен полностью парами воды. Чаше количество паров воды бывает меньше того количества, которое указывает на полное насыщение воздуха водяными парами. Вес водяного пара в 1 м³ смеси воздуха и пара называется абсолютной влажностью. Так, если мы говорим, что в 1 м³ воздуха имеется 75 г водяного пара, то 75 г являются абсолютной влажностью. По закону Дальтона водяной пар в смеси газов, которую представляет влажный воздух, занимает объем, равный общему объему смеси. Таким образом абсолютная влажность воздуха равна весу 1 м³ водяного пара, содержащегося в смеси, или удельному весу водяного пара γ_n в кг/м³. Отвлеченное число, указывающее отношение количества пара, находящегося в смеси воздуха и пара γ_n к тому предельному количеству пара, которое насыщает тот же объем при данной температуре γ_n , называется относительной влажностью воздуха.

В пределах до 100°C наибольший вес пара в 1 м³ при определенной температуре есть удельный вес насыщенного водя-

ного пара γ_n при этой температуре. Таким образом $\frac{\gamma_n}{\gamma_n}$ есть

относительная влажность при определенной температуре. Относительную влажность обычно обозначают символом φ , имеющим значение от 0 до 1. Если воздух насыщен, то относительная влажность φ равна единице; можно φ выразить в процентах, умножив на 100, и следовательно, она составит 100%. Если же в воздухе находится половина того количества пара, которое может находиться в нем при насыщении, то относительная влажность равна 0,5, или 50% и т. д.

Итак,

$$\varphi = \frac{\gamma_n}{\gamma_n} 100 \%. \quad (25)$$

В указанных пределах температур значения γ_n можно брать из таблиц насыщенного водяного пара.

Относительная влажность φ может быть определена и другим способом, а именно при помощи характеристического уравнения (20):

$$P_n = \frac{R_n T}{V_n}, \quad (26)$$

$$V_n = \frac{1}{\gamma_n} \text{ и } P_n = R_n T \gamma_n, \text{ или } V_n = \frac{R_n T}{P_n},$$

где P — парциальное давление пара.

Для состояния насыщения водяного пара при той же температуре то же уравнение даст:

$$P_n = \frac{R_n T}{V_n}, \text{ или } \gamma_n = \frac{P_n}{R_n T} \quad (27)$$

Подставляя в уравнение (25) значения γ_n и γ_n , получим:

$$\varphi = \frac{\gamma_n}{\gamma_n} = \frac{P_n R_n T}{P_n R_n T} = \frac{P_n}{P_n}. \quad (27')$$

Это определение относительной влажности дает возможность находить φ по таблице.

Пример 1. Определить относительную влажность при температуре 15° , если парциальное давление паров воды, заключенных в воздухе, $P_n = 0,0125 \text{ ата}$. По таблице находим при температуре 15° $P_n = 0,0174 \text{ ата}$; применяя формулу (27'), будем иметь:

$$\varphi = \frac{P_n}{P_n} = \frac{0,0125}{0,0174} = 0,724 = 72,4\%.$$

Парциальное давление водяных паров может быть определено нахождением точки росы (психрометр Даниеля). В нашем примере $t_{\text{росы}} = 10^\circ$, которой по таблице соответствует $P_n = 0,0125$, являющимся при температуре $t = 15^\circ$ парциальным давлением водяного пара.

Пример 2. Определить абсолютную влажность воздуха, поступающего в сушилку при $t = 15^\circ$, если точка росы соответствует $t = 10^\circ$.

По таблице определяем давление насыщенного водяного пара при $t = 10^\circ$ $P = 0,0125 \text{ ата}$ (125 кг/м^2) и, пользуясь характеристическим уравнением

в форме $\frac{P}{\gamma} = RT$, определяем:

$$\gamma_n = \frac{P}{R_n T} = \frac{125}{7(273 + 15)} = 0,00923 \text{ кг/м}^3 = 9,23 \text{ г/м}^3.$$

Влагосодержание воздуха—весовое количество водяных паров воздушной смеси, приходящееся на 1 кг сухого воздуха смеси.

По уравнению Дальтона для смеси воздуха и водяных паров можем написать:

$$P_{\text{см}} = P_{\text{п}} + P_{\text{в}}, \quad (28)$$

где:

$P_{\text{см}}$ — давление влажного воздуха;

$P_{\text{п}}$ — парциальное давление пара;

$P_{\text{в}}$ — парциальное давление сухого воздуха.

В сушильной практике суммарное давление обычно приблизительно равно барометрическому, т. е. $P_{\text{см}} = B$. Тогда уравнение Дальтона принимает вид:

$$B = P_{\text{п}} + P_{\text{в}}, \quad (29)$$

где B — барометрическое давление.

Пусть имеется g кг влажного воздуха, содержащего $g_{\text{п}}$ кг паров воды и $g_{\text{в}}$ кг сухого воздуха и занимающего объем $V \text{ м}^3$. Тогда, пользуясь характеристическим уравнением (21'), можно написать:

для пара:

$$P_{\text{п}} V = g_{\text{п}} R_{\text{п}} T; \quad (30)$$

для сухого воздуха:

$$P_{\text{в}} V = g_{\text{в}} R_{\text{в}} T. \quad (31)$$

Разделив первое уравнение на второе, получаем:

$$\frac{P_{\text{п}} V}{P_{\text{в}} V} = \frac{g_{\text{п}} R_{\text{п}} T}{g_{\text{в}} R_{\text{в}} T}; \quad \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{в}}} = \frac{g_{\text{п}} R_{\text{п}}}{g_{\text{в}} R_{\text{в}}}, \text{ или } \frac{g_{\text{п}}}{g_{\text{в}}} = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{в}}} \cdot \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{п}}}, \quad (32)$$

где $\frac{g_{\text{п}}}{g_{\text{в}}}$ — влагосодержание воздуха.

Влагосодержание воздуха принято обозначать буквой d , выражая его в граммах на 1 кг сухого воздуха. Таким образом

$$d = \frac{g_{\text{п}}}{g_{\text{в}}} 1000; \quad (33)$$

Подставляя в это выражение значение $\frac{g_{\text{п}}}{g_{\text{в}}}$ из уравнения (32), получим:

$$d = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{в}}} \cdot \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{п}}} 1000, \quad (34)$$

$$R_b = 29,27; R_n = 47; \text{отсюда}$$

$$d = 623 \frac{P_n}{P_b} \quad (35)$$

Уравнению (35) может быть придан вид:

$$d = 623 \frac{P_n}{B - P_n}, \quad (36)$$

принимая во внимание, что общее давление воздуха смеси

$$B = P_n + P_b.$$

Разделив числитель и знаменатель в уравнении (36) на P_n , получим:

$$d = 623 \frac{1}{\frac{B}{P_n} - 1}. \quad (37)$$

$$\text{Согласно уравнению (27')} \quad \varphi = \frac{P_n}{P_n}; P_n = \varphi P_n.$$

тогда:

$$d = \frac{623}{\frac{B}{\varphi P_n} - 1} \quad (38)$$

Пример. Определить влагосодержание d воздуха, если его температура $t = 40^\circ$, $\varphi = 75\%$, $B = 745$ мм рт. ст.

По таблице находим давление водяного насыщенного пара при температуре 40° :

$$P_n = 0,0752 \cdot 735,5 = 55,3 \text{ мм рт. ст.}$$

Применяя формулу (38), имеем:

$$d = \frac{623}{\frac{B}{\varphi P_n} - 1} = \frac{623}{\frac{745}{0,75 \cdot 55,3} - 1} \approx 39,4 \text{ г/кг сухого воздуха.}$$

Следует помнить, что относительная влажность воздуха φ не равна отношению влагосодержания воздуха при определенной степени насыщения к максимально возможному влагосодержанию насыщенного воздуха. Это легко доказать следующим образом.

Согласно уравнению (36) для ненасыщенного воздуха:

$$d = \frac{623 P_n}{B - P_n},$$

а для насыщенного воздуха:

$$d_n = \frac{623 P_n}{B - P_n}.$$

Разделив первое из этих уравнений на второе и произведя сокращения, получим:

$$\frac{d}{d_n} = \frac{P_n}{P_n} \cdot \frac{B - P_n}{B - P_n}. \quad (39)$$

Так как:

$$B - P_n \neq B - P_n, \text{ то } \frac{d}{d_n} \neq \frac{P_n}{P_n}, \quad (40)$$

а потому:

$$\frac{d}{d_n} \neq \varphi. \quad (41)$$

Парциальное давление пара и воздуха можно определить по следующим формулам:

$$P_n = B \frac{d}{\frac{R_v}{R_n} \cdot 1000 + d}, \text{ или } P_n = B \frac{d}{623 + d}; \quad (42)$$

$$P_v = B \frac{\frac{R_v}{R_n} \cdot 1000}{\frac{R_v}{R_n} \cdot 1000 + d}, \text{ или } P_v = B \frac{623}{623 + d}, \quad (43)$$

$$(R_v = 29,27; R_n = 47).$$

Пример. Определить парциальное давление сухого воздуха и пара при барометрическом давлении $B = 745 \text{ мм рт. ст.}$ и влагосодержании $d = 27 \text{ г/кг}$ сухого воздуха.

Применяя формулу (43) для определения парциального давления воздуха (сухого) P_n , получим:

$$P_n = B \frac{623}{623 + d}; \quad P_n = 745 \frac{623}{623 + 27} = 714,1 \text{ мм рт. ст.},$$

и для определения парциального давления пара P_v формулу (42), получим:

$$P_n = B \frac{d}{623 + d}; P_n = 745 \frac{27}{623 + 27} = 30,9 \text{ мм рт. ст.}$$

Парциальное давление пара P_n можно определить и иначе, а именно: определив парциальное давление сухого воздуха P_v по формуле (43) и, зная барометрическое давление B , получим:

$$P_n = B - P_v = 745 - 714,1 = 30,9 \text{ мм рт. ст.} \quad (44)$$

Как видим, парциальное давление зависит только от влагосодержания при заданном барометрическом давлении. Это свойство очень важно в процессе сушки, так как, зная парциальное давление, можно определить относительную влажность воздуха при данной температуре. Поясним это примером.

Пример. Определить относительную влажность воздуха φ при температуре $t = 55^\circ$ и влагосодержании $d = 27$ г/кг сухого воздуха

Из таблицы при температуре $t = 55^\circ$ $P_n = 0,1605 \cdot 735,5 = 118,05 \text{ мм рт. ст.}$

$P_v = 30,9 \text{ мм рт. ст.}$ из предыдущего примера

Подставляя в формулу (27') полученные величины, имеем:

$$\varphi = \frac{30,9}{118,05} = 0,261, \text{ или } 26,1\%.$$

Удельный вес влажного воздуха. Рассматривая удельный вес влажного воздуха как смесь идеальных газов, удельный вес сухого воздуха, содержащегося в смеси, по характеристическому уравнению Клапейрона и уравнению Дальтона определяют так:

$$\gamma_v = \frac{1}{V_v} = \frac{B - P_n}{R_v T} = \frac{B - \varphi P_n}{R_v T}, \quad (45)$$

а водяных паров в смеси:

$$\gamma_n = \frac{1}{V_n} = \frac{P_n}{R_n T} = \varphi \frac{P_n}{R_n T}. \quad (46)$$

Таким образом удельный вес смеси (пара и сухого воздуха) равен:

$$\gamma_{см} = \gamma_v + \gamma_n = \frac{B - \varphi P_n}{R_v T} + \frac{\varphi P_n}{R_n T} = \frac{B}{R_v T} - \varphi P_n \left(\frac{1}{R_v} - \frac{1}{R_n} \right), \quad (47)$$

где $\frac{B}{R_v T}$ — удельный вес сухого воздуха.

Как видно из уравнения (47), влажный воздух легче сухого, так как с возрастанием относительной влажности (φ) воздуха правая часть уравнения увеличивается, а значит удельный вес воздуха уменьшается.

При расчетах нас может интересовать еще одна характеристика смеси влажного воздуха, приходящейся на 1 кг сухого воздуха смеси. Это — объем смеси влажного воздуха $V_{см}$, содержащей 1 кг сухого воздуха. Это даст нам возможность легко переходить от веса сухого воздуха к объему смеси, зная вес сухого воздуха, его температуру и влагосодержание. Обозначим вес P кг 1 м³ влажного воздуха при характеристиках B , t и ϕ через γ (удельный вес), а удельный объем (объем 1 кг влажного воздуха в м³) через V . Тогда значение γ определяется характеристиками B , t , ϕ , а зависимость между γ и V нам известна: $V = \frac{1}{\gamma}$.

Как уже было указано раньше, вес воздушной смеси, приходящейся на 1 кг сухого воздуха, равен $1 + \frac{d}{1000}$ кг.

Воздушная же смесь, содержащая 1 кг сухого воздуха, будет занимать больший объем чем V во столько раз, во сколько $1 + \frac{d}{1000}$ кг больше 1 кг. Поэтому объем смеси, приходящейся на 1 кг сухого воздуха, будет занимать

$$V_{см} = \frac{1}{\gamma} \left(1 + \frac{d}{1000} \right).$$

Все приведенные нами формулы не претендуют на абсолютную точность в силу сделанного нами допущения согласно физическим законам Мариотта, Гей-Люссака и Дальтона, что воздух можно рассматривать как смесь идеальных газов (воздуха и пара). Все же эта точность вполне достаточна для технических расчетов.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ТЕПЛА

Рассмотрев физические свойства воздуха, следует также рассмотреть свойства тепла как второго агента сушки. Во всяком веществе, встречающемся в природе, будь это какой-нибудь газ (воздух, водяной пар), жидкость или твердый предмет, всегда имеется некоторое количество тепла. Количество тепла, содержащееся в 1 кг того или иного вещества, называется его теплосодержанием. Теплосодержание предмета зависит от природных свойств вещества, из которого он сделан, от величины его и степени нагретости. Эту степень можно определить, измерив температуру. Температура предмета является показателем степени его нагретости.

За единицу измерения количества тепла принимают калорию, т. е. количество тепла, которое необходимо для нагревания

1 кг воды на 1°C . Эту калорию называют большой или килограмм-калорией (*Кал*) в отличие от малой калории (*кал*), которая в 1000 раз меньше большой калории.

В технике пользуются большой калорией. Если 1 *Кал* нагревает 1 кг воды на 1°C , то для нагревания 100 кг воды на 10°C потребуется $10 \cdot 100 = 1000$ *Кал*. Если взята вода с температурой 0°C , то больших калорий потребуется 1000, если же взята вода с иной температурой, например 5°C , то для нагревания 100 кг этой воды на 10°C потребуется $100(10 - 5) = 500$ *Кал*.

Теплосодержанием воздуха называется количество тепла, содержащееся в воздухе, выраженное в калориях и отнесенное к единице (1 м^3 или 1 кг) воздуха. Теплосодержание воздуха зависит от теплоемкости его и температуры, т. е. чем выше температура воздуха, тем выше его теплосодержание. Под теплоемкостью следует понимать то количество тепла в калориях, которое нужно затратить для нагревания 1 кг вещества на 1°C .

Возьмем 1 кг воды с температурой 0°C и 1 кг железа с той же температурой. Дадим каждому по 10 *Кал* тепла. Измерив после этого их температуры, увидим, что температура воды стала 10°C , а железа 99°C . Происходит это потому, что 1 кг разных тел требует разных количеств тепла для нагревания их на 1°C . Мы знаем, что для нагревания 1 кг воды на 1°C требуется 1 *Кал*, а для нагревания 1 кг железа потребуется 0,11 *Кал*, поэтому при затрате на них одинакового количества тепла температура железа оказалась в 9,9 раза выше, чем воды. Следовательно, в данном случае теплоемкость воды будет равна 1 *Кал*, а железа — 0,11 *Кал*.

Средняя теплоемкость 1 кг сухого воздуха в пределах от 0 до 600°C может быть приблизительно выражена уравнением:

$$C_v = 0,2395 + 0,00056 t \text{ Кал/кг } ^{\circ}\text{C}. \quad (48)$$

Например при температуре 100°C средняя теплоемкость сухого воздуха составит в пределах от 0 до 100°C :

$$C_v = 0,2395 + 0,00056 \approx 0,24 \text{ Кал/кг } ^{\circ}\text{C}. \quad (49)$$

Теплоемкость большинства веществ установлена путем тщательного измерения и приводится обычно в различных справочниках.

Теплосодержание атмосферного воздуха, являющегося смесью воздуха и пара, состоит из суммы теплосодержаний сухого воздуха и пара.

В практике расчета различают: 1) теплосодержание воздушной смеси, приходящейся на 1 кг сухого воздуха, которое обычно обозначается через I , и 2) теплосодержание 1 кг воздушной смеси, обозначаемое через $I_{\text{см}}$.

В первом случае теплосодержание относится к воздушной

смеси, содержащей 1 кг сухого воздуха и $\frac{d}{1000}$ кг водяных паров. Таким образом вес рассматриваемого количества воздушной смеси будет $1 + \frac{d}{1000}$ кг.

Во втором случае теплосодержание относится к 1 кг, в котором содержится сухого воздуха $1 - \frac{d}{1000}$ кг и водяных паров $\frac{d}{1000}$ кг.

Рассматривая первый случай, т. е. теплосодержание смеси, приходящейся на 1 кг сухого воздуха, видим, что общее теплосодержание сложится из теплосодержания воздуха и пара, а именно:

$$I = C_n t + \frac{d}{1000} i_n \text{ Кал/кг.} \quad (50)$$

По данным ВТИ теплосодержание водяного пара i_n определяется уравнением:

$$i_n = 595 + C_n t \text{ Кал/кг,}$$

где:

C_n — теплоемкость пара $= 0,47 = \text{const}$ (0,46 по данным проф. Мольте и 0,48 по данным проф. Льюиса);

C_v — теплоемкость воздуха $= 0,24 \text{ Кал/кг.}$

Теплосодержание сухого воздуха i_v при температуре t определяется уравнением:

$$i_v = C_v t \text{ Кал/кг.}$$

Подставляя указанные величины в формулу (50), получим:

$$I = 0,24 t + \frac{d}{1000} (595 + 0,47 t) \text{ Кал/кг.}$$

Можно определить теплосодержание по формуле и другим методом, беря значение i_n из соответствующей таблицы.

Пример 1. Воздух имеет температуру 20°C и $d = 12$ г. Определить теплосодержание смеси воздуха, приходящейся на 1 кг сухого воздуха.

Применяя формулу (50) и подставляя числовые значения, получаем:

$$\begin{aligned} I &= 0,24 t + \frac{d}{1000} (595 + 0,47 t) = 0,24 \cdot 20 + 0,012 (595 + 0,47 \cdot 20) = \\ &= 10,844 \text{ Кал/кг,} \end{aligned}$$

или же определяем теплосодержание смеси воздуха, приходящейся на 1 кг сухого воздуха, пользуясь таблицей:

$$I = 0,24 \cdot 20 + 604,3 \cdot 0,012 = 10,844 \text{ Кал/кг.}$$

Для определения теплосодержания 1 кг влажного воздуха применяют следующую формулу:

$$c_m = \left(1 - \frac{d}{1000} \cdot C_v \cdot t + \frac{d}{1000} \right) 595 + C_n \cdot t =$$

$$= 1 - \frac{d}{1000} 0,24 t + \frac{d}{1000} (595 + 0,47 t) \text{ Кал/кг.}$$

Пример 2. Влажный воздух имеет температуру $t_0 = 12^\circ$ и $d_0 = 15$ г. Определить затрату тепла на подогрев 1 кг сухого воздуха до температуры $t_1 = 90^\circ\text{C}$. Теплосодержание воздуха при $t_0 = 12^\circ\text{C}$ и $t_1 = 90^\circ\text{C}$ определяем по формуле (50):

$$I_0 = 0,24 t_0 + \frac{d}{1000} (595 + 0,47 t_0);$$

$$I_1 = 0,24 t_1 + \frac{d}{1000} (595 + 0,47 t_1).$$

Отсюда расход тепла будет равен:

$$I_1 - I_0 = 0,24 (t_1 - t_0) + 0,47 \frac{d}{1000} (t_1 - t_0) =$$

$$= (0,24 + 0,00047 d) (t_1 - t_0).$$

Подставляя в полученные уравнения наши числовые значения, получим:

$$I_1 - I_0 = (0,24 + 0,00047 \cdot 15) (90 - 12) = 19,27 \text{ Кал/кг сухого воздуха.}$$

Теплопередача и коэффициент теплопередачи. Подвергая нагреванию все встречающиеся в природе тела, мы замечаем, что тепло стремится равномерно распределиться по всему нагреваемому телу. Тела в свою очередь передают это тепло окружающим и соприкасающимся с ними телам. При этом тело, более нагретое, передает часть своего тепла менее нагретому, и этот процесс длится до тех пор, пока не произойдет уравнивания тепла в обоих телах. Различают три способа передачи тепла от более нагретого тела менее нагретому: теплопроводность, конвекция и лучеиспускание.

Явление теплопроводности состоит в том, что тепло переходит постепенно от одной частицы тела к другой, распространяясь по всему телу. Теплопроводность различных веществ неодинакова. Так, металлы обладают сильной теплопроводностью, а например, дерево имеет слабую теплопроводность. Отсюда одни предметы являются хорошими, а другие плохими проводниками тепла.

Явление конвекции состоит в том, что частицы газа или жидкости, нагретшись около какого-либо теплого предмета, становятся легче вследствие уменьшения их удельного веса и начинают подниматься вверх, а на их место к предмету подвигаются все новые и новые частицы. Таким путем все частицы газа или жидкости нагреваются до такой степени, что темпе-

ратура их становится равной температуре нагретого предмета. Таким образом передача тепла требует соприкосновения нагреваемых частиц с нагретым предметом. При передаче тепла лучеиспусканием нагретое тело излучает тепловые лучи, которые проходят некоторое воздушное пространство, не вызывая заметного его нагревания, и переходят частично или полностью снова в тепло, воспринимаемое другим телом.

Основным способом использования тепла для процесса сушки является конвекция, тем не менее нам придется встретиться и с явлениями теплопроводности и лучеиспускания.

Передача тепла лучеиспусканием достигает значительных размеров лишь тогда, когда температура нагретого предмета очень высока ($500-1000^\circ$) и нагреваемый предмет находится на небольшом расстоянии от нагретого. При рассмотрении сложных процессов теплопередачи пользуются некоторыми комбинированными коэффициентами, полученными в результате комбинирования различных способов теплопередачи.

Передача тепла теплопроводностью. Процесс передачи тепла теплопроводностью можно представить следующим образом. Предположим, что у нас имеется плоская стена с поверхностью F , толщиной δ , причем на поверхности одной стороны стена имеет температуру Θ_1 , а на поверхности другой — Θ_2 . Вследствие разности температур между обеими сторонами стены поток тепла будет переходить через стену со стороны с более высокой температурой к стороне с меньшей температурой, встречая на своем пути сопротивление стены. Этот поток тепла Q , как выявлено теоретическими и практическими работами, прямо пропорционален площади F , разности температур $\Theta_1 - \Theta_2$ и обратно пропорционален толщине стены δ . Количество тепла Q также зависит от способности материала стены проводить тепло и определяется следующим уравнением:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} F (\Theta_1 - \Theta_2), \quad (51)$$

где λ — коэффициент теплопроводности материала стены, равный количеству тепла в *Кал*, проходящего в час через стену площадью 1 м^2 , толщиной 1 м при разности температур по обе стороны стены в 1°C .

Передача тепла конвекцией. Рассматривая процесс передачи тепла от поверхности нагретой стены в окружающую среду (газ, жидкость), можно вывести следующее правило: количество тепла Q , переходящее в 1 час с поверхности стены F с температурой Θ_2 в окружающую среду с температурой t_2 , прямо пропорционально площади F стены в м^2 и разности температур $\Theta_2 - t_2$ и определяется по формуле:

$$Q = aF(\Theta_2 - t_2), \quad (52)$$

где a — коэффициент пропорциональности (теплоперехода), определяющий теплопередачу от стены в окружающую среду. Коэффициент a , являясь чисто опытной величиной, зависит не от материала стены, а исключительно от окружающей ее среды.

Молье для разных состояний среды установил следующие значения a ¹⁾.

1. Для равномерного спокойного состояния:

а) при кипящей воде и умеренной циркуляции $a = 4000 - 6000$;

б) при некипящей воде $a = 500$;

в) при конденсирующемся водяном паре $a = 9000 - 10\,000$;

г) при воздухе, газах, перегретых парах $a = 2 - 4$.

2. При хорошей циркуляции, осуществляемой соответствующими приспособлениями, или же при быстром удалении пузырьков воздуха с помощью мешалки:

а) при кипящей воде $a = 6\,000$ и более;

б) при некипящей воде с помешиванием $a = 2000 - 4000$;

в) при конденсирующемся водяном паре $a = 10\,000$ и более том случае, если осадки воды, воздушные пузырьки и т. п. медленно отводятся;

г) при воздухе и т. д. $a = 4$.

3. При условии правильного течения со скоростью v м/сек.:

а) при некипящих жидкостях $a = 300 + 800 \sqrt{v}$, для $v = 0,05 - 2$ м/сек;

б) при воздухе, газах и перегретом паре $a = 2 + 10 \sqrt{v}$, для $v = 1 - 100$ м/сек.

Ознакомившись с явлениями теплопередачи, теплопроводностью и конвекцией, переходим к выявлению коэффициента теплопередачи от одной среды к другой через стены.

Рассмотрим наиболее простой случай теплоотдачи наружной стеной, причем температура внутреннего воздуха T , а наружного — t . Поток тепла из более нагретой среды будет переходить в менее нагретую, встречая на своем пути сопротивление стеной. Процесс перехода тепла протекает в три стадии: 1) поглощение тепла внутренней поверхностью стены, 2) передача тепла через толщу стены и 3) выделение тепла наружной поверхностью стены. Выразим эти количества тепла в математической форме.

Количество тепла Q_1 , поглощаемое внутренней поверхностью стеной в 1 час, по закону Ньютона будет:

$$Q_1 = F (T - t_1) a_1, \quad (53)$$

где:

F — поверхность стеной в м²;

t_1 — температура внутренней поверхности стеной;

¹⁾ Отто Марр, „Сушка и сушилка“, 1932.

a_1 — коэффициент поглощения тепла внутренней поверхностью, т. е. количество тепла в *Кал*, поглощаемое 1 м² поверхности стены в один час при разности температур между поверхностью стены и окружающим воздухом в 1 °С.

Количество тепла Q_2 , передаваемое через толщу стены в 1 час, по законам элементарной физики будет:

$$Q_2 = F \frac{\lambda}{\delta} (\tau_1 - \tau_2), \quad (54)$$

где τ_2 — температура наружной поверхности стены.

Количество тепла Q_3 , отдаваемое наружной поверхностью стены в 1 час, выражается по аналогии с поглощением тепла внутренней поверхностью стены:

$$Q_3 = F(\tau_2 - t)a_2,$$

где a_2 — коэффициент выделения тепла, т. е. количество тепла в *Кал*, выделяемое 1 м² поверхности стены при разности температур между поверхностью стены и окружающим воздухом в 1 °С.

При установившемся состоянии через все три стадии процесса проходит одно и то же количество тепла, так как в процессе теплопередачи стена не аккумулирует тепло и не имеет дополнительных источников тепловыделения. Следовательно $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$. Принимая $F = 1$, мы можем написать:

$$Q = (T - \tau_1)a_1; \quad Q = (\tau_1 - \tau_2) \frac{\lambda}{\delta}; \quad Q = (\tau_2 - t)a_2 \quad (55)$$

Решая эти уравнения относительно разностей температур, найдем:

$$T - \tau_1 = \frac{Q}{a_1}; \quad \tau_1 - \tau_2 = Q \frac{\delta}{\lambda}; \quad \tau_2 - t = \frac{Q}{a_2}. \quad (56)$$

Складывая почленно эти три уравнения, получим:

$$T - t = Q \left(\frac{1}{a_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_2} \right), \quad (57)$$

отсюда:

$$Q = \frac{(T - t)}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_2}}. \quad (58)$$

В формуле (58) обозначим величину, обратную знаменателю, через K ,

тогда:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_2}}. \quad (59)$$

Формула (59) представляет собой выражение общего коэффициента теплопередачи, т. е. количество тепла в *Кал*, теряемое 1 м² поверхности стены в 1 час при разности температур в 1 °С.

Если теперь принять поверхность стены равной *F*, то формула (58) примет вид:

$$Q = FK(T - t). \quad (60)$$

Передача тепла лучеиспусканием. Как мы уже упоминали, передача тепла лучеиспусканием имеет место главным образом при высокой температуре нагретого тела (500—1 000 °С), сушка же производится при сравнительно низких температурах, а поэтому влияние лучеиспускания по большей части не может иметь существенного значения.

Для определения теплопередачи путем лучеиспускания можно пользоваться уравнением Стефана-Больцмана:

$$Q = CF \left(\frac{\Theta}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (61)$$

где:

- Q* — обмен тепла путем лучеиспускания в 1 час на 1 м² между двумя телами с абсолютными температурами;
- $\Theta = 273 + t_2$ для более горячей поверхности;
- $T = 273 + t_1$ для более холодной из двух поверхностей, расположенных друг против друга;
- F* — поверхность лучеиспускания в м²;
- C* — общий коэффициент лучеиспускания;
- t_1 и t_2 — температура поверхностей в °С.

Общий коэффициент лучеиспускания *C* определяется следующим образом:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_{\max}}}, \quad (62)$$

где:

- C_1 — коэффициент лучеиспускания тела, отдающего теплоту;
- C_2 — коэффициент лучеиспускания тела, воспринимающего теплоту;
- $C_{\max}$ — коэффициент лучеиспускания абсолютно черных тел, равный по Hütte 4,6.

Теплопередача одновременно посредством всех трех способов подсчитывается как сумма отдельных способов передачи.

Тепло через стену, когда по одну сторону находится жидкость, а по другую—газ, посредством всех трех способов передается от стены в газообразную среду.

Общий коэффициент теплопередачи K определяется тогда по следующей формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2 + \alpha_s} + \frac{\delta}{\lambda}}, \quad (63)$$

где:

α_1 и α_2 — коэффициенты теплопередачи путем теплопроводности и конвекции между стеной и газообразной или жидкой средой;

δ — толщина стены;

λ — коэффициент теплопроводности стены;

α_s — коэффициент теплопередачи излучением, определяющийся из уравнения:

$$\alpha_s = \frac{C \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{t_2 - \tau_2} \quad (64)$$

где:

C — постоянная лучеиспускания поверхности стены;

t_2 и T_1 — температура поверхности стены, обращенной к газу;

T_2 — температура окружающих поверхностей;

τ_2 — температура газа.

В наших расчетах мы пренебрегаем лучеиспусканием и будем пользоваться для определения общего коэффициента теплопередачи K основным уравнением (59). Можно также брать значение K из различных справочников.

Пример Определить K для кирпичной стены ($\lambda = 0,74$) толщиной $\delta = 0,64$ м, если с одной стороны коэффициент теплопередачи $\alpha_1 = 8,6$, а с другой стороны $\alpha_2 = 9,6$.

Применяя уравнение (59), подставляем наши значения и получаем:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{8,6} + \frac{0,64}{0,74} + \frac{1}{9,6}} \approx 0,9.$$

В данном примере нами рассмотрен случай определения коэффициента теплопередачи K для кирпичной стены толщиной $\delta = 0,64$ м. В большинстве случаев такая толщина стены вызывается исключительно требованиями теплотехники. По условиям прочности стены зданий и особенно сушилки можно делать более тонкими и тем достичь значительной экономии на материале и рабочей силе. Поэтому в практике современного строительства широкое распространение получила тепловая изоляция.

Таким образом получаются стены, состоящие из нескольких слоев. При определении коэффициента K таких стен пользуются следующей формулой:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}}, \quad (65)$$

или:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}. \quad (66)$$

Пример. Определить коэффициент теплопередачи K кирпичной стены состоящей из кирпичной кладки толщиной в $1\frac{1}{2}$ кирпича, или 0,38 м, теплоизоляции—торфяной плиты толщиной $X = 0,015$ м и слоя штукатурки в 0,02

Применяя формулу (65), получим:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{8,6} + \frac{0,02}{0,68} + \frac{0,015}{0,04} + \frac{0,38}{0,74} + \frac{1}{9,6}} = 0,9.$$

Определим коэффициенты поглощения и выделения тепла и α_2 .

Величину α_1 при температуре поверхности не выше 60 можно определить по формуле Ньютона с поправкой Пекле:

$$\alpha_1 = \alpha + C + (0,0075 \alpha + 0,0056 C) (T - \tau_1), \quad (67)$$

где:

α — коэффициент конвекции, значения которого для разных случаев указаны выше;

C — коэффициент лучеиспускания (величину его для строительных материалов можно принять равной 3 так как строительные материалы имеют преимущественно гладкие, а не шлифованные поверхности);

$T - \tau_1$ — разность температур воздуха в помещении и внутренней поверхности стены;

Для кирпичной стены толщиной 0,12 м	$T - \tau_1$	.....
” ” ” ” 0,25 ”	$T - \tau_1$	.....
” ” ” ” 0,38 ”	$T - \tau_1$	.....
” ” ” ” 0,51 ”	$T - \tau_1$	.....
” ” ” ” 0,64 ”	$T - \tau_1$	.....
” ” ” ” 0,77 ”	$T - \tau_1$	.....
” ” ” ” 0,9 ”	$T - \tau_1$	.....
” ” ” ” 1,03 ”	$T - \tau_1$	.....
” ” ” ” свыше 1,03 м	$T - \tau_1$	.....

Для оконного стекла одинарного	$T - \tau_1$	.....
” ” двойного	$T - \tau_1$	.....
” деревянной двери наружной	$T - \tau_1$	.....
” потолка с насыпкой	$T - \tau_1$	.....
” внутренних стен	$T - \tau_1$	.....

Коэффициент выделения тепла α_2 определяется по той же формуле, что и α_1 . Разница лишь в величине коэффициента конвекции α , который следует подобрать по справочнику, сообразуясь с состоянием наружного воздуха.

ТОПЛИВО И ЕГО ГОРЕНИЕ

Всякий горючий материал, предназначенный для сжигания, чтобы пользоваться выделяющейся при этом теплотой, называется топливом.

Для промышленных целей топливо должно удовлетворять следующим требованиям:

- 1) быть достаточно распространенным в природе;
- 2) стоить возможно дешево;
- 3) легко загораться и гореть непрерывно, не требуя притока теплоты извне;
- 4) при горении не выделять вредных газов;
- 5) не содержать много влаги и золы;
- 6) не портиться при продолжительном хранении на открытом воздухе;
- 7) при сгорании выделять достаточное количество тепла.

В природе встречается очень много видов топлива, по их можно разделить на несколько групп в зависимости от агрегатного состояния топлива и способа получения. По своему происхождению топливо разделяется на естественное и искусственное. Топливо каждой из указанных групп по чисто внешним признакам может быть подразделено на: 1) твердое, 2) жидкое и 3) газообразное.

Все виды топлива можно разделить на:

Естественные

Искусственные

А. Твердое топливо

Дрова, древесные срезки
Древесные отходы, хвойные шишки, иглы, опилки, стружки
Семячковая шелуха, отдубина, остатки злаковых растений, капыга, навоз и др.
Торф
Сланец и сапропелиты
Бурый уголь, куриной, каменный уголь, антрацит

Древесный уголь
Брикеты
Брикеты
Торфиной кокс, брикеты
Каменноугольный кокс, брикеты

Б. Жидкое топливо

Нефть натуральная

Бензин, керосин, лигроин, моторная нефть, мазут, спирты, сланцевые и другие смолы, древесный деготь, древесная смола, торфяная смола, каменноугольный деготь

В. Газообразное топливо

Природный горючий газ

Каменноугольный газ, генераторный водяной, доменный газ, светильный газ

Всякое топливо состоит из органической массы и баласта. К органической массе относится углерод С, водород Н, кислород О и азот N, к баласту—зола А, вода W и сера S. Вода разделяется на внешнюю, легко отдаваемую, т. е. влажность топлива, и внутреннюю, трудно отдаваемую топливом, т. е. гигроскопическую влагу. Сера делится на горючую и негорючую, остающуюся в шлаках. В органической массе имеется также баласт, но он не оставляет никаких следов после сгорания ее. Баластом этим служит кислород О и азот N. Азот не участвует в процессе горения топлива, а кислород, находясь в органической массе, связывает некоторую часть горючей массы топлива, которая состоит из углерода и водорода. Наиболее теплоценным в топливе является водород, затем углерод и меньше всего сера, кислород же обесценивает топливо в отношении его теплоценности. Сера помимо своей мало теплоценности при сжигании топлива приносит вред, отравляя воздух образующимся SO_2 и портя незащищенные металлические части.

При нагреве топлива без доступа воздуха, т. е. при сухом перегонке его, органическая масса его распадается на две части—летучую и нелетучую, или кокс. При постепенном нагревании топлива сначала выделяется вода, затем углеводороды, наконец, продукты частичного или полного окисления углерода, водорода и серы. В коксе остается твердый, нелетучий углерод, нелетучая часть серы и минеральные примеси, или зола. Горение является химической реакцией, при которой главным образом происходит при определенной температуре и сильном образовании тепла соединение отдельных элементов топлива с кислородом воздуха.

При полном сгорании углерод образует углекислоту CO_2 , водород—воду H_2O и сера—сернистый ангидрид SO_2 ; полное сгорание происходит тогда, когда имеется достаточный приток воздуха, например когда на 1 объем углерода приходится 2 объема кислорода воздуха (при этом развивает 8100 единиц тепла).

При недостаточном притоке воздуха, т. е. недостаточном количестве кислорода, полного сгорания не происходит. Так например, если на 1 объем углерода приходится 1 объем кислорода, то образуется окись углерода CO и при этом развивает только 2400 единиц тепла. Процесс горения для полного сгорания топлива должен проходить при достаточно высокой температуре.

Как уже было указано, всякое топливо при сгорании развивает некоторое количество тепла. Так как главной целью применения топлива является получение тепловой энергии, величина, характеризующая количество тепловой энергии, заключенной в единице данного топлива, служит очень важной его характеристикой.

Количество тепла в калориях, развивающееся из 1 кг твердого или жидкого топлива или же 1 м³ газообразного топлива приведенного к 0°C и 76 см давления ртутного столба, при полном сгорании его называется теплопроизводительностью, или теплотворной способностью топлива.

Обычно теплотворную способность топлива определяют по формуле проф. Менделеева Д. И., зная химический состав топлива:

$$Q_v = 81C + 300H - 26(O - S).$$

Очень распространена среди теплотехников формула немецких инженеров, являющаяся упрощением формулы Дюлонга:

$$Q_n = 81C + 290 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 25S - 6W.$$

В этих формулах:

Q_v и Q_n — теплопроизводительность (высшая и низшая);

C — процентное содержание углерода в топливе;

H — процентное содержание водорода в топливе;

O — процентное содержание кислорода в топливе;

S — процентное содержание серы в топливе;

W — процентное содержание воды в топливе.

Органическая масса каждого топлива является постоянной и разновидность каждого топлива зависит от его загрязненности, т. е. зольности и влажности.

Необходимое количество воздуха и состав горючих газов. В основу всех расчетов горения принимают следующие уравнения горения:

12 кг углерода + 32 кг кислорода = 44 кг углекислого газа + 99 600 Кал;

12 кг углерода + 16 кг кислорода = 28 кг окиси углерода + 28 400 Кал;

28 кг окиси углерода + 15 кг кислорода = 44 кг углекислоты + 68 200 Кал;

2 кг водорода + 16 кг кислорода = 18 кг воды (жидкой) + 68 380 Кал.

Принятые в химии объемные или атомные веса на 1 кг водорода составляют для углерода 12, кислорода — 16, серы — 32. Таким образом, если, например, в углекислоте CO_2 на 3 весовые части C приходится 8 весовых частей O , то для сгорания 3 кг C в CO_2 требуется 8 кг O . В сернистой кислоте SO_2 на 1 весовую часть серы S приходится 1 весовая часть O , а в вод H_2O на 1 весовую часть H приходится 8 весовых частей O .

Если топливо по данным анализа содержит еще и кислород, то, рассчитывая необходимое количество воздуха, нужно принять во внимание также и кислород. Теоретическое количество кислорода, необходимое для полного сгорания 1 кг то

лива, содержащего C кг углерода, H кг водорода, S кг и O кг кислорода, определяется уравнением горения:

$$Q_{\min} = \frac{32}{12} C + 8H + S - O \text{ кг.}$$

По закону Авогадро 32 кг кислорода при 0°C и 760 мм метрического давления занимают объем в 22,4 м³.

Таким образом 1 кг кислорода занимает объем:

$$\frac{22,4}{32} \text{ м}^3.$$

Необходимое теоретическое количество кислорода для сжигания 1 кг топлива составит:

$$Q_{\min} = \frac{22,4}{32} \left(\frac{32}{12} C + 8H + S - O \right) \text{ м}^3 (0^\circ, 760 \text{ мм}).$$

Воздуха теоретически необходимо $\frac{1}{0,21}$ объема кислорода

$$L_{\min} = \frac{22,4}{32 \cdot 0,21} \left(\frac{32}{12} C + 8H + S - O \right) \text{ м}^3 (0^\circ, 760 \text{ мм}).$$

где $L_{\min}$ — теоретическое количество воздуха в м³.
Отсюда имеем:

$$L_{\min} = 8,9C + 3 \left(H + \frac{S}{8} - \frac{O}{8} \right) \text{ м}^3 (0^\circ, 760 \text{ мм}).$$

Для температуры t и давления p ртутного столба

$$L_{t,p} = L_{0^\circ, 760} (1 + \alpha t) \frac{760}{p} \text{ м}^3,$$

где α — коэффициент расширения воздуха = 0,00365 при 0°C .

Если химический состав топлива неизвестен, но известна теплотворная способность, то количество воздуха, необходимое для сжигания 1 кг топлива, подсчитывается согласно следующей формуле:

$$L_{\min} = \frac{Q_{\text{н}}}{A},$$

где вместо A вставляются следующие величины:

При сжигании	мазута	901	
"	"	углей	902
"	"	торфа	881
"	"	дров	895

Количество тепла, развивающегося при этом, называется теплопроизводительностью горючего материала, обозначается через Q_v и выражается в Кал/кг .

Теплопроизводительность топлива различна. Для сравнения разных видов топлива за единицу принимают топливо с тепло-творной способностью 7000 Кал , называемую условным топливом.

Отношение λ (фактически необходимое количество воздуха) к $L_{\min}$ (теоретически необходимое количество воздуха), т. е. отношение подаваемого количества воздуха к минимально необходимому для полного сгорания количеству, называют коэффициентом избытка воздуха. Практически коэффициент избытка воздуха, величина которого зависит от рода топлива и системы топки, принимают в большинстве случаев равным $1,3—1,5$ и для штыбов — $1,7—1,9$. Даже при этих условиях невозможно полное сгорание составных частей горючего, и на практике довольствуются достижением этой цели лишь на $0,8—0,9$. Таким образом коэффициент полезного действия η горения составит:

$$\eta = 0,8—0,9.$$

(Приведенные в приложении таблицы характеризуют разные виды топлива).

Пример. Определить фактически необходимое количество воздуха при температуре его $t = 18^\circ$ и барометрическом давлении $p = 752 \text{ мм рт. ст.}$ для сжигания 100 кг торфа (мхового), если химический состав его $42,7\% \text{ C}$, $4,08\% \text{ H}_2$, $25\% \text{ O}_2$, $0,17\% \text{ S}$.

Применяя формулу (69) и подставляя значения химического состава торфа (мхового), получим:

$$L_{\min} = 8,9 \text{ C} + 3 \left(\text{H} + \frac{\text{S}}{8} - \frac{\text{O}}{8} \right) = 8,9 \cdot 42,7 + 3 \left(4,08 + \frac{0,17}{8} - \frac{25}{8} \right) = 3,83 \text{ м}^3/\text{кг} (0^\circ, 760 \text{ мм}),$$

а при нашей заданной характеристике ($t = 18^\circ$ и $p = 752 \text{ мм рт. ст.}$) будет (формула 70):

$$L_{\min} = L_{0^\circ, 760} (1 + \alpha t) \frac{760}{p} = 3,83 (1 + 0,00365 \cdot 18) \frac{760}{752} = 4,14 \text{ м}^3/\text{кг} (18^\circ, 752 \text{ мм}),$$

а для сжигания 100 кг торфа (мхового) количество воздуха $L_{\text{т.р}}$ потребуется:

$$L_{18^\circ, 760} = 4,14 \cdot 100 = 414 \text{ м}^3.$$

Принимая коэффициент избытка воздуха, нужного для полного сжигания топлива (торфа), $\lambda = 2$, получим необходимое фактическое количество воздуха:

$$414 \cdot 2 = 828 \text{ м}^3.$$

Состав дымовых газов и температура горения. Количество вводимого для горения свежего воздуха определяет вес и удельную теплоту дымовых газов, а также температуру горения. Вес дымовых газов равняется весу горячего и свежего воз-

духа вместе взятых, за вычетом веса остающихся от горения шлака и золы. Поскольку этот последний весьма незначителен, им можно пренебречь, и тогда на 1 кг горючего достаточно взять $1 + L$ кг воздуха. Принимая вес 1 м³ воздуха при 0° равным 1,3 кг и его плотность почти равной плотности дымовых газов, определяем количество газов, получающихся из 1 кг горючего в м³ при 0°, по формуле:

$$V_R = B \frac{L + 1}{1,3}.$$

Объем дымовых газов V_R можно определить и другим путем, а именно на основании математических соотношений между составом топлива и газов, получившихся при сгорании этого топлива.

Анализ дымовых газов производят при помощи аппарата Орса.

Если топливо имеет углерода С%, водорода Н% и воды W%, а отходящие газы состоят по объему из углекислоты CO₂, кислорода O₂, окиси углерода CO, азота N₂, то объем дымовых газов будет состоять из таких величин:

$$\text{CO}_2 = 1,87 \frac{C}{100} \cdot \frac{\text{CO}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \text{ м}^3 \text{ на 1 кг топлива (0°, 760 мм);}$$

$$\text{CO} = 1,87 \frac{C}{100} \cdot \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \text{ м}^3 \text{ на 1 кг топлива (0°, 760 мм);}$$

$$\text{O}_2 = 1,87 \frac{C}{100} \cdot \frac{\text{O}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \text{ м}^3 \text{ на 1 кг топлива (0°, 760 мм);}$$

$$\text{N}_2 = 1,87 \frac{C}{100} \cdot \frac{\text{N}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \text{ м}^3 \text{ на 1 кг топлива (0°, 760 мм);}$$

$$\text{сумма сухих дымовых газов: } 1,87 \frac{C}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \text{ м}^3 \text{ на 1 кг топлива (0°, 760 мм)}$$

$$\text{объем водяного пара: } \frac{9\text{H} + \text{W}}{73,9} \text{ м}^3 \text{ на 1 кг топлива (0°, 760 мм);}$$

$$\text{общий объем дымовых газов } V = 1,87 \frac{C}{\text{CO}_2 + \text{CO}} + \frac{9\text{H} + \text{W}}{73,9} \\ \text{на 1 кг топлива (0°, 760 мм).}$$

Подставляя в уравнения величину С, пужно уменьшить ее на количество углерода, содержащегося в золе и шлаках. Так например, если а — количество топлива в шлаке и золе, С' — количество углерода в нем, а С'' — количество углерода в процентах в топливе, то подставляемая величина будет:

$$C'' = C - aC' \frac{1}{100} \quad (71')$$

Пример. Определить количество дымовых газов от сгорания 1 кг дубовых дров, если химический состав их такой: 39% С, 4,68% Н₂, 33,52% О₂, 1% N₂, 2,8% золы, 20% Н₂O.

Среднее содержание углерода С в пилаке и золе по весу их равняется 15,35%.

Состав дымовых газов по объему: CO₂ 5,4%, O₂ 11,6%, CO 0,6%, N₂ (из разности) 82,4%.

Величину С в приведенных ниже уравнениях согласно формуле (70) заменяем на

$$C^* = 39 \frac{28 \cdot 15,35}{100} = 38,57\%.$$

Объем дымовых газов определяем по формуле:

$$V_{CO_2} = 1,87 \frac{38,57}{100} \cdot \frac{5,4}{5,4 + 0,6} = 0,64 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{O_2} = 1,87 \frac{38,57}{100} \cdot \frac{11,6}{5,4 + 0,6} = 1,37 \text{ „}$$

$$V_{CO} = 1,87 \frac{38,57}{100} \cdot \frac{0,6}{5,4 + 0,6} = 0,06 \text{ „}$$

$$V_{N_2} = 1,87 \frac{38,57}{100} \cdot \frac{82,4}{5,4 + 0,6} = 9,95 \text{ „}$$

$$V_{H_2O} = \frac{9 \cdot 4,68 + 20}{100} = 0,62 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_R = 12,64 \text{ м}^3/\text{кг топлива.}$$

Температура горения. Теоретической температурой горения называется наивысшая температура, которую приобретают горючие газы при полном горении топлива с теоретическим количеством воздуха без потерь тепла.

На практике эта температура никогда не достигается вследствие: 1) притока излишнего воздуха, охлаждающего продукты горения, 2) отнятия теплоты лучеиспускющими поверхностями и другими факторами, влияющими на понижение температуры горения. Таким образом практическая температура горения всегда ниже теоретической. В основном температура горения зависит от теплотворной способности топлива: чем выше теплотворная способность топлива, тем выше температура горения топлива, и наоборот. Температуру горения, не превышающую 300°C, измеряют термометрами, а выше — пирометрами.

Можно определить температуру в топке по цвету раскаленного топлива, а именно:

Начало красного каления	указывает на температуру около	525°
Темнокрасный жар	„ „ „	700°
Начало вишневого жара	„ „ „	800°
Вишневый жар	„ „ „	900°
Светловишневый	„ „ „	1000°

Темнооранжевый	"	"	"	"	1100°
Светлосоранжевый или желтый	"	"	"	"	1200°
Белокалийный	"	"	"	"	1300°
Ослепительно белый	"	"	"	"	1500°

Определение температуры в точке по цветам раскаленного топлива является довольно ориентировочным.

Теоретическую температуру горения можно также определить, зная теплотворную способность топлива, его химический состав и среднюю удельную теплоту горючих газов, по формуле¹⁾:

$$t = \frac{H_u + Q}{AC_{\text{ср. а}} + B_{\text{ср. в}} + C_{\text{ср. с}}},$$

где:

H_u — рабочая теплопроизводительность топлива в Кал/м^3 или Кал/кг ;

Q — количество тепла на подогрев топлива или воздуха для горения в Кал/м^3 или Кал/кг ;

A — количество азота и кислорода, выделяемого 1 м^3 или 1 кг топлива, в м^3 ;

B — количество углекислоты, образуемой 1 м^3 или 1 кг топлива, в м^3 ;

C — количество водяного пара, образуемого 1 м^3 или 1 кг топлива, в м^3 ;

$C_{\text{ср. а}}$, $C_{\text{ср. в}}$, $C_{\text{ср. с}}$ — средние удельные теплоты отдельных составных частей отходящих газов N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O при определяемой температуре горения в Кал/м^3 .

Удельная теплота C_p дымовых газов зависит от их состава и температуры, а поэтому, если обозначить веса отдельных продуктов горения через $g_1, g_2, g_3, g_4, \dots, g_n$, а соответствующие им удельные теплоты через $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots, S_n$, то среднюю удельную теплоту в Кал/кг можно определить по формуле:

$$C_p = \frac{g_1 S_1 + g_2 S_2 + g_3 S_3 + g_4 S_4 + \dots + g_n S_n}{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + \dots + g_n}. \quad (72)$$

Так как теплота газов изменяется в зависимости от температуры, то, пользуясь уравнением для определения теоретической температуры горения, следует определить температуру t на глаз, затем удельные теплоты при этой температуре и тогда уже проверить, действительно ли взятая температура отвечает вычисленной по этому уравнению.

Schack A.²⁾ составил ряд формул, позволяющих вычислять теоретические температуры горения без приблизительного их

¹⁾ Штегер В., "Тепловое хозяйство в керамической промышленности", 1931, стр. 4.

²⁾ Mitteilungen der Wärmestelle des Verbandes deutscher Eisenhüttenleute, № 87.

определения. Для этого следует лишь знать анализ отходящих газов и теплопроизводительность применяемого топлива. В зависимости от искоемых температур пользуемся одной из указанных ниже формул.

1. Для температур в пределах 800—1300°C:

$$t = \frac{H_u + Q + 32 A + 80 B + 75 C}{0,364 A + 0,591 B + 0,477 C} \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (73)$$

2. Для температур в пределах 1100—2400°C:

$$t = \frac{H_u + Q + 50,4 A + 108 B + 180 C}{0,378 A + 0,607 B + 0,565 C} \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (74)$$

3. Для температур в пределах 1700—2800°C:

$$t = \frac{H_u + Q + 93,5 A + 128 B + 448 C}{0,400 A + 0,621 B + 0,695 C} \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (75)$$

В этих формулах H_u — рабочая теплопроизводительность топлива в Кал/кг или Кал/м^3 ;

Q — количество тепла на подогрев 1 кг топлива в Кал/кг или Кал/м^3 ;

A — количество N_2 и O_2 , выделяемого 1 кг твердого или жидкого топлива или же 1 м^3 газообразного топлива, приведенного к 0° и 760 мм рт. ст. в м^3 ;

B — количество CO_2 , выделяемого 1 м^3 газообразного топлива или 2 кг твердого или жидкого топлива, приведенного к 0° и 760 мм рт. ст.;

C — количество водяного пара, полученного из 1 м^3 газообразного топлива или 1 кг твердого или жидкого топлива, приведенного к 0° и 760 мм рт. ст.

Определив удельную теплоту дымовых газов по формуле (72), теоретическую температуру горения можно также вычислить по упрощенной формуле:

$$t = \frac{Q_v}{C_p (L + 1)} \text{ } ^\circ\text{C,} \quad (76)$$

так как вес газовой смеси, умноженный на свою удельную теплоту и температуру, должен быть равен теплопроизводительности Q_v :

$$Q_v = (L + 1) C_p t.$$

Так как вычисленной таким образом температуры на практике достичь нельзя вследствие указанных выше причин, то в формулу (76) следует внести ряд поправок, а именно: коэффициент полезного действия горения $\eta = 0,8\text{--}0,9$, снижение действительной теплопроизводительности Q_v на 5% ввиду наличия

неизбежных потерь на охлаждение, коэффициент δ передачи лучистой теплоты для внутренней точки по Peclet равен 0,25—0,3, для точки снизу — 0,21—0,25.

Принимая все эти факторы во внимание, формуле (76) можно придать следующий вид:

$$t = \eta \frac{(1 - \delta) 0,95 Q}{(1 + L) C_p}. \quad (77)$$

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА СУШКИ

Процесс сушки состоит в удалении влаги из продукта. При рациональной сушке плодов и овощей влага удаляется исключительно при помощи тепла и воздуха. В сырье влага содержится в трех состояниях: свободном, связанном и фиксированном.

Свободная влага легко испаряется при соответствующих параметрах рабочего воздуха (температура, влагосодержание и другие характеристики).

Связанная влага часто называется кристаллизационной, гигроскопической.

Фиксированная влага — влага гидратная, химически соединенная с сырьем, вызывающая резкое повышение точки кипения, понижение упругостей паров растворов и другие явления. Сюда можно отнести влагу насыщенных растворов. Известно, что для кипения растворов, которыми являются соки плодов и овощей, всегда требуется некоторое повышение температуры (по сравнению с температурой чистой дистиллированной воды при прочих равных условиях). Фиксированная влага может быть удалена из сырья лишь после удаления свободной и связанной влаги и при высоких температурах. По характеру связи между сырьем и влагой различают внешнюю и гигроскопическую влагу. Внешней называется влага, меньше связанная с сырьем, а гигроскопической — более тесно связанная с сырьем. При испарении влаги плодов и овощей концентрация сока их повышается, и скорость испарения изменяется в связи с повышением упругости их паров и точки кипения.

Все влажные тела могут находиться в двух основных состояниях: влажном и гигроскопическом. Тело называется влажным, когда парциальное давление паров над поверхностью его при бесконечно малой скорости сушки равно давлению насыщенных паров жидкости при той же температуре. Тело называется гигроскопическим, когда парциальное давление паров над поверхностью его при бесконечно малой скорости сушки меньше давления насыщенного пара чистой жидкости при той же температуре. Развивая данные положения, тело можно назвать влажным, если его влагосодержание является чистой жидкостью, легко отдаваемой телом окружающему воздуху. Сопротивления, создаваемые испарением чистой жидкости, заключенной в разбух-

ших клеточках, зависят от продолжительности сушки. Эти сопротивления совершенно исчезают при долгой сушке. Если влага, заключенная в теле, растворяет часть составляющих его, то тело можно назвать гигроскопическим; такое тело легко поглощает влагу из окружающей газообразной среды воздуха. Сырье становится гигроскопическим, когда его влагосодержание ниже известного предела. Сырье может считаться влажным при большом влагосодержании и гигроскопическим при малом. Влагосодержание, обуславливающее переход сырья из влажного состояния в гигроскопическое, называется гигроскопической точкой.

Процесс сушки воздухом состоит в испарении влаги, т. е. восприятии воздухом вместе с испаряемой влагой заключающихся в парах запасов тепла. Следовательно, при испарении влаги часть тепловой энергии переходит в теплоту парообразования той жидкости, которую воздух, испарив, воспринял от высушиваемого сырья. При воздушной сушке теплопередача и испарение происходят главным образом на поверхности сырья. Нагретый воздух, проходя над сырьем, поглощает его влагу, отчего происходит понижение температуры воздуха и повышение его влагосодержания. Для осуществления процесса сушки необходимо, чтобы нагретый воздух не был насыщен влагой и обладал способностью поглощать количество влаги, выделяемой из сырья на его поверхности. Скорость испарения (количество испаряемой влаги в единицу времени) возрастает с увеличением разности упругостей паров у поверхности испарения и в окружающем воздухе. По мере испарения влаги с поверхности сырья внутренняя влага диффундирует тоже на поверхность его и по испарении поглощается и уносится воздухом. Поверхностная влага испаряется легко, и это испарение протекает так же, как и со свободной поверхности.

Для рационального ускорения сушки необходимо понижение относительной влажности воздуха и повышение давления паров у поверхности.

Повышение давления паров у поверхности трудно достижимо в силу определенной зависимости температуры сырья в процессе сушки от состояния окружающего воздуха. В процессе испарения температура сырья стремится сравняться с температурой воздуха, измеряемой влажным термометром. Сырье принимает температуру влажного термометра при прекращении испарения влаги, т. е. выравнивании упругости паров в окружающем воздухе. Температура сырья тем ближе к температуре влажного термометра, чем выше относительная влажность воздуха. Эта закономерность наблюдается до момента прекращения испарения влаги с поверхности сырья.

Как уже было указано, ускорение сушки происходит при понижении относительной влажности воздуха. Последнее достигается повышением температуры воздуха, благодаря чему уве-

личивается способность воздуха поглощать влагу. Повышение же температуры воздуха, а следовательно, и сырья сверх известного предела может оказать отрицательное влияние, о чем будет сказано ниже.

Процесс сушки происходит правильно, если скорость испарения влаги с поверхности равна скорости перемещения влаги из глубины сырья.

Ускорение испарения влаги с поверхности сырья и таким образом нарушение равновесия между количеством испаряемой влаги с поверхности его и количеством диффундирующей на поверхность из глубоких слоев сырья (плодов и овощей), может не ускорить сушку, а наоборот замедлить ее. Это явление очень часто наблюдается при сушке плодов и овощей, когда в результате превышения количества испаряемой влаги с поверхности сырья над количеством перемещающейся влаги из глубоких слоев на поверхность на высушиваемом сырье образуется корка, препятствующая выделению влаги из последнего.

Интенсивность диффузии влаги из глубины сырья на поверхность его, а следовательно повышение скорости сушки зависит не только от температуры воздуха, его состояния и состояния упругости паров над высушиваемым сырьем, но и от величины поверхности соприкосновения сырья с нагретым воздухом. Таким образом можно сказать, что время сушки Z при прочих равных условиях прямо пропорционально количеству испаряемой влаги W и обратно пропорционально:

- 1) поверхности испарения, омываемой нагретым воздухом
- 2) разности упругостей паров сырья (плодов и овощей) и рабочего воздуха так называемому потенциалу сушки

$$P_n - P_m = \Delta P;$$

- 3) коэффициенту сушки k .

Следовательно:

$$Z = \frac{W}{kF\Delta P} \text{ час.} \quad (78)$$

Испарение влаги в плодах и овощах происходит весьма неравномерно, а потому потенциал процесса ($k = \Delta P$) играет решающую роль в динамике сушки.

В начале процесса сушки влага испаряется очень быстро до некоторого момента, а затем скорость сушки резко падает. Это указывает на существование двух периодов сушки при переходе от испарения свободной влаги к испарению фиксированной. Точку перехода из первой стадии во вторую проф. Льюис характеризует как точку критической влажности. Для расчета динамики сушки Льюис предложил следующее уравнение:

$$-\frac{d(T-E)}{dZ} = \frac{2\alpha\beta(T-E)}{L(2\alpha + \beta L)}, \quad (79)$$

где:

α и β — коэффициенты;

Z — время сушки;

L — толщина тела;

T и E — общая и свободная влага.

Теперь рассмотрим, как протекает процесс испарения капли воды, если он будет адиабатическим. Если испарение капли воды происходит в атмосфере ненасыщенного воздуха с $t^0 > t_p$, то скорость процесса испарения $\frac{dW}{dZ}$ пропорциональна разности

парциальных давлений водяных паров воздуха p_v и водяных паров на поверхности капли p' (капля взята с поверхности F и весом W).

Скорость испарения $\frac{dW}{dZ} = U$ составит:

$$U = KF(p' - p_n),$$

где K — коэффициент диффузии водяных паров через пленку газа на капле.

Количество тепла dQ , переданное воздухом капле за время dZ , может быть выражено уравнением:

$$\frac{dQ}{dZ} = \alpha F(t_c - t_n),$$

где:

t_c — температура воздуха или температура сухого термометра;

t_n — температура капли или температура влажного термометра;

α — коэффициент теплопередачи через пленку газа на поверхности капли.

Изменение температуры капли продолжается до наступления динамического равновесия, при котором количество тепла, отдаваемое окружающим воздухом, равно теплоте испарения выпариваемой влаги при условии адиабатического характера процесса.

Указанное состояние динамического равновесия может быть выражено таким уравнением:

$$\frac{dQ}{dZ} = r \frac{dW}{dZ} = \alpha F r (p' - p_n) = h F (t_c - t_n),$$

$$\text{т. е. } (p' - p_n) = \frac{\alpha}{kr} (t_c - t_n),$$

или парциальное давление паров воды во влажном воздухе:

$$p_n = p' - A'(t_c - t_n),$$

(p' находится по таблицам для водяного пара соответственно t_n).

Если для сушки применить воздух слишком высокой температуры и вести процесс с излишней скоростью, то в высушиваемых плодах и овощах происходит ряд изменений. Эти изменения могут быть физического, химического и биологического свойства.

Под влиянием температуры, превышающей допустимые при сушке плодов и овощей пределы (см. ниже), у последних может разорваться оболочка клеток вследствие быстрого выделения влаги, в результате чего теряются растворенные питательные вещества. Помимо этого также возможны потери летучих веществ, сообщающих плодам и овощам вкус и аромат. Под влиянием быстрой сушки может происходить, как мы уже упоминали, быстрая отдача влаги поверхностными слоями сырья, в то время как более глубокие слои остаются более влажными. При этом на поверхности образуется корка, замедляющая процесс сушки. Быстрая сушка иногда влечет за собой и изменение формы плодов и овощей и благоприятствует способности обратного поглощения влаги ими. Если желают сохранить способность поглощения влаги продуктом, то увеличивают скорость сушки.

Химические изменения плодов и овощей, происходящие под влиянием высокой температуры, состоят в разложении составных частей их, в результате чего сушеные плоды и овощи меняют свой вкус и цвет. Белковые вещества плодов и овощей под воздействием высокой температуры сворачиваются, оставаясь нерастворимыми при размачивании сушеного продукта. При замедленной сушке, являющейся результатом слабой циркуляции воздуха, происходит запаривание сырья, что вызывает потемнение его.

Биохимические процессы, происходящие в плодах и овощах при сушке, заключаются главным образом в уничтожении ферментов, имеющих в плодовоовощном сырье, и изменении в количественном отношении тех или иных витаминов. Выяснение природы отдельных витаминов и их влияния на организм человека позволило также выяснить количественные изменения витаминов, происходящие во время сушки плодов и овощей при обычно максимально принятой температуре воздуха, не превышающей 90°C.

В результате многих исследований из всех видов витаминов наиболее стойкими по отношению к высокой температуре оказались витамины В₁, В₂, Е и D. Особенно губительное действие процесс сушки оказывает на витамины А и С. По данным ряда американских работ витамин А, открытый в 1913 г., способствующий росту, а также предохраняющий от глазных заболеваний (папример, ксерофтальмией), частично или полностью теряется при сушке сырья, содержащего его. Так, морковь теряет во время сушки в вакуумной печи 80%, батат — 29%, абрикосы — 36—41%. Даже хранение сухих продуктов сказывалось на постепенном уменьшении их активности по витамину А. Разрушение

последнего идет главным образом за счет окисления кислородом воздуха, которое ускоряется при повышении температуры. Квин (1925 г.), нагревая в течение 4 час при 100°C сок томата, наблюдал разрушение 18% витамина А. Гопкинс и Друммонд нагревали на воздухе в течение 4 час. при 100°C коровье масло и установили, что оно совершенно лишалось витамина А; нагревание того же масла в течение 12 час. при 120°C при отсутствии кислорода не отражалось на активности содержащегося в нем витамина А.

Витамин С, отсутствие или резкая недостаточность которого в пище приводят к авитаминозу — цинге, является наименее устойчивым из всех витаминов. Получение сушеных плодов и овощей с сохранением их антицинготной активности затрудняется тем, что витамин С легко разрушается при действии кислорода, чему в особенности способствуют повышенная температура и работа окислительных ферментов.

Гольст и Фролих (1912 г.), испытывавшие капусту, высушенную при различных условиях, указывают на потерю ею витамина С. Другие авторы сообщают об отрицательных результатах по сохранению витамина С в сушеной моркови, сливах, абрикосах, яблоках и т. д. Аналогичные данные были получены у нас Угловым и Ребергом при работе с сушеной морковью, свеклой, капустой и картофелем.

Ишам и Феллерс (1933 г.) в работе по исследованию витаминов в американской культурной клюкве указывают, что сушка ее даже целыми ягодами при 49—65°C в продолжение 8—12 час. привела к полной потере витамина С.

Исследования Моргана, Фильда и Никольса (1929—1933 гг.) показали возможность получения сушеных продуктов с сохранением антицинготной активности, если применить сульфитирование сырья перед сушкой. Испытывавшиеся ими сушеные предварительно сульфитированные персики полностью сохраняли витамин С как при огневой, так и при солнечной сушке.

Работы, проведенные нашим Институтом растениеводства в отношении определения влияния сушки на витамин С, дали следующие результаты¹⁾ (табл. 23).

Эти данные показывают, что температура сушки во взятых пределах не в такой мере влияет на сохранность витамина С, как кислотность продукта. Кроме того сульфитация сырья перед сушкой приводит к уменьшению потерь витамина С при сушке. Это явление, очевидно, объясняется тем, что при сульфитации происходит не только увеличение активной кислотности в клетках, но и связывание сернистого ангидрида с витамином С. Последнее делает его более стойким по отношению к окислительным факторам или сернистый ангидрид непосредственно инактивирует ферменты.

¹⁾ Буккин В. П., „Витамины и их сохранение“, 1935.

Таблица 23

Культура, сорт	Температура сушки (в °C)	Предварительная обработка перед сушкой	Минимальная профилактическая доза витамина (в г)	Количество МЕ ¹⁾ (в кг)	% сохранности витамина С в пересчете на исходное сырье
Яблоки антоновка	—	Свежие	3	330	100
Яблоки антоновка	50	Суш. сульфит.	1,5—3	660—330	29—14
Яблоки антоновка	50	Суш. несulfит.	—	—	0
Черная смородина	—	Свежая	1	1000	100
Черная смородина	80	Суш. несulfит.	1,5—3	660—330	13—7
Черная смородина	30	Суш. несulfит.	1—2,5	1000—400	30—12
Шиповник	—	Свежий	0,2	5000	100
Шиповник	40	Суш. несulfит.	0,2—0,5	5000—2000	50—20
Хрен	—	Свежий	1	1000	100
Хрен	40	Суш. несulfит.	—	—	0
Картофель	66—80	Вареный сухим паром и высушенный в вакууме	Больше 5	Меньше 200	16 (ориентировочно)

3. РАСЧЕТ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Схема устройства сушильных установок. Для уяснения основных условий расчетов сушильной установки ознакомимся с простейшими схемами процесса сушки.

Схема I. Установка состоит из устройства для подогрева воздуха (калорифера) и сушильной камеры, в которой происходит собственно сушка.

Интересующие нас и изменяющиеся в процессе сушки плодов и овощей характеристики воздуха следующие:

Температура— t
Относительная влажность— φ
Влагосодержание— d
Теплосодержание— i

Влагосодержание и теплосодержание (см. „Теория сушки“) можно определять или в единице объема воздуха, например в 1 м³, или в единице его веса, т. е. в 1 кг. В расчетах мы будем под воздухом подразумевать только сухой воздух, без примеси водяного пара. Следовательно, если мы говорим, что

¹⁾ МЕ—единица морской свинки.

1 кг воздуха в большей или меньшей степени насыщен водяным паром, то общий вес этого воздуха будет не 1 кг, а 1 кг плюс вес водяного пара. Если мы возьмем 1 м³ воздуха и проследим, что с ним происходит в процессе его движения через сушилку по схеме I, то убедимся, что этот объем все время меняется: объем холодного наружного воздуха составлял по нашему условию 1 м³, пройдя через калорифер, он нагрелся и при этом объем его несколько увеличился, т. е. воздух стал занимать объем больше 1 м³; пройдя через сушимое сырье, он несколько охладился и снова уменьшился в объеме.

Таким образом первоначальный объем воздуха не остается постоянным, а все время претерпевает изменения: то увеличивается, то уменьшается. Иначе обстоит с единицей веса воздуха. 1 кг наружного воздуха, проходя через весь цикл нашей схемы, неизменно будет весить 1 кг. В разные моменты 1 кг воздуха будет совмещаться с разным количеством водяного пара, поэтому общий вес будет меняться. В зависимости от изменения температуры и количества водяного пара будет изменяться и теплосодержание смеси, но вес 1 кг воздуха будет оставаться величиной постоянной. Вследствие этого исчисление влагосодержания и теплосодержания производят по отношению к 1 кг абсолютно сухого воздуха.

Теперь более подробно проследим характеристику наружного воздуха в разные моменты его прохождения через сушилку согласно нашей схеме I.

Этот воздух имеет температуру t_0 , относительную влажность φ_0 , влагосодержание d_0 и теплосодержание i_0 . Пройдя калорифер, воздух нагревается и поступает в сушильную камеру с характеристиками:

$$t_1, \varphi_1, d_1, i_1.$$

Так как воздух, пройдя через калорифер, получил определенное количество тепла, то его температура и теплосодержание повысились, влагосодержание же воздуха ничуть не изменилось, поскольку в калорифере нет ни отдачи, ни получения извне влаги воздухом. Относительная влажность воздуха после калорифера понизилась вследствие повышения его температуры и неизменности влагосодержания, а поэтому очевидно, что:

$$\begin{aligned} t_1 &> t_0 \\ i_1 &> i_0 \\ d_1 &= d_0 \\ \varphi_1 &< \varphi_0 \end{aligned}$$

Даже пройдя через сушильную камеру и восприняв часть влаги сушимого сырья, воздух выходит из сушильной камеры с характеристиками t_2, φ_2, d_2 и i_2 .

Здесь также очевидно, что:

$$\begin{array}{l} t_2 < t_1 \\ d_2 > d_1 \\ \varphi_2 > \varphi_1 \end{array}$$

При установившемся состоянии, т. е. когда сырье прогрето, проходящий через него воздух расходует запас своего тепла только на испарение влаги, и это обстоятельство дает нам возможность определить теплосодержание воздуха после прохождения через сырье, т. е. i_2 . Следует поэтому допустить, что теплосодержание воздуха после прохождения его через суши-мое сырье останется неизменным, т. е. $i_2 = i_1$.

Поясним это равенство теплосодержаний. Как известно, воз-дух находится в смеси с паром и, следовательно, нагревая воз-дух, нагревают одновременно и пар. Кроме того последний имеет еще скрытую теплоту, которая была в свое время затра-чена на превращение воды, т. е. жидкости, в газообразное со-стояние. Эту теплоту пар хранит в себе до тех пор, пока при охлаждении не превратится в жидкость, и тогда он выделяет ровно столько же теплоты, сколько находилось в нем в скры-той форме. Чтобы испарить 1 кг воды в обычных условиях, нужно сначала нагреть ее до 100°C, т. е. до кипения, и затем поддерживать температуру до полного испарения 1 кг воды. Температура пара будет, очевидно, при этом равна 100°C. Опытным путем установлено, что в совокупности на нагрев воды и испарение ее при 100°C потребуется 640 *Кал*, из них на нагрев воды 100 *Кал* и испарение — 540 *Кал*. При всякой другой температуре испарение 1 кг воды потребует те же 640 *Кал* с той лишь разницей, что на нагрев воды будет затра-чено меньше тепла, но зато на испарение соответственно больше. Так, на нагрев воды от 0 до 50°C необходимо затра-тить 50 *Кал*, а на испарение—590 *Кал*.

Здесь мы разобрали схему теоретической калориферной су-шилки.

Схема II. Сушилка с частичным внутренним обо-гревом. По этой схеме не все количество тепла сообщается воздуху в калорифере, а часть его воздух получает от нагре-вательных приборов, расположенных в самой сушильной ка-мере.

Индексы характеристики примем те же, что и в предыдущей схеме. Тогда легко можно установить, что:

$$\begin{array}{l} t_1 > t_0 \\ d_1 < d_0 \\ \varphi_1 < \varphi_0 \\ i_1 > i_0 \end{array}$$

Далее очевидно также, что:

$$d_2 > d_1 \text{ и } i_2 > i_1.$$

Что же касается температуры воздуха, то при этой схеме возможны различные варианты.

1. Если количество тепла, сообщенное воздуху в сушильной камере, меньше того количества, которое затрачивается на испарение влаги, то:

$$t_2 < t_1,$$

а соответственно этому

$$\varphi_2 > \varphi_1.$$

2. Если же эти количества тепла будут равны, то:

$$t_2 = t_1, \text{ а } \varphi_2 = \varphi_1.$$

3. Если количество тепла, сообщенное воздуху внутри сушильной камеры, будет больше количества тепла, затрачиваемого на испарение влаги, то:

$$t_2 > t_1$$

$$\varphi_2 < \varphi_1.$$

Схема III. Сушилка с одним лишь внутренним обогревом характеризуется тем, что наружный воздух абсолютно не получает тепла от калорифера, а тепло сообщается воздуху исключительно от нагревательных приборов, расположенных в сушильной камере.

Рассмотрев все три схемы сушилок, мы видим, что вторая является общей для всех трех случаев в следующем:

- 1) подогрев воздуха вне сушильной камеры;
- 2) подогрев воздуха внутри сушильной камеры;
- 3) частичный подогрев вне и внутри сушильной камеры.

Следует заметить, что при прохождении воздухом всех стадий сушильного процесса согласно всем приведенным нами схемам мы при расчетах всегда задаемся величинами t_2 и φ_2 . Остальные величины (d и i) после каждой стадии сушильного процесса определяем графически по $i-d$ диаграмме или аналитически, т. е. путем применения соответствующих уравнений.

Прежде чем приступить к составлению теплового расчета сушильной установки, следует остановиться на некоторых общих условиях, которых необходимо придерживаться при всех технических расчетах сушилок. Производя все технические расчеты и в частности сушилок, всегда принимают во внимание наименее благоприятные в части температуры и относительной влажности условия, в которых придется работать сушильному агрегату.

При определении поверхности нагрева калорифера можно пренебречь таким случаем, так как минимальная температура бывает кратковременна, а поэтому при тепловом расчете сушилки следует брать среднюю температуру самого холодного месяца данной местности. При отсутствии точных данных можно

ограничиться сведениями ближайшей местности, относительно которой имеются метеорологические показатели.

Относительная влажность наружного воздуха обычно принимается в 100%, так как в любой местности бывают более или менее длительные периоды, когда воздух полностью насыщен. Определяя размеры вентиляторов, следует принимать среднюю температуру самого жаркого месяца, пренебрегая максимальной, как кратковременной. Расчетную температуру для определения высоты вентиляционных труб при расчете сушилок с естественной циркуляцией воздуха предпочтительно брать максимальную; когда же хотят определить годовой расход пара или среднюю себестоимость сушки, то в качестве расчетной температуры берут среднюю годовую.

Тепловой расчет сушильной установки состоит из следующих частей:

- 1) материального баланса,
- 2) баланса влаги,
- 3) теплового баланса.

Материальный баланс (определение количества испаряемой влаги). Для определения количества влаги, испаряемой за период сушки W , следует иметь такие данные:

- g_1 — вес сырья, находящегося в сушилке, в кг;
- W_1 — влажность сырья в %;
- g_2 — вес готового продукта в кг;
- W_2 — влажность готового продукта в %.

При проведении сушки неизменным остается вес абсолютно сухой части сырья, что очень важно знать при определении количества готового продукта (сырья), получаемого из единицы сырья. Количество сырья, находящееся одновременно в сушилке, определяется по формуле:

$$g_1 = F p_1 \text{ кг}, \quad (80)$$

где:

F — поверхность (полезная) сит в м^2 ;

p_1 — количество сырья, помещаемое на 1 м^2 полезной площади сита, в кг^1).

Зная вес сырья до сушки (g_1) и влажность сырья (W_1), определяем вес абсолютно сухой части сырья ($g_{\text{см}}$):

$$g_{\text{см}} = g_1 \frac{100 - W_1}{100} \text{ кг}, \quad (81)$$

или, пользуясь неизменностью абсолютно сухой части после сушки:

$$g_{\text{см}} = g_2 \frac{100 - W_2}{100} \text{ кг}. \quad (82)$$

¹⁾ Количество сырья, помещаемое на каждый квадратный метр полезной площади сита, установлено по каждой культуре плодов и овощей опытным путем.

Таким образом получаем уравнение материального баланса сушилки в следующем виде:

$$g_1 \frac{100 - W_1}{100} = g_2 \frac{100 - W_2}{100}. \quad (83)$$

Количество влаги, испаряемой за период сушки, можно определить как разность веса сырья до и после сушки:

$$W = g_1 - g_2 \text{ кг}, \quad (84)$$

или как разность веса влаги до и после сушки сырья:

$$W = \frac{g_1 W_1}{100} - \frac{g_2 W_2}{100} \text{ кг}. \quad (85)$$

При заданном g_1 определяем W по формуле:

$$W = g_1 \left(1 - \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right) \text{ кг}, \quad (86)$$

а при заданном g_2

$$W = g_2 \left(\frac{100 - W_2}{100 - W_1} - 1 \right) \text{ кг влаги}. \quad (87)$$

Обычно при расчетах принято определять количество испаренной влаги в час, для чего длительность сушки Z в час принимают на основании опытных данных. Тогда

$$W_{\text{час}} = \frac{W}{Z} \text{ кг/час влаги}. \quad (88)$$

Пример. Определить количество испаренной в сушилке влаги в час при сушке картофеля при следующих условиях: полезная площадь сит сушилки $F = 113,4 \text{ м}^2$; количество картофеля, помещаемое на 1 м^2 полезной площади сита, $p_1 = 6 \text{ кг}$; влажность картофеля до сушки $W_1 = 75\%$, после сушки — $W_2 = 10\%$; продолжительность сушки картофеля $Z = 6$ час.

Пользуясь формулой (80), определяем количество картофеля g_1 , загруженное в сушилку:

$$g_1 = 113,4 \cdot 6 = 680,4 \text{ кг}.$$

Применяя формулу (86), определяем W за весь период сушки:

$$W = 680,4 \left(1 - \frac{100 - 75}{100 - 10} \right) = 491,4 \text{ кг},$$

а в 1 час:

$$\frac{491,4}{6} = 81,9 \text{ кг/час влаги}.$$

Баланс влаги. Баланс влаги сушильного процесса дает возможность определить количество необходимого для сушки воздуха. Прежде всего рассмотрим, откуда поступает в сушилку влага. Влага в сушилку поступает в жидком состоянии вместе с сырьем и в парообразном вместе с воздухом.

Количество влаги, вносимой в сушилку вместе с сырьем, определяется уравнением:

$$\frac{g_1 W_1}{100} \quad (89)$$

Количество влаги, вносимой в сушилку воздухом, определяется произведением влагосодержания 1 кг воздуха d_0 на вес сухого воздуха, вводимого в сушилку L :

$$L d_0 \text{ г, или } \frac{L d_0}{1000} \text{ кг.} \quad (90)$$

Таким образом общее количество влаги, введенное в сушилку, составит:

$$\frac{g_1 W_1}{100} + \frac{L d_0}{1000} \text{ кг.} \quad (91)$$

Влага из сушилки удаляется с готовым продуктом и с воздухом.

С готовым продуктом удаляется влаги:

$$\frac{g_2 W_2}{100} \quad (92)$$

Количество влаги, уносимой из сушилки воздухом, определяется произведением влагосодержания d_2 на вес сухого воздуха L :

$$L d_2 \text{ г, или } \frac{L d_2}{1000} \text{ кг.} \quad (93)$$

Общее количество влаги, уносимой из сушилки, составит:

$$\frac{g_2 W_2}{100} + \frac{L d_2}{1000} \text{ кг.} \quad (94)$$

Так как количество влаги, вносимой в сушилку, равно количеству влаги, удаленной из сушилки, то:

$$\frac{g_1 W_1}{100} + \frac{L d_0}{1000} = \frac{g_2 W_2}{100} + \frac{L d_2}{1000} \quad (95)$$

Зная количество влаги, удаляемой из сушилки, можно определить количество абсолютно сухого воздуха, затраченное на испарение этой влаги. Как мы уже указали, каждый килограмм наружного воздуха, введенный в сушилку, в конечном итоге удаляется наружу, произведя определенную работу.

Начальное влагосодержание наружного воздуха составляло d_0 г воды на 1 кг, конечное влагосодержание его равно d_2 г

¹⁾ В данном случае предполагается, что ни потеря, ни присоса воздуха не происходит.

воды. Следовательно, 1 кг воздуха, пройдя через сушилку, захватит с собой количество воды, равное $d_2 - d_c$ г. Поэтому для удаления из сушилки 1 кг воды потребуется удалить наружу количество воздуха l_0 , равное:

$$l_0 = \frac{1000}{d_2 - d_c} \left(\frac{\text{кг сухого воздуха}}{\text{кг влаги}} \right). \quad (96)$$

Для удаления же влаги, испаряемой за весь период сушки, потребуется воздуха L :

$$L = \left(\frac{g_1 W_1}{100} - \frac{g_2 W_2}{100} \right) \frac{1000}{d_2 - d_c}. \quad (97)$$

Величина $\left(\frac{g_1 W_1}{100} - \frac{g_2 W_2}{100} \right)$ выражает количество влаги, испаряемой за весь период сушки W . Подставляя вместо выражения $\left(\frac{g_1 W_1}{100} - \frac{g_2 W_2}{100} \right)$ величину W , получим:

$$L = W \frac{1000}{d_2 - d_c} \text{ кг сухого воздуха.} \quad (98)$$

Пример. Определить количество сухого воздуха, необходимое для испарения в сушилке 100 кг влаги, если воздух поступает в сушилку при $t_0 = 15^\circ$ и $\varphi_0 = 80\%$, а выходит из сушилки при $t_2 = 30^\circ$ и $\varphi_2 = 90\%$.

Пользуясь таблицей для $t_0 = 15^\circ$ и $\varphi_0 = 80\%$, находим $d_0 = 8,66$ г, а для $t_2 = 30^\circ$ и $\varphi_2 = 90\%$ находим $d_2 = 24,89$ г.

Применяя формулу (98), получим:

$$L = 100 \frac{1000}{24,89 - 8,66} = 6161 \text{ кг сухого воздуха.}$$

Определить то же количество при $t_0 = 10^\circ$ и $\varphi_0 = 80\%$. По таблице находим $d_0 = 1,30$ г при $t_0 = 10^\circ$ и $\varphi_0 = 80\%$.

Тогда:

$$L = 100 \frac{1000}{24,89 - 1,30} = 4239 \text{ кг сухого воздуха.}$$

Приведенные примеры ясно иллюстрируют, что количество воздуха, потребное для испарения влаги, зависит только от d_0 и d_2 ; оно уменьшается с понижением влагосодержания воздуха, подводимого к сушилке d_c , а также с повышением влагосодержания воздуха, удаляемого из сушилки d . Следовательно, количество потребного воздуха будет тем меньше, чем ниже t_0 и φ_0 и выше t_2 и φ_2 . Поэтому при использовании наружного атмосферного воздуха расход его зимой меньше, чем летом. Кроме того с повышением температуры сушки и удаляемого из сушилки воздуха, а также при повышении влаж-

ости отработанного воздуха расход воздуха на сушку понижается.

Следует еще определить количество циркулирующего воздуха на 1 кг испаряемой влаги l . Каждый килограмм воздуха, проходящий через сушимое сырье, имеет начальное влажосодержание, равное d_1 г воды в виде пара. После прохождения через сырье его влажосодержание повышается до d_2 г воды. Таким образом каждый килограмм воздуха при прохождении через сушимое сырье захватит с собой $d_2 - d_1$ воды; поэтому, чтобы захватить 1 кг воды, или, что то же, 1000 г, необходимо, чтобы через сушимое сырье прошло:

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_1} \left(\frac{\text{кг сухого воздуха}}{\text{кг влаги}} \right) \quad (99)$$

Это количество не зависит от времени года, а определяется исключительно принятым режимом сушки, который дает значение d_1 , и значением d_2 , которое получается путем общего определения характеристики отработанного воздуха.

Тепловой баланс сушилки. Сначала составим теоретический баланс тепла сушилки.

Тепло вводится в сушилку:

- 1) с воздухом, поступающим в нее;
- 2) с высушиваемым сырьем;
- 3) от нагревательных приборов, находящихся внутри сушильной камеры.

Воздух, поступающий в калорифер для нагревания, обладает запасом тепла, равным произведению подсчитанного количества воздуха L на теплосодержание его i_0 Кал/кг сухого воздуха: Li_0 Кал. Пройдя через калорифер, воздух получит еще некоторый запас тепла Q_1 .

Сырье g_1 , поступающее в сушилку, по весу состоит из двух частей: подсчитанного ранее количества влаги, испаряемого в сушилке W , и веса готового продукта g_2 :

$$g_1 = W + g_2. \quad (100)$$

Если температура сырья, поступающего в сушильную камеру, t_2 , то количество тепла, вносимое в сушилку сырьем, будет:

$$Q_2 = (W + C_{пр} g_2) t_2 \text{ Кал.}, \quad (101)$$

где $C_{пр}$ — теплоемкость готового продукта в Кал/кг 1°C .

Обычно при расчетах значение $C_{пр}$ берется из таблиц, но если хотят определить теплоемкость сырья C_c , которая зависит от влажности его, то применяют следующую формулу:

$$C_c = \frac{W_1 C + C_{сух. ост.} (100 - W_1)}{100} \text{ Кал/кг } 1^\circ\text{C}, \quad (102)$$

где:

C — теплоемкость жидкости, которой пропитано вещество; в данном случае C — теплоемкость воды, равная 1 Кал/кг 1°C ;

$C_{\text{сух. ост.}}$ — теплоемкость сухого вещества того сырья, теплоемкость которого желают определить, число $\text{Кал/кг } 1^\circ\text{C}$ берется из таблиц справочников.

Количество тепла, отдаваемое нагревательными приборами, обозначим Q_3 . Тогда общее количество тепла Q , вводимого в сушилку, составит:

$$Q = Li_0 + Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ Кал.} \quad (103)$$

Теперь проследим, куда расходуется тепло, введенное в рассматриваемую нами теоретическую сушилку.

Прежде всего тепло из сушилки уходит с отработанным воздухом, а также и с полученным готовым продуктом. Количество тепла, уходящего из сушилки с отработанным воздухом, считая, как мы уже условились, на сухой воздух, составит Li_2 Кал, количество же тепла Q_4 , уходящего из сушилки вместе с готовым продуктом, будет:

$$Q_4 = g_2 C_{\text{пр}} t_4 \text{ Кал,} \quad (104)$$

где:

$C_{\text{пр}}$ — теплоемкость готового продукта в $\text{Кал/кг } 1^\circ\text{C}$;

t_4 — температура готового продукта, выходящего из сушилки.

Таким образом общее количество израсходованного тепла Q' , унесенного из сушилки, будет:

$$Q' = Li_2 + Q_4 \text{ Кал.} \quad (105)$$

Допуская, что в теоретической сушилке отсутствуют какие бы то ни было иные затраты тепла, кроме перечисленных, и что на прогресс сырья вовсе не затрачивается тепло, т. е. $t_3 = t_4$, мы будем иметь следующее равенство, характеризующее тепловой баланс сушилки:

$$Q = Q'$$

или, представив это уравнение в развернутом виде, получим:

$$Li_0 + Q_1 + Wt_3 + g_2 C_{\text{пр}} t_3 + Q_3 = Li_2 + g_2 C_{\text{пр}} t_4. \quad (106)$$

Произведя приведение подобных членов и исключив из обеих частей уравнения в силу допущенного равенства ($t_3 = t_4$) величины $g_2 C_{\text{пр}} t_3$ и $g_2 C_{\text{пр}} t_4$, а также пренебрегая величиной Wt_3 , ввиду ее незначительности, получим:

$$Li_0 + Q_1 + Q_3 = Li_2, \quad (107)$$

или:

$$Q_1 + Q_3 = L (i_2 - i_0). \quad (108)$$

Обозначим:

$$Q_1 + Q_3 = Q'',$$

тогда:

$$Q'' = L (i_2 - i_0) \text{ Кал.} \quad (109)$$

Последнее уравнение можно формулировать так: тепло, получаемое от нагревательных приборов, равно приращению

теплосодержания воздуха, проходящего через сушилку без потерь.

Если мы перейдем от схемы II сушилки как общего случая к частному случаю схемы сушилки с калориферным обогревом, то $Q'' = Q_1$, поэтому

$$Q_1 = L (i_2 - i_0) \text{ Кал.} \quad (110)$$

Воздух при прохождении через калорифер согласно схеме I сушилки, нагреваясь, повышаст свое теплосодержание от i_0 до i_1 Кал/кг сухого воздуха; тогда:

$$Q_1 = L (i_1 - i_0) \text{ Кал.} \quad (111)$$

В уравнениях (110 и 111) левые части равны, следовательно равны и правые, поэтому:

$$L (i_2 - i_0) = L (i_1 - i_0); \quad (112)$$

тогда $i_2 = i_1$.

По формуле (110) мы определим расход тепла Q на испарение всего количества влаги W , расход же тепла на испарение 1 кг влаги q , которое должно быть получено от калорифера, будет равняться:

$$q = \frac{Q}{W} = \frac{L}{W} (i_2 - i_0) \text{ Кал/кг влаги,} \quad (113)$$

или:

$$q = i_0 (i_2 - i_0) \text{ Кал/кг влаги.} \quad (114)$$

Как видим, в теоретической калориферной сушилке процесс сушки протекает без изменения теплосодержания воздуха, а значит имеет место процесс адиабатический.

Пример. Определить количество тепла, которое нужно получить от нагревательных приборов для испарения 100 кг влаги, если температура наружного воздуха $t_0 = 15^\circ$ и $\varphi_0 = 80\%$, а температура отработанного воздуха $t_2 = 30^\circ$ и $\varphi_2 = 70\%$.

По $i-d$ диаграмме согласно характеристикам наружного воздуха при $t_0 = 15^\circ$ и $\varphi_0 = 80\%$ $i_0 = 8,82$ и $d_0 = 8,66$, а отработанного воздуха при $t_2 = 30^\circ$ и $\varphi_2 = 70\%$ $i_2 = 18,90$ и $d_2 = 19,19$.

Пользуясь формулой (98), определяем расход воздуха L на испарение 100 кг влаги:

$$L = 100 \frac{1000}{19,19 - 8,66} \approx 9497 \text{ кг сухого воздуха.}$$

Применяя формулу (110), определяем количество тепла, необходимое для испарения 100 кг влаги:

$$Q_1 = 9497 (18,90 - 8,82) \approx 102\,498 \text{ Кал.}$$

Переходя к тепловому расчету действительной сушилки, следует принять во внимание ряд дополнительных затрат тепла, которые не были учтены нами в теоретической сушилке. Они сводятся к следующим основным статьям:

1) затраты тепла на прогрев продукта в сушилке Q_5 ;
 2) затраты тепла на прогрев оборудования (вагонеток, сит) Q_6 ;

3) потери тепла сушилкой в окружающую среду через ограждающие сушилку поверхности Q_7 .

Определение затрат тепла на прогрев продукта в сушилке Q_5 . Эти затраты тепла определяются по формуле:

$$Q_5 = g_2 C_{\text{пр}} (t_4 - t_3) \text{ Кал.} \quad (115)$$

Величины, входящие в формулу (115):

g_2 — дается или определяется ранее изложенным способом;
 $C_{\text{пр}}$ — берется из таблицы;

t_3 — принимается равным температуре того помещения, где сырье находится перед сушкой, уменьшенной на 2—3°C;

t_4 — принимается равным температуре сушильной камеры.

Относя затраты тепла на прогрев продукта в сушилке к 1 кг испаряемой влаги, получим:

$$q_5 = \frac{g_2 C_{\text{пр}} (t_4 - t_3)}{W} \text{ Кал/кг влаги.} \quad (116)$$

Пример. Определить затрату тепла, отнесенного к 1 кг испаренной влаги на прогрев картофеля: $g_2 = 300$ кг в сушилке при $t_4 = 85^\circ$, если начальная температура сырья $t_3 = 18^\circ$, $W_1 = 75\%$ и $W_2 = 10\%$.

Пользуясь формулой (87), определяем W .

$$W = 300 \left(\frac{100 - 10}{100 - 75} - 1 \right) = 780 \text{ кг влаги.}$$

По формуле (116) получим:

$$q_5 = \frac{300 \cdot 0,48 (85 - 18)}{780} = 10,6 \text{ Кал/кг влаги.}$$

Определение затрат тепла на прогрев оборудования Q_6 . Учет затрат тепла производится только на прогрев такого оборудования, которое периодически находится в сушилке (вагонетки, сита).

Эти затраты тепла на прогрев оборудования (вагонеток, сит) определяются по формуле:

$$Q_6 = g_{06} C_{06} (t_6 - t_5) \text{ Кал,} \quad (117)$$

где:

g_{06} — вес оборудования в кг;

C_{06} — теплоемкость сырья, из которого изготовлено оборудование, в Кал/кг 1°C (берется из справочников);

t_6 — температура оборудования при выходе из сушилки, равная температуре в сушильной камере;

t_5 — температура оборудования при поступлении в сушильную камеру, равная температуре помещения, из которого оно поступает в сушилку.

Тот же расход тепла на подогрев оборудования, но отнесенный к 1 кг испаренной влаги, определяется по формуле:

$$q_6 = \frac{g_{об} C_{об} (t_6 - t_5)}{W} \text{ Кал/кг влаги.} \quad (118)$$

Пример. Определить затраты тепла, отнесенные к 1 кг испаренной влаги, на подогрев оборудования (сит и вагонеток) в сушилке Пучинелли при сушке картофеля при следующих условиях: температура сушки картофеля $t_6 = 85^\circ$, температура помещения загрузки вагонеток $t_5 = 18^\circ$. Оба канала сушилки вмещают по 16 вагонеток с установкой на каждой вагонетке 24 сит. Нагрузка каждого сита картофелем 10 кг. Влажность сырья $W_1 = 75\%$, а влажность готового продукта (сушья) $W_2 = 10\%$. Вес металлических частей вагонеток и сит 3021 кг, а деревянных частей—4928 кг.

Определяем количество сырья (картофеля) g_1 , загруженного в оба канала сушилки:

$$g_1 = 24 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 10 = 7680 \text{ кг.}$$

По формуле (86) определяем количество влаги W , испаренной из данного сырья:

$$W = 7680 \left(1 - \frac{100 - 75}{100 - 10} \right) = 5547 \text{ кг.}$$

Используя формулой (118), определяем q_6 :

$$q_6 = \frac{[(3021 \cdot 0,115) + (4928 \cdot 0,65)] (85 - 18)}{5547} = 43 \text{ Кал/кг влаги.}$$

Определение потерь тепла сушилкой через ограждающие поверхности в окружающую среду Q_7 . Потери тепла сушилкой через ограждающие поверхности в окружающую среду определяются по формуле:

$$Q_7 = \Sigma FK (t_{суш} - t_7) \text{ Кал,} \quad (119)$$

где:

F — площадь одного из ограждений в m^2 ;

K — общий коэффициент теплопередачи ограждения в $\text{Кал/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$t_{суш}$ — средняя температура в сушильной камере;

t_7 — температура окружающей сушилку среды.

Потери же тепла через ограждения сушилки, отнесенные к 1 кг испаренной влаги, определяются по формуле:

$$q_7 = \frac{\Sigma FK (t_{суш} - t_7)}{W} \text{ Кал/кг влаги.} \quad (120)$$

Значение коэффициента K берется в зависимости от рода ограждения, как нами указано выше; $t_{суш}$ — вычисляется по формуле:

$$t_{суш} = \frac{t_1 + t_2}{2}. \quad (121)$$

При проектировании новых сушилок необходим выбор ограждений с таким коэффициентом теплопередачи K , который не до-

пускал бы появления точки росы в сушилке, т. е. температура внутренней поверхности ограждения должна быть выше температуры точки росы в сушильной камере.

Для удовлетворения этого условия определение коэффициента теплопередачи K производится по формуле Henck'a:

$$K \leq a \frac{t_{\text{суш}} - t_{\text{тр}}}{t_{\text{суш}} - t_1} \text{ Кал/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (122)$$

где:

a — коэффициент теплоперехода от внутреннего воздуха к стенке сушилки, зависящий от скорости движения воздуха, строения, шероховатости ограждения и др.;

$t_{\text{тр}}$ — температура точки росы.

Пример. Определить потери тепла через ограждающие поверхности сушилки Пучинелли, приходящиеся на 1 кг испаренной влаги, если площадь стен, потолка и дверей F_1 составляет 236,3 м², площадь пола $F_2 = 145,5$ м², общий коэффициент теплопередачи K стен, потолка и дверей — 1,9 Кал/м² °C, K пола = 1,2 Кал/м² °C, температура отработанного воздуха $t_2 = 45^\circ$, $t_1 = 85^\circ$ и $t_r = 18^\circ$.

Пользуясь формулой (120) и подставляя численные значения, получим:

$$q_1 = \frac{(236,3 \cdot 1,9 + 145,5 \cdot 1,2) \left(\frac{85 - 45}{2} - 18 \right)}{5547} \approx 73 \text{ Кал/кг влаги.}$$

Определив дополнительные затраты тепла в действительной сушилке, которые должны быть прибавлены к суммарным затратам в теоретической сушилке, мы найдем общую (суммарную) затрату тепла на сушку в действительной сушилке $Q_{\text{сум}}$:

$$Q_{\text{сум}} = Q + Q_5 + Q_6 + Q_7 \text{ Кал}, \quad (123)$$

а суммарный удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги $q_{\text{сум}}$:

$$q_{\text{сум}} = q + q_5 + q_6 + q_7 \text{ Кал/кг влаги.} \quad (124)$$

Полученная нами величина $q_{\text{сум}}$ необходима для расчета нагревательных приборов.

Расчет, который мы произвели, нельзя считать еще законченным, пока не проверена температура воздуха, вводимого в сушильную камеру. В теоретической сушилке фигурировали характеристики воздуха в момент подвода его к калориферу и в момент отвода его из сушильной камеры t , φ , d и i с индексами 0 и 2. В действительной же сушилке, принимая во внимание дополнительные затраты тепла, расход тепла сильно увеличен по сравнению с потребным количеством его в теоретической сушилке. Такое увеличенное количество тепла, сообщенное воздуху, может повлечь сильное повышение температуры этого воздуха, которое может быть недопустимым при сушке того или иного вида сырья. Выводим нужную нам фор-

мулу для определения потребной температуры воздуха t_1 в момент поступления его в сушильную камеру.

Согласно данным, приведенным выше, Q_1 и q_1 — тепло, сообщенное воздуху в калорифере, и Q_3 и q_3 — тепло, сообщенное воздуху внутренними нагревательными приборами. Поэтому мы можем написать:

$$Q_{\text{сум}} = Q_1 + Q_3; \quad (125)$$

$$q_{\text{сум}} = q_1 + q_3. \quad (126)$$

Тогда:

$$Q = L (i_1 - i_o) \text{ Кал}; \quad (127)$$

$$q = l_c (i_1 - i_o) \text{ Кал/кг влаги}. \quad (128)$$

По формуле:

$$i_o = 0,24 t_o + (595 + 0,47 t_o) \frac{d_o}{1000}; \quad (129)$$

$$i_1 = 0,24 t_1 + (595 + 0,47 t_1) \frac{d_1}{1000}. \quad (130)$$

Так как $d_1 = d_o$, то:

$$i_1 - i_o = \left(0,24 + 0,47 \frac{d_o}{1000} \right) (t_1 - t_o), \quad (131)$$

поэтому:

$$Q = L \left(0,24 + 0,47 \frac{d_o}{1000} \right) (t_1 - t_o) \text{ Кал}; \quad (132)$$

$$q = l_c \left(0,24 + 0,47 \frac{d_o}{1000} \right) (t_1 - t_o) \text{ Кал/кг влаги}. \quad (133)$$

Решая одно из этих уравнений относительно t_1 , определим интересующее нас значение температуры.

Если тепло сообщается воздуху только калорифером, то при расчете потребной температуры воздуха, поступающего в сушильную камеру, поступают так: приравнивают Q_3 и q_3 к нулю.

Тогда:

$$Q_{\text{сум}} = Q_1 \quad (134)$$

$$q_{\text{сум}} = q_1 \quad (135)$$

Пользуясь уравнением (133), получим:

$$q = l_c \left(0,24 + 0,47 \frac{d_o}{1000} \right) (t_1 - t_o) \text{ Кал/кг влаги}, \quad (136)$$

откуда:

$$t_1 = \frac{q}{l_c \left(0,24 + 0,47 \frac{d_o}{1000} \right)} + t_o. \quad (137)$$

Пример. Определить температуру нагретого воздуха t_1 , поступающего в сушильную камеру, если тепло сообщается воздуху только калорифером и расход его $q = 1935$ Кал/кг влаги, расход воздуха на 1 кг влаги $l_0 = 85,5$ кг, влагосодержание его $d_0 = 1,54$ г и температура наружного воздуха $t_0 = 15^\circ\text{C}$.

Подставляя данные в формулу (136), получим:

$$1935 = 85,5 \left(0,24 + 0,47 \frac{1,54}{1000} \right) (t_1 - 15),$$

откуда:

$$t_1 = \frac{1935}{85,5 \left(0,24 + 0,47 \frac{1,54}{1000} \right)} + 15 \approx 93,9^\circ.$$

Если температура нагретого воздуха по условиям технологического процесса не приемлема ввиду того, что она высока, что может отрицательно отразиться на высушиваемом сырье, тогда температуру t_1 условно принимают и определяют количество тепла q , которое нужно получить от калорифера. Недостающее количество общего тепла, необходимого для испарения 1 кг влаги, покрывают за счет устраиваемых в сушильной камере нагревательных приборов и таким образом переходят от калориферной сушилки к сушилке с частичным внутренним обогревом.

Для расчета нагревательных приборов подсчитываем общее количество тепла, получаемого от разных нагревательных источников — калорифера и внутренних нагревательных приборов:

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{час}} + Q_{\text{вн}} = q \frac{W}{Z} + q_3 \frac{W}{Z} \text{ Кал.} \quad (138)$$

Приведенный нами способ понижения температуры t_1 , т. е. переход к сушилке с частичным внутренним обогревом, не всегда возможен и желателен, поэтому имеется ряд иных методов понижения температуры:

- 1) уменьшением размера дополнительных затрат тепла, особенно тепловых потерь Q_7 ;
- 2) изменением характеристик воздуха, удаляемого из сушильной камеры;
- 3) введением частичного внутреннего обогрева;
- 4) введением многократного подогрева.

Тот или иной метод понижения температуры или несколько из них применяются в зависимости от возможности и необходимости. Понижение тепловых потерь Q_7 достигается уменьшением площади поверхностей ограждений или же уменьшением теплопроницаемости стен, т. е. уменьшением коэффициента теплопередачи K , либо, наконец, понижением разности температур. Уменьшение площади ограждений может быть достигнуто рациональным выбором строительных размеров сушильного помещения. Понижение теплопроницаемости достигается путем тщательной изоляции ограждений сушилки. Уменьшение

разности температур ($t_{\text{сум}} - t_1$) может быть произведено размещением сушильных установок по возможности внутри зданий, а также искусственным повышением температуры в помещении, в котором расположена сушилка.

Изменение характеристики отработанного воздуха как мера понижения температуры воздуха t_1 состоит в том, что при уменьшении относительной влажности отработанного воздуха φ_2 , или его температуры t_2 , или обеих этих величин t_2 и φ_2 , понижается влагосодержание отработанного воздуха d_0 и соответственно возрастает количество потребного воздуха l_0 или L . Увеличением количества нагреваемого воздуха достигается понижение разности температур ($t_1 - t_0$), т. е. понижение t_1 . Эта мера связана с повышением удельного расхода тепла, поэтому экономическая целесообразность применения ее должна быть проверена самым тщательным образом.

Понижение температуры t_1 введением добавочного подогрева, т. е. сообщение части тепла воздуху в калорифере и части добавочными нагревательными приборами, вполне рентабельно, если не встречается технических затруднений.

Понижение температуры t_1 путем многократного подогрева состоит в том, что потребное количество тепла сообщается воздуху не сразу, а в несколько приемов путем расположения соответствующих нагревательных приборов по пути прохождения воздуха в сушильной камере. Подобное сообщение тепла воздуху в несколько приемов может быть произведено следующим образом. Воздух перед поступлением в сушильную камеру получает некоторое количество тепла, составляющее часть всего потребного количества тепла, и с допустимой по технологическому процессу температурой t_1 поступает в сушильную камеру. Пройдя определенный путь и потеряв часть тепла, воздух восполняет его от нагревательных приборов, расположенных по пути прохождения его в сушильной камере. Таким образом воздух проходит несколько этапов подогрева. В результате такого подогрева по пути до температуры t_1 воздух получает все потребное количество тепла $Q_{\text{сум}}$.

В сушилках некоторых конструкций применяют и иной вид многократного промежуточного подогрева, который состоит в следующем. Рассчитанное количество воздуха проводится через сушильную камеру значительно быстрее, чем это необходимо для испарения того количества влаги, которое воздух должен унести из сушильной камеры. При каждом цикле прохождения воздуха в сушильной камере часть его возобновляется, т. е. часть отработанного воздуха выбрасывается в атмосферу, а другая часть с добавлением свежего, равного по весу выбрасываемому, возвращается к калориферу. Расчет выбрасываемого воздуха производится с таким условием, чтобы за время, потребное для насыщения до установленного $d_1 L$ кг

сухого воздуха, было восполнено в циркулирующей смеси именно это количество L кг сухого воздуха.

Для определения характеристики смеси воздуха, проходящей через калорифер и сушильную камеру и состоящей из части отработанного и части свежего воздуха, рассмотрим такой случай. Предположим, что на каждые n кг сухого воздуха, заключенного в воздушной смеси отработанного воздуха, возвращаемой к калориферу с t_2, φ_2, d_2, i_2 , примешивается 1 кг сухого воздуха воздушной смеси свежего наружного воздуха с t_0, φ_0, d_0, i_0 . Тогда через калорифер и сушильную камеру проходит смесь с такой характеристикой;

$$d_{см} = d_0 + n d_2 \text{ г;} \quad (139)$$

$$i_{см} = \frac{i_0 + n i_2}{n + 1} \text{ Кал/кг сухого воздуха;} \quad (140)$$

$$t_{см} = \frac{i_{см} - \frac{595 d_{см}}{1000}}{0,24 + 0,47 \frac{d_{см}}{1000}} = \frac{i_{см} - 0,595 d_{см}}{0,24 + 0,00047 d_{см}}. \quad (141)$$

Чтобы испарить 1 кг влаги, нужно впустить в сушилку l кг сухого воздуха воздушной смеси с t_0, φ_0 . Так как на каждый килограмм сухого воздуха с t_0, φ_0 приходится n кг сухого воздуха отработанной смеси с t_2, φ_2 , то одновременно к калориферу подается $n l_0$ кг сухого воздуха воздушной смеси с t_2, φ_2 . Таким образом к калориферу подается всего $(n + 1) l_0$ кг сухого воздуха воздушной смеси с $t_{см}, \varphi_{см}, d_{см}, i_{см}$. Зависимость между величиной n пропорции смешения свежего и отработанного воздуха и температурой воздуха после калорифера t_1^B определяется уравнением:

$$t_1^B = \frac{q_{сум}}{(n + 1) l_0 (0,24 + 0,00047 d_{см})} + t_{см}. \quad (142)$$

Определение значения n потребной пропорции смешанного свежего и отработанного воздуха по этой формуле довольно кропотливо и сводится к подбору значения n , удовлетворяющего данному уравнению при задаваемой величине t_1^B . Эта задача значительно упрощается при переходе от аналитического метода расчета к графическому по $i-d$ диаграмме.

Определив суммарный расход тепла в сушильных каналах $q_{сум}$ на 1 кг испаренной влаги, необходимо в сушилках с огневым обогревом определить потери тепла, происходящие в топке. Потери тепла в топке сушилки, работающей на твердом и жидком топливе, складываются из следующих потерь:

1) потеря с уходящими газами q_2 , т. е. теплота, уносимая дымовыми газами, уходящими в дымовую трубу;

2) потеря от химической неполноты сгорания q_3 , т. е. теплота сгорания несгоревших частей дымовых газов (летучая сажа, а также CO , CH_4 и т. п.);

3) потеря от механической неполноты сгорания q_4 , т. е. теплота сгорания несгоревших частиц топлива;

4) потеря в окружающую среду q_5 , т. е. теплота, отдаваемая передней стенкой топki сушилки окружающему воздуху.

1. Потеря с уходящими газами. Эта потеря приближенно определяется по формуле Зигерта:

$$q_2 = \frac{t_{yx} - t_{воз}}{\text{CO}_2} X \%, \quad (143)$$

где:

t_{yx} — температура уходящих газов;

$t_{воз}$ — температура воздуха;

X — коэффициент, принимающий следующие значения:

для мазута	$X = 0,55$ (при паровом дутье $X = 0,57$)
" антрацита	$X = 0,70$ (" " " $X = 0,75$)
" каменного угля	$X = 0,65$
" бурого	$X = 0,75$ (при $W = 17-25\%$)
" дерева и торфа	$X = 0,85-1,0$

Более точно q_2 подсчитывается по формуле:

$$q_2 = \frac{100}{Q_n^p} \left(\frac{1,865 \text{ C}}{\text{CO}_2} 0,32 + \frac{9\text{H} + \text{W}}{100} 0,48 \right) (t_{yx} - t_{воз}), \quad (144)$$

где:

0,32 — теплоемкость сухих газов;

0,48 — теплоемкость водяного пара.

Существует еще более точная формула определения q_2 :

$$q_2 = \frac{100}{Q_n^p} g_c C_{pвд} (t_{yx} - t_{воз}) \%, \quad (145)$$

где g — объем сухих дымовых газов, подсчитанный по следующим формулам для твердого, жидкого и газообразного топлива:

$$g = g_m + (\alpha - 1) L_m \frac{0,5 q_3 Q_n^p}{100 \cdot 3057} \text{ НМ}^3/\text{кг}, \quad (146)$$

или:

$$g = \frac{20,9}{20,9 - (\text{O} - 0,4 \text{ CO})} g_m \text{ НМ}^3/\text{кг}. \quad (147)$$

Теплоемкость газов определяется по формулам:

$$C_{pвд} = 0,310 + \frac{0,0168}{\alpha} + 0,000009 + \frac{0,000014}{\alpha} t_{yx} + 11,4 \frac{9\text{H} + \text{W} + W_{\text{доб}}}{Q_n^p \alpha} (0,370 + 0,000025 t_{yx}). \quad (148)$$

Для жидкого и твердого топлива пользуются также упрощенной формулой для определения q_2 :

$$q_2 = \left(3,55\alpha + 47 - \frac{9H + W + W_{\text{доб}}}{Q_p} \right) \frac{t_{\text{ух}} - t_{\text{воз}}}{100} \% \quad (149)$$

С увеличением температуры уходящих газов коэффициент избытка воздуха, необходимого для горения и влажности дымовых газов, увеличивается и потеря тепла с уходящими газами. Для топлива с высокой теплотворной способностью потеря тепла с уходящими газами уменьшается.

2. Потеря от химической неполноты горения. Эта потеря может быть определена, если известно содержание CO в дымовых газах. Для твердого и жидкого топлива q_3 определяется по формуле:

$$q_3 = \frac{5640 C}{Q_p} \cdot \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \% \quad (150)$$

где C — содержание углерода в рабочем топливе в %, которое определяется по таблице для различного топлива (см. приложение).

Кроме того для определения q_3 при применении твердого топлива можно пользоваться такой формулой:

$$q_3 = \frac{(3,4\alpha - 0,08) \text{CO}}{100 - 0,5 \text{CO}} 100 \% \quad (151)$$

Существует еще и общая точная формула для твердого, жидкого и газообразного топлива:

$$q_3 = \frac{3057}{Q_p} \text{CO} \cdot g \% \quad (152)$$

где:

3057 — теплотворная способность 1 НМ³ CO,

g — объем сухих газов, подсчитываемый по вышеприведенным формулам.

Потеря от химической неполноты горения при правильно сконструированных топках практически бывает настолько незначительной, что ею пренебрегают.

Обычно средние величины этой потери следующие:

Ручная колосниковая решетка	2—6%
" " " " для антрацита	1—6%
Механическая топка с верхним забросом	1—4%
" " " с нижней подачей	0—1%
Шахтные топки	1—3%
Нефтяные топки	0—2%
Топки для газообразного топлива	0—3%
" " пылевидного	0—2%
" " фрезерного торфа во взвешенном состоянии	0—2%

3. Потеря от механической неполноты сгорания. Эта потеря тепла складывается из потери тепла от провала несгоревшего топлива в зольник, уноса топливной мелочи в газоходы и выгреба несгоревшего топлива и горячих шлаков во время чистки топки.

Для газообразного топлива эта потеря заключается в теплоте сгорания и теплосодержании выбрасываемых из топки газов при открытии смотровых отверстий, чистке форсунок и т. д. Для жидкого топлива она настолько незначительна, что обычно ею пренебрегают.

Для твердого топлива q_4 может быть определена по формуле:

$$q_4 = \frac{8100 C_{\text{пот}} A}{(100 - C_{\text{пот}}) Q_{\text{н}}^p} \%, \quad (153)$$

где:

$C_{\text{пот}}$ — содержание углерода в сухом шлаке, провале и уносе, составляющих в сумме потерю от механической неполноты сгорания ($C_{\text{пот}} = 10 - 40\%$);

A — количество золы от веса топлива в %.

К потере тепла от механической неполноты сгорания, вычисленной по вышеуказанной формуле, следует прибавить потерю тепла от охлаждения шлаков при выгребе их из топки. Если вес выгреба на 1 кг топлива составляет $g_{\text{выг}}$ кг/кг, то, принимая среднюю температуру шлаков в 600°C и теплоемкость $C_{\text{шл}} = 0,2 \text{ Кал/кг}$, получим дополнительную потерю:

$$\frac{g_{\text{выг}} \cdot 0,2 \cdot 600}{Q_{\text{н}}^p} \cdot 100 = \frac{12000 g_{\text{выг}}}{Q_{\text{н}}^p} \%. \quad (154)$$

Таким образом полная формула может быть представлена в таком виде:

$$q_4 = \frac{8100 C_{\text{пот}} \cdot A}{(100 - C_{\text{пот}}) Q_{\text{н}}^p} + \frac{12000 g_{\text{выг}}}{Q_{\text{н}}^p} \%. \quad (155)$$

Пренебрегая потерями от уноса, которые практически незначительны, получим:

$$g_{\text{выг}} = \frac{A}{100 - C_{\text{пот}}} \text{ кг/кг}$$

и тогда

$$q_4 = \frac{(8100 C_{\text{пот}} + 12000) A}{(100 - C_{\text{пот}}) Q_{\text{н}}^p} \%. \quad (156)$$

Потеря от уноса $q_{4\text{ун}}$ зависит от влажности сжигаемого топлива: чем оно суше, мельче и чем меньше в нем летучих веществ, тем она больше. Эта потеря также возрастает при фор-

сировании топки. Определенного среднего значения потерь от уноса дать нельзя, так как оно зависит от влияния многих факторов. Эта потеря при сжигании бурого угля и торфа в отбельных случаях достигала 20%. В правильно выбранной и сконструированной топке потеря от уноса должна быть совершенно незначительной.

Так, в зависимости от системы топки и рода сжигаемого в ней топлива, потери от механической неполноты сгорания бывают:

Ручная колосниковая решетка для подмосковного угля	8—12%
" " " " каменного "	3—5%
" " " " антрацита АП	1—4%
Механические топки для различных углей	1—4%
Ручная колосниковая решетка для антрацита АК	2—5%
Шахтные топки для дров	0—1%
" " " " торфа	1—4%
Механические топки для торфа	1—2%
Фрезерный торф во взвешенном состоянии	4—7%
Пылевидное топливо	2—5%

4. Потеря тепла в окружающую среду. Эта потеря q_5 определяется на основании опытных данных. Часто ее подсчитывают как остаточный член в тепловом балансе:

$$q_5 = 100 - (q_{\text{пол}} + q_2 + q_3 + q_4) \% . \quad (157)$$

Практически потеря тепла в окружающую среду передней стеной топки сушилки Пучинелли не превышает 0,4—0,6%.

Таким образом суммарные потери в топке составляют (в %):

$$q_{\text{сум топки}} = q_2 + q_3 + q_4 + q_5, \quad (158)$$

полезно же использованное тепло составляет (в %):

$$q_{\text{пол}} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5). \quad (159)$$

Приняв количество тепла, введенного в топку в виде топлива за 100% и определив полезно использованное тепло (в %), можем вычислить к. п. д. топки сушилки:

$$\eta = \frac{100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5)}{100} \cdot 100 \% . \quad (160)$$

Воздуховоды. Для подачи свежего воздуха в калориферную камеру и отвода отработанного воздуха из сушильной камеры устраиваются воздуховоды.

Воздуховоды бывают самых разнообразных конструкций и видов. По роду материала различают кирпичные, бетонные, железобетонные, шлако-алебастровые, деревянные и металлические воздуховоды.

Кирпичные воздуховоды (каналы) делают большей частью прямоугольной или квадратной формы. Бетонные и железобетонные устраиваются прямоугольной или круглой формы

и иногда для удобства чистки их яйцевидной. Металлические воздуховоды изготавливаются из черного или оцинкованного листового железа и преимущественно в виде труб круглого сечения. Такое сечение выгодно по сравнению с другими формами, во-первых, тем, что при наименьшем периметре оно дает наибольшую площадь, получаются наименьшие вредные сопротивления при движении воздуха и, наконец, достигается наиболее правильное и равномерное движение воздуха.

Расчет воздуховодов. Движение воздуха в канале может происходить или естественным путем за счет разности удельных весов воздуха в канале и снаружи или искусственным путем с помощью вентиляторов.

Для расчета воздуховодов необходимо определить объем проходящего через них воздуха, расчет которого нами произведен выше. Зная объем проходящего по воздуховодам воздуха, мы задаемся той скоростью воздуха, которую хотим ему придать, и отсюда получаем площадь поперечного сечения воздуховода по такой формуле:

$$W = \frac{l_v}{3600 v} \text{ м}^2, \quad (161)$$

где:

W — поперечное сечение воздуховода в м^2 ;

l_v — количество воздуха, проходящее через воздуховод в $\text{м}^3/\text{час}$;

v — скорость движения воздуха в $\text{м}/\text{сек}$.

Обычно скорость движения воздуха в воздуховодах составляет 5—10 $\text{м}/\text{сек}$ при искусственной тяге и 1—2 $\text{м}/\text{сек}$ — при естественной. В последнем случае скорость в 1 м придается воздуху, входящему в сушилку, в 2 м — воздуху, уходящему наружу через вентиляционную трубу.

Воздух, протекающий через воздуховоды, независимо от причины движения, т. е. вследствие работы вентилятора или за счет разности весов горячего внутреннего воздуха и холодного наружного, всегда имеет некоторое давление H . Это давление, или напор, выражается весом воды, налитой на 1 м^2 . Так как давление 1 кг воды при этом равносильно слою воды в 1 мм , то для простоты давление H выражают в миллиметрах водяного столба.

Напор в воздуховоде можно разложить на две части

$$H = h_v + h_s, \quad (162)$$

где:

h_v — скоростной, или динамический, напор, необходимый для создания скорости воздуха;

h_s — статический напор, необходимый на преодоление сопротивлений при движении воздуха в канале.

В свою очередь величину hs можно разложить:

$$hs = h_R + h_z, \quad (163)$$

где:

h_R — часть статического напора, необходимого на преодоление трения воздуха о стенки канала;

h_z — часть статического напора, необходимого на преодоление местных (случайных) сопротивлений, встречающихся на пути движения воздуха, как-то: повороты, ответвления, клапаны, решетки, сетки, изменения формы и величины поперечного сечения воздуховода и пр.

Между скоростью движения воздуха в воздуховоде и скоростным напором существует постоянная зависимость, выражаемая формулой Торичелли:

$$hv^2 = \frac{v^2}{2g} \gamma \text{ мм вод. ст.}, \quad (164)$$

где:

v — скорость воздуха в $м/сек$;

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81;

γ — вес 1 $м^3$ воздуха.

Сопротивление трения в воздуховоде h_R прямо пропорционально динамическому напору, длине и периметру канала и обратно пропорционально площади сечения:

$$h_R = \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{\rho u l}{f \gamma} \text{ мм вод. ст.}, \quad (165)$$

где:

u — периметр воздуховода в $м$;

l — длина воздуховода в $м$;

f — площадь поперечного сечения канала в $м^2$;

ρ — коэффициент трения воздуха о стенки канала.

Практическим путем определено, что величина ρ колеблется до 0,006 при круглых железных трубах и до 0,009 при квадратных кирпичных трубах.

На основании многочисленных исследований Браббе дал формулу для определения h_R в металлических каналах:

$$h_R = 6,61 \frac{v \cdot 1,924}{d \cdot 1,281} l \text{ мм вод. ст.}, \quad (166)$$

где:

v — скорость воздуха в $м/сек$;

d — диаметр цилиндрического канала в $мм$.

Величина потери напора для преодоления каждого местного (случайного) сопротивления h_z — определяется по формуле:

$$h_z = \xi \frac{v^2}{2g} \gamma \text{ мм вод. ст.}, \quad (167)$$

где ξ — опытный коэффициент, зависящий от рода местного сопротивления. Это — отвлеченный коэффициент, показывающий, какая часть скоростного напора $\frac{v^2}{2g} \gamma$ затрачивается на прохождение воздуха через данное изменение или препятствие воздуховода.

Ниже приводятся значения ξ для наиболее часто встречающихся случаев (см. таблицу на стр. 142 и 143).

Вычислив таким путем все сопротивления, вызываемые трением в прямолинейных участках, а также местные сопротивления, суммируем их и получаем величину общего давления воздуха, которое последний должен преодолеть для того, чтобы пройти через всю систему с надлежащей скоростью в необходимом количестве, т. е.:

$$hs = h_{R_1} + h_{R_2} + h_{R_3} + \dots + h_{R_n} + h_{z_1} + h_{z_2} + \dots + h_{z_n} \text{ мм вод. ст.} \quad (168)$$

где:

hs — статическое давление в мм вод. ст.;

$h_{R_1}, h_{R_2}, \dots, h_{R_n}$ — сопротивление прямолинейных участков в мм вод. ст.;

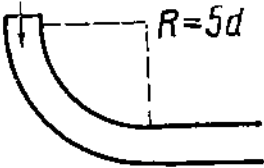
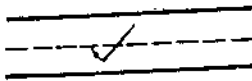
$h_{z_1}, h_{z_2}, \dots, h_{z_n}$ — местные сопротивления (повороты, заслонки, внезапные сужения, расширения и т. п.).

В полученную сумму сопротивлений нужно ввести также сопротивление, преодолеваемое воздухом при прохождении его между ситами сушильной камеры с побудительным движением воздуха.

Сопротивление сит в данном случае следует рассчитывать, приняв прозоры между ситами за воздухопровод с шероховатой внутренней поверхностью, имеющий периметр u и площадь поперечного сечения f , равные соответственно периметру и сечению одного прозора, а длину l — равной ширине канала в тоннельных сушилках и ширине камер в камерных сушилках, умноженной как в одной, так и в другой сушилке на число прозоров между ситами.

В сушилках с естественным движением воздуха вентиляция осуществляется, как мы упоминали, за счет разницы удельных весов нагретого воздуха внутри вентиляционного канала и холодного наружного воздуха. Скорость движения воздуха в вентиляционной трубе зависит от ее высоты и разности температуры внутри трубы и снаружи нее.

№ случая	Описание случая	Эскиз	Величина
1	Входное отверстие с острыми краями		1,0
2	Входное отверстие с закругленными краями		0,2—0,6
3	Вход в выступающую трубу		1,5
4	Острое колено 90°		1,5
5	Колено тупое 135°		0,5 0,4
6	Колено закругленное 90°		0,3
7	То же		0,2

№ случая	Описание случая	Эскиз	Величина
8	Колено закругленное 90° . . .		0,05
9	Плавный изгиб		0,4
10	Поворотный клапан		$\alpha = 10^\circ - 0,52$ $\alpha = 20^\circ - 1,54$ $\alpha = 40^\circ - 10,8$
11	Заслонка		$b^{1/8} - 0,07$ $b^{1/4} - 0,28$ $b^{1/2} - 2,06$ $b^{3/4} - 17,0$
12	Внезапное сужение		$\left(1 - \frac{F_2}{F_1}\right)^2$
13	Внезапное расширение		$\left(1 - \frac{F_1}{F_2}\right)^2$

Вольперт дает следующую формулу для приближенного расчета величины скорости движения воздуха:

$$v = 0,5 \sqrt{\frac{2gh(t_1 - t_2)}{273 + t_2}} \text{ м/сек}, \quad (169)$$

где:

- v — скорость движения воздуха в м/сек;
- g — ускорение силы тяжести равное 9,81;
- h — высота канала в м;
- t_1 — температура нагретого воздуха;
- t_2 — температура наружного воздуха.

Определив количество проходящего через сушильную камеру воздуха и скорость его движения в вентиляционном канале, поперечное сечение последнего определяем по формуле:

$$f = \frac{l_0}{v \cdot 3600} \text{ м}^2, \quad (170)$$

где:

- f — поперечное сечение канала в м²;
- l_0 — объем проходящего в час воздуха;
- v — скорость воздуха в м/сек.

Сила тяги, создаваемая вытяжными трубами, определяется по формуле:

$$H = h \left(\frac{1}{1 + \alpha t_2} - \frac{1}{1 + \alpha t_1} \right) 1,293 \text{ мм вод. ст.}, \quad (171)$$

где:

- H — напор (сила тяги) в мм вод. ст.;
- h — высота канала в м;
- α — коэффициент расширения воздуха, равный 0,003665;
- t_1 — температура нагретого воздуха;
- t_2 — температура наружного воздуха.

Пример 1. Определить скорость движения воздуха в канале, если высота канала $h = 15$ м, температура наружного воздуха $t_2 = 12^\circ\text{C}$ и температура нагретого воздуха $t_1 = 60^\circ\text{C}$.

По формуле (169) Вольперта будем иметь:

$$v = 0,5 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 15(60 - 12)}{273 + 12}} = 3,5 \text{ м/сек.}$$

Пример 2. Скорость движения воздуха в канале $v = 3,5$ м/сек, количество протекающего воздуха в час $l_0 = 10\,000$ м³. Определить сечение канала f .

Применяя формулу (170), находим:

$$f = \frac{10\,000}{3,5 \cdot 3600} = 0,8 \text{ м}^2.$$

Пример 3. Высота канала $h = 15$ м, температура нагретого воздуха в канале $t_1 = 60^\circ\text{C}$, температура наружного воздуха $t_2 = 12^\circ\text{C}$. Определить напор, создаваемый вытяжным каналом H .

По формуле (171) находим:

$$H = 15 \left(\frac{1}{1 + 0,003665 \cdot 12} - \frac{1}{1 + 0,003665 \cdot 60} \right) 1,293 = 2,7 \text{ м. вод. ст.}$$

Вентиляторы. В сушильной технике применяются преимущественно вентиляторы низкого и реже среднего давления.

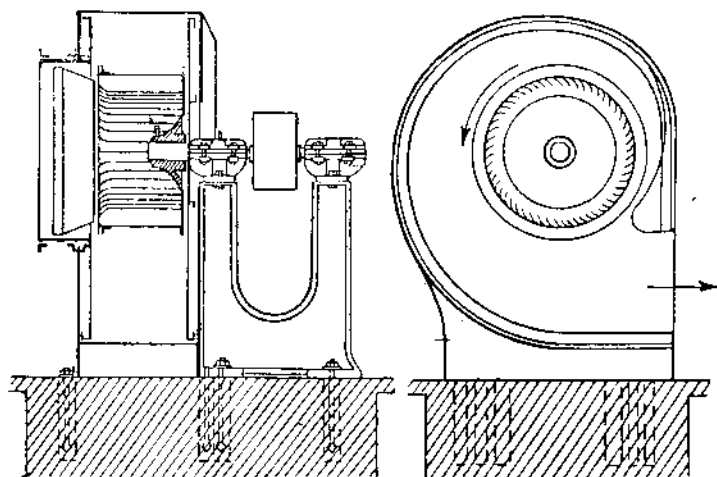


Рис. 30. Центробежный вентилятор

В практике распространены главным образом центробежные и винтовые вентиляторы.

Центробежные вентиляторы (рис. 30) состоят из вращающегося колеса с лопатками турбины, заключенной в улиткообразный кожух. Турбина насажена на вал, который вращается в подшипниках, укрепленных на стойках станины.

На рис. 31 представлен наиболее распространенный тип турбины „Сирокко“ с 64 лопатками.

Системы применяемых центробежных вентиляторов в основном разнятся профилем лопаток турбины.

К выбору вентилятора подходят, имея известные-

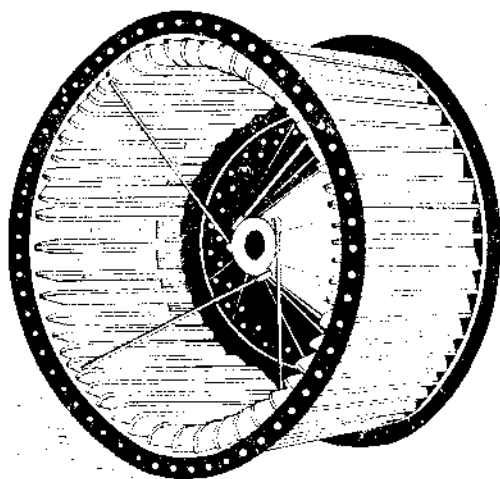


Рис. 31. Турбина центробежного вентилятора „Сирокко“

ми две величины: l_0 —объем воздуха, который вентилятор должен подавать в сушильную камеру в 1 час, и сумму сопротивлений всех воздуховодов, являющуюся тем статическим давлением, которое должен создать вентилятор для преодоления всех сопротивлений. Эти данные позволяют остановиться на определенном типе вентилятора и определить его размеры по приведенным таблицам производительности, которые составляются заводами, изготовляющими вентиляторы. Найти, однако, по таблицам вентилятор, строго отвечающий расчету, обычно не удастся и приходится брать ближайший подходящий. Приближение работы выбранного вентилятора производится путем изменения числа оборотов, осуществляемого сменой шкива.

Тип вентилятора определяется, во-первых, направлением вращения турбины и, во-вторых, положением выхлопного отверстия. Турбина, как правило, должна вращаться всегда по направлению развертывания спирали. Отсюда различают вентиляторы правого и левого вращения. Вентилятором правого вращения называют такой вентилятор, турбина которого вращается по часовой стрелке, а левого вращения—против часовой стрелки, если смотреть со стороны шкива.

В отношении положения выхлопного отверстия вентиляторы изготовляются с верхним дутьем, нижним дутьем, верхним боковым и нижним боковым дутьем.

Иногда вентиляторы небольших размеров изготовляются с поворотным кожухом. Этот тип вентилятора удобен в том отношении, что вращая кожух вокруг оси, можно установить выхлопное отверстие в любом направлении.

Вентиляторы приводят в движение почти исключительно при помощи электромоторов.

Чтобы определить расход сил на вращение вентилятора, воспользуемся элементарными данными из механики. Пусть L —живая сила воздуха, выходящего из вентилятора. Известно, что:

$$L = M \frac{v^2}{2}, \quad (172)$$

где:

M —масса воздуха;

v —скорость воздуха в m/sec .

В свою очередь:

$$M = \frac{Q}{g} \gamma, \quad (173)$$

где Q —количество воздуха в m^3/sec .

Тогда:

$$L = Q \frac{v^2}{2g} \gamma. \quad (174)$$

Живая сила полностью создается вентилятором, так как до вентилятора она равна нулю. Следовательно, выражение живой силы будет характеризовать теоретически создаваемую работу вентилятора, т. е.

$$P = Q \frac{v^2}{2g} \gamma,$$

но:

$$\frac{v^2}{2g} \gamma = H, \quad (175)$$

следовательно

$$P = QH.$$

Поскольку Q принято выражать в $\text{м}^3/\text{сек}$, а H — в $\text{кг} \cdot \text{м}^2$, мы получаем выражение работы в $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{сек}$.

В технике, как известно, расход энергии определяется в лошадиных силах, а так как $1 \text{ л. с.} = 75 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{сек}$, то теоретический расход потребляемой энергии в лошадиных силах выразится:

$$N = \frac{QH}{75} \text{ л. с.} \quad (176)$$

Фактический расход энергии на валу вентилятора получим, если учтем к. п. д. вентилятора:

$$N = \frac{QH}{75\eta_1} \text{ л. с.}, \quad (177)$$

где η_1 — к. п. д. вентилятора.

Фактический расход энергии на валу мотора будет:

$$N = \frac{QH}{75\eta_1\eta_2} \text{ л. с.}, \quad (178)$$

где η_2 — к. п. д. мотора.

Обычно к. п. д. центробежных вентиляторов колеблется в пределах 0,4—0,7, причем низший предел относится к статическому, а высший — к полному (статическое плюс динамическое) давлению, практически же к. п. д. колеблется в пределах 0,4—0,55.

Пример. Определить расход сил на вентилятор при $Q = 10\,000 \text{ м}^3/\text{час}$ и сопротивлении $H = 30 \text{ м} \cdot \text{вод. ст.}$

Пользуясь формулой (178), получим:

$$\begin{aligned} N &= \frac{Q}{3600 \cdot 75 \cdot \eta_1 \eta_2 \eta_3} = \\ &= \frac{10\,000 \cdot 30}{3600 \cdot 75 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 3,1 \end{aligned}$$

(При подсчете нами приняты коэффициенты $\eta_1 = 0,5$, $\eta_2 = 0,8$ — 0,9 и коэффициент скольжения ремня $\eta_3 = 0,9$).

Полученная мощность мотора N является теоретически необходимой, на практике же следует вводить коэффициенты 1,2, учитывая пусковую мощность. Таким образом мощность мотора составит $3,1 \cdot 1,2 = 3,72$ НР.

Для того чтобы правильно использовать вентилятор, нужно ознакомиться с его характеристикой. Последняя показывает зависимость между производительностью вентилятора и создаваемым напором при постоянном числе оборотов. Рассмотрим, каким образом можно составить характеристики вентиляторов экспериментальным путем.

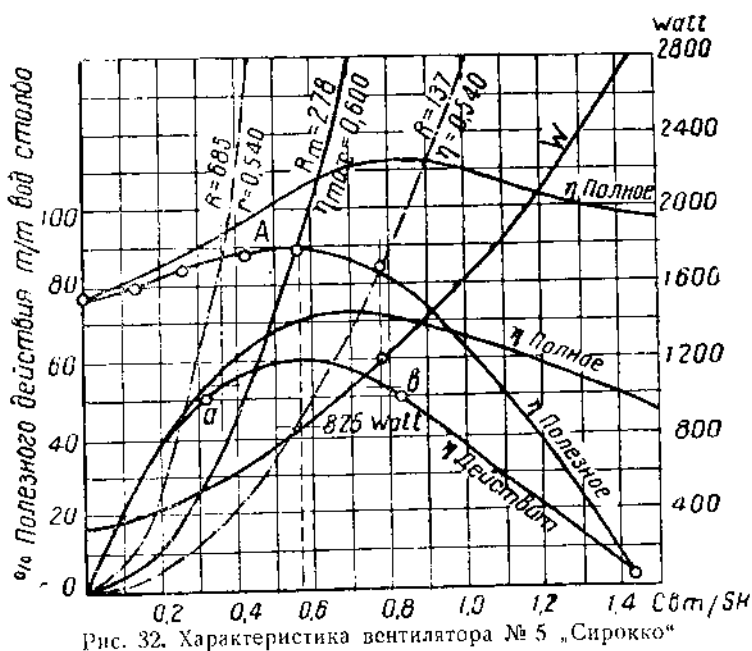


Рис. 32. Характеристика вентилятора № 5 „Сирокко“

Предположим, что мы имеем центробежный вентилятор, к выхлопному отверстию которого приделана труба круглого сечения для правильного распределения струи воздуха. Если мы будем изменять сечение этой трубы путем установки разных диафрагм при определенном постоянном числе оборотов вентилятора, то увидим, что при совершенно открытой нагнетательной трубе вентилятор работает с максимальной производительностью при минимальном сопротивлении, близком к нулю. Изменяя сечение трубы путем вставки диафрагм с различными отверстиями, а следовательно, и различными сопротивлениями, и оставляя прежним постоянное число оборотов, производим в каждом случае измерения расхода воздуха, создаваемого давления и к. п. д. способом, указанным выше. Изображая графически данные испытания, получим характеристические

кривые (рис. 32). Рассматривая кривую давлений, мы видим, что при закрытом отверстии давление равно 78 мм; по мере открывания отверстия, т. е. перемеще диафрагмы, давление сначала повышается, а затем, при полном открытии отверстия, становится равным нулю при одновременном увеличении производительности.

Ниже мы находим кривую η полезного действия. Очевидно, что при закрытом отверстии вентилятор не совершает полезной работы и потому кривая показывает при этом 0%, то же происходит и при полном открытии отверстия.

Максимальный к. п. д. $\eta = 60\%$ получится при максимальном давлении, равном 90 мм вод. ст., которое наблюдается при 0,56 м³/сек проходящего воздуха.

Кривая W (рис. 32) указывает расход энергии.

Таким образом, имея характеристику, можно для данного размера вентилятора и заданного числа оборотов найти на кривой точку, соответствующую наиболее выгодной работе его.

Дальнейшее ознакомление с диаграммой (рис. 33) показывает что каждой ординате процента полезного действия отвечают две точки соответствующей кривой, т. е. каждому проценту полезного действия отвечают два давления.

Повторяя наше испытание при различных числах оборотов вентилятора, мы для каждого числа оборотов получим свои кривые создаваемого давления.

Если мы нанесем на каждой кривой давления парные точки, соответствующие какому-либо проценту полезного действия, например $a-b$, $c-d$, $e-f$ для 50% и т. д., и затем соединим их, то получим кривую, характеризующую изменение давления и объем воздуха при различном числе оборотов на одном и том же проценте полезного действия. Продолжая наносить на диаграмму кривые процента полезного действия, мы установим, наконец, точку, соответствующую максимальному к. п. д. вентилятора.

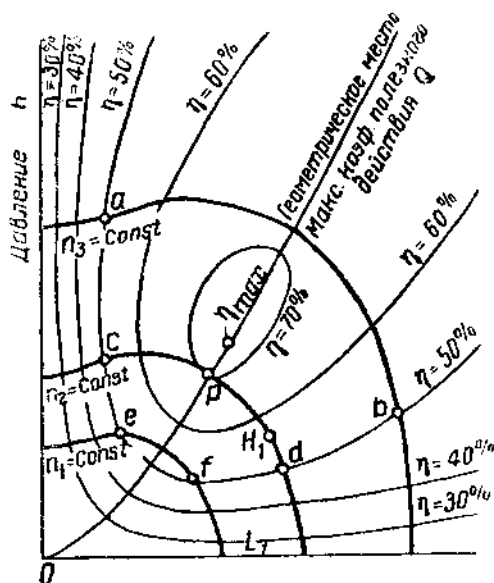


Рис. 33. Характеристические кривые центробежного вентилятора

Из вышеизложенного видно, что каждый вентилятор может работать при наибольшем к. п. д. только при определенном числе оборотов, определенной производительности и соответствующем создаваемом давлении, поэтому к выбору номера вентилятора следует подходить с большой осторожностью, так как при несоответственных размерах и числах оборотов можно получить низкий к. п. д.

Каждый вентилятор при определенном числе оборотов, определенном выхлопном отверстии дает определенное количество воздуха при определенном сопротивлении и требует определенного расхода сил.

Зависимость между указанными величинами может быть выражена тремя законами пропорциональности.

1. Количество воздуха, перемещаемого вентилятором, прямо пропорционально его числу оборотов, т. е.:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1}{n_2}, \text{ или } \frac{L}{n} = \alpha (\text{const}).$$

Это соотношение можно объяснить тем, что с увеличением числа оборотов пропорционально возрастает окружная скорость колеса; следовательно, в пространстве между лопатками воздух пойдет также с пропорционально увеличенной скоростью, а мы знаем, что при неизменном сечении объем перемещаемого воздуха пропорционален скорости. Отсюда и получается прямая зависимость между числом оборотов и производительностью вентиляторов.

Пример. При 500 об/мин. вентилятор дает 15 000 м³/час. Какое число оборотов нужно дать вентилятору, чтобы иметь производительность 20 000 м³/час. Пользуясь первым законом пропорциональности, имеем:

$$n_2 = \frac{L_2}{L_1} n_1 = \frac{20\,000}{15\,000} 500 \approx 667 \text{ об/мин.}$$

2. Давления, создаваемые вентилятором, пропорциональны квадратам чисел оборотов, т. е.:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}, \text{ или } \frac{L}{n^2} = \beta (\text{const}).$$

Мы знаем, что между скоростью и давлением существует зависимость $h = \frac{v^2}{2g} \gamma$. Если при n_1 об/мин. и окружной скорости v_1 :

$$h_1 = \frac{v_1^2}{2g} \gamma,$$

то при n_2 об/мин. и окружной скорости v_2 :

$$h_2 = \frac{v_2^2}{2g} \gamma.$$

Деля одно уравнение на другое, получим:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2},$$

или, подставляя вместо v_1, v_2 — n_1^2 и n_2^2 получим:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

Пример. Если при 450 об/мин. вентилятор создает давление в 20 мм вод. ст., то какое давление создаст он при 600 об/мин.?

Пользуясь вторым законом пропорциональности, получим:

$$h_2 = h_1 \frac{600^2}{450^2} \approx 36 \text{ мм вод. ст.}$$

3. Количество энергии, потребляемое вентилятором, пропорционально кубу чисел оборотов, т. е.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}, \text{ или } \frac{N_1}{n_1^3} = \delta \text{ (const).}$$

По формуле (178) расход энергии на вентилятор при n_1 об/мин. будет:

$$N_1 = \frac{L_1 H_1}{75 \eta_1 \eta_2} \text{ HP,}$$

а при n_2 соответственно будет:

$$N_2 = \frac{L_2 H_2}{75 \eta_1 \eta_2} \text{ HP.}$$

Деля первое уравнение на второе, получим:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{H_1}{H_2}.$$

Но по первому и второму законам отношение производительности и давлений можно заменить отношением чисел оборотов, откуда и получим:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}.$$

Пример. Вентилятор при 500 об/мин. потребляет 2,5 HP. Сколько будет потреблять вентилятор при 600 об/мин.?

$$N_2 = N_1 \frac{n_2^3}{n_1^3} = 2,5 \frac{600^3}{450^3} = 6 \text{ HP.}$$

Обычно при выборе вентилятора его не рассчитывают, а пользуются специальными таблицами, которые приведены в приложении. Вентилятор берут большего размера, так как при малом

размере расход силы значительно повышается; точно так же не следует превосходить давление, указываемое в таблице производительности.

Понятно, что рассчитывая какой-либо вентилятор, можно не найти в таблице случая, который точно соответствовал бы нашим заданиям по количеству воздуха и давлению. Например, нам нужно 30000 м³/час при 22 мм. Останавливаемся на подходящем случае: например, при 300 об/мин. вентилятор дает 25144 м³ воздуха при давлении 19 мм вод. ст., а при 350 об/мин. — 28772 м³ воздуха при давлении 25 мм вод. ст. Как тот, так и другой случаи не подходят. Спрашивается, сколько же нужно дать вентилятору оборотов, чтобы он удовлетворял нашему требованию в отношении производительности? Рассуждаем так: при 300 об/мин вентилятор дает 25144 м³ воздуха, а для того, чтобы получить 30000 м³ воздуха, ему надо по формуле

$$\frac{r}{n} = \alpha \text{ дать } \frac{300 \cdot 30000}{25144} = 360 \text{ об/мин. При этом } h \text{ по формуле}$$

$$\frac{H}{n_2} = \beta \text{ мы получим: } 19 \frac{360^2}{300^2} = 27,4 \text{ мм, т. е. больше, чем нам нужно.}$$

На основании этого мы можем только сказать, что правильное число оборотов будет находиться между 300 и 360, но ближе к 360. Не производя точного расчета, возьмем 350 об/мин.

Но мы должны иметь в виду, что для случаев, отличных от указанных в таблице, η меньше и потому расход силы будет больше, чем в таблице.

Для данного случая при 360 об/мин. $N = 4,45$ HP. Для нашего случая N будет составлять приблизительно столько же, так как η меньше, но теоретический расход силы также меньше:

$$\text{в первом случае } N = \frac{28772 \cdot 25}{3600 \cdot 75} = 2,63 \text{ HP и } \eta = 59,1\%;$$

$$\text{во втором случае } N = \frac{30000 \cdot 22}{3600 \cdot 75} = 2,44 \text{ HP и } \eta = 54,8\%.$$

Бывает, что при устройстве сушилки приходится пользоваться случайно имеющимся вентилятором, данные о производительности которого отсутствуют. Тогда необходимо подсчитать производительность, исходя из диаметра колеса. В этом случае поступают следующим образом. Определяют диаметр колеса в метрах и задаются каким-либо числом оборотов. По формуле:

$$u = \frac{\pi D n}{60} \text{ м/сек,} \quad (179)$$

где:

u — периферическая скорость в $м/сек$;

D — диаметр колеса в $м$;

n — число оборотов колеса в минуту,
определяем периферическую скорость. Между последней и развиваемым вентилятором давлением существует зависимость, выражаемая формулой:

$$H = \eta \frac{u^2 \gamma}{g} \text{ мм вод. ст.}, \quad (180)$$

где:

H — давление в $мм вод. ст.$;

η — коэффициент, зависящий от формы лопаток (для „Сирокко“ равен 0,6);

u — периферическая скорость в $м/сек$;

γ — удельный вес воздуха;

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81.

Винтовые вентиляторы. Винтовые вентиляторы работают по принципу винта, перемещая воздух под влиянием вращения наклонной плоскости в массе воздуха. В отличие от центробежного вентилятора здесь воздух проходит в осевом направлении, не меняя своего направления.

Количество перемещаемого вентилятором воздуха будет тем больше, чем больше число оборотов вентилятора и чем больше угол наклона лопаток.

В практике встречаются преимущественно вентиляторы „Сирокко“, состоящие из колеса, посаженного на ось, на конце которой обычно помещается шкив. Подшипник, в котором вращается колесо, заключен в чугунную или железную раму, прикрепленную обычно к стене четырьмя болтами. Характерной особенностью всякого винтового вентилятора является то, что окружная скорость его в различных точках колеса неодинакова и зависит от расстояния данной точки от оси вентилятора. Вследствие этого в вентиляторах обычного типа перемещение воздуха происходит наиболее энергично у внешнего края колеса, уменьшаясь к середине. В середине колеса перемещение воздуха теоретически не происходит, практически же, особенно при значительных сопротивлениях, воздух идет в обратном направлении. В вентиляторах „Сирокко“ это явление усугубляется еще тем, что к краям лопатки имеют больший выгиб, чем к середине. Отсюда ясна вся нелепость конструкции таких вентиляторов, могущих работать при весьма незначительных сопротивлениях, не превышающих 10—11 $мм вод. ст.$ с к. п. д. порядка 0,2—0,3.

На рис. 34 представлен двойной вентилятор „Блекман“. Вентилятор этого типа имеет некоторое преимущество по сравнению с винтовым вентилятором „Сирокко“ в отношении к. п. д., но зато плохое течение мощности и давления, поэтому вентиляторы „Блекман“ также нельзя признать удовлетворительными.

Весьма интересно сконструированы вентиляторы ЦАГИ. Крыльчатое колесо этих вентиляторов делается по типу воздушного пропеллера, причем количество лопастей различно в зависимости от давления, которое должен создавать вентилятор.

Для того чтобы получить более равномерное перемещение воздуха к втулке, лопасти уширяются. Средняя часть вентилятора закрыта, чтобы воспрепятствовать возврату воздуха при значительных сопротивлениях. Трехлопастные вентиляторы типа „ЦАГИ“ создают давление в пределах 20–50 мм вод. ст. при $\eta_{\text{ст}}$ до 0,5 и $\eta_{\text{полн}}$ до 0,6.

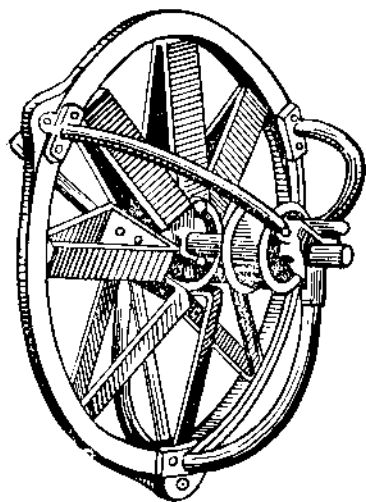


Рис. 34. Двойной винтовой вентилятор „Блекман“

Винтовые вентиляторы приводятся в движение при помощи ременной передачи или непосредственным соединением вентилятора и мотора на общей оси. Здесь так же, как и в центробежных вентиляторах, предпочтительнее первый способ.

Нужно отметить, что до сего времени во всех случаях, когда требуется перемещать большие количества воздуха при значительных сопротивлениях, применяются центробежные вентиляторы, а винтовые—лишь при незначительных сопротивлениях, до 5 мм вод. ст. В сушильной практике плодоовощной промышленности применяются лишь центробежные вентиляторы. С появлением новейших рациональных конструкций винтовых вентиляторов, создающих зна-

чительные давления и могущих вполне заменить центробежные, следует отдать предпочтение первым, так как они имеют следующие преимущества перед центробежными:

- 1) проще по конструкции, дешевле и требуют меньшего количества материала для изготовления;
- 2) портативнее и, следовательно, требуют меньше места для установки;
- 3) конструкция присоединяемого к вентилятору трубопровода несложна, а следовательно, и более дешева.

Нагревательные приборы (калориферы). Тепло, необходимое для сушки, получается от нагревательных приборов (калориферов) того или иного типа.

В сушильной практике плодоовощной промышленности различают огневые и паровые калориферы.

Огневые калориферы состоят из железных труб или труб, сложенных из кирпича. Топливо сгорает на колосниковой

решетке, а продукты сгорания проходят по трубам и выходят в дымовую трубу. Паровые калориферы состоят из гладких чугунных труб, к которым для получения большей поверхности нагрева прилиты ребра, имеющие круглую, квадратную или прямоугольную форму.

Пар, проходя по указанным калориферам, нагревает их и они отдают свое тепло омываемому их воздуху. Теплоотдача нагревательных приборов в значительной степени зависит от скорости омывания воздухом их поверхности.

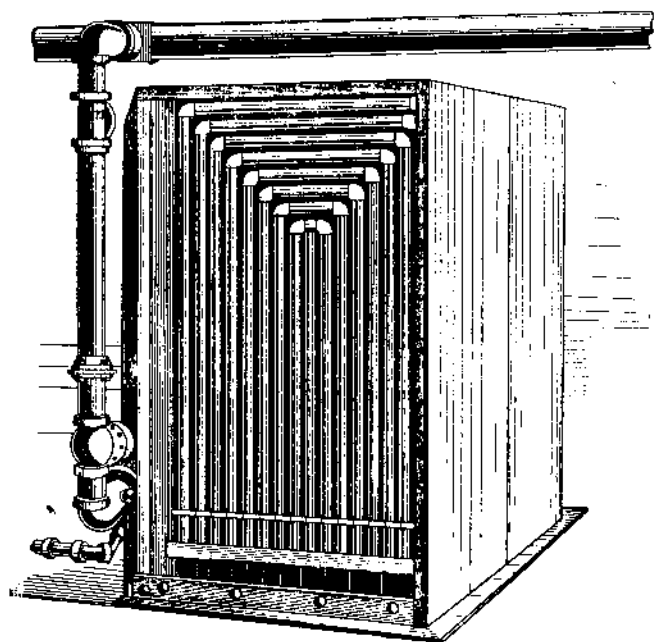


Рис. 35. Калорифер Стюртеванта

Коэффициент теплоотдачи является приблизительной функцией квадратного корня из скорости воздуха.

К паровым калориферам можно отнести калориферы Стюртеванта и калориферы Юнкерса.

Калорифер Стюртеванта (рис. 35) состоит из нескольких рядов мелких U-образных трубок диаметром 21 мм с расстоянием между ними около 5 мм. Пар поступает в него по трубе, согревает отдельные трубки, и, конденсируясь, удаляется по нижней части трубы. Все это устройство заключается в железный кожух. Калориферы данного типа в настоящее время мало применяются ввиду своей сложности.

Калорифер Юнкерса (рис. 36) наиболее распространен в сушильной практике. Он состоит из нескольких медных или чаще

железных трубок, к которым припаяны пластинки. Трубки с обоих концов присоединяются к чугунным коробкам. Для обогрева калорифера в одну из этих коробок поступает пар, который, распределяясь по трубкам, обогревает их и припаянные к ним пластинки, после чего, конденсируясь, собирается в нижнюю коробку и затем удаляется в конденсационную линию через конденсационный горшок. В приложении приведены данные производительности в $\text{м}^3/\text{час}$ и $\text{Кал}/\text{час}$, а также сопротивления в мм вод. ст. калориферов, изготовляемых заводом Мосэлектронпром. Там же указаны габаритные размеры калориферов Юнкерса, причем через A обозначена длина, через B —ширина и через B —глубина калорифера.

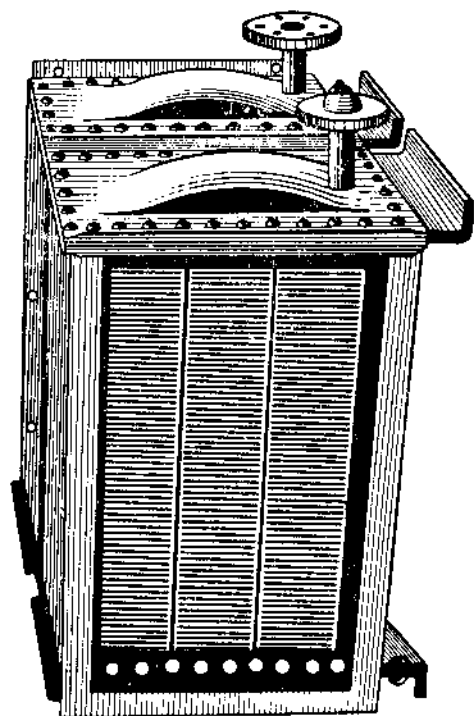


Рис. 36. Калорифер Юнкерса

Расчет поверхности нагрева калорифера. Поверхность нагрева калорифера F рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{\Sigma Q}{K \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{T - t}{2} \right)} \quad (181)$$

где:

- F — поверхность нагрева калорифера в м^2 ;
- ΣQ — часовой расход тепла в Кал ;
- K — коэффициент теплопередачи, зависящий от скорости воздуха, типа и расположения нагревательных приборов;
- T_1 — температура поступающего в калорифер пара или газов;
- T_2 — температура отходящего от калорифера пара или газов;
- T — температура воздуха после калориферов;
- t — паружная температура.

Примечание. Часовой расход тепла ΣQ составляет сумму всех статей расхода тепла за исключением расхода на нагрев вагонок, сит и прогрев материала.

Значение коэффициента теплопередачи K берут из таблиц различных справочников.

Пример. Определить, какова должна быть поверхность нагрева калорифера, состоящего из радиаторов, при условии обогрева его паром давле-

нием в 3 атм по манометру для нагрева 50 000 м³ воздуха в час от -10 до 80 °С.

Определим сначала количество тепла, потребное на нагревание 50 000 м³ воздуха от -10 до 80 °С:

$$Q = 0,3 (80 + 10) \cdot 50000 = 1\,350\,000 \text{ Кал/час.}$$

Температура пара, входящего в калорифер при давлении пара в 3 атм по манометру, 144 °С, а температура уходящего из калорифера конденсата 100 °С. Если принять скорость движения воздуха около нагревательных поверхностей в 1 м/сек, то по таблице $K = 19,1$.

Подставляя в формулу (181) наши величины, получим:

$$F = \frac{1350000}{19,1 \left(\frac{144 + 100}{2} - \frac{80 - 10}{2} \right)} = 812,7 \text{ м}^2.$$

Обычно при вычислении поверхности нагрева калорифера F устанавливается количество тепла, необходимое для получения от калорифера, в Кал/час.

4. СУШИЛКИ

Классификация сушилок. Сушилки, применяемые в плодово-овощной промышленности СССР, разделяются на следующие группы:

1. В зависимости от метода размещения и типа нагревательных приборов:

- 1) калориферные;
- 2) с внутренним обогревом;
- 3) калориферные с частичным внутренним обогревом.

2. В зависимости от характера среды, передающей тепло воздуху:

- 1) огневые;
- 2) паровые.

3. Соответственно применению того или иного источника напора или тяги, обуславливающего перемещение воздуха:

1) с естественной циркуляцией воздуха внутри камеры (в этих системах движение воздуха осуществляется благодаря разности гидростатических давлений теплого и холодного воздуха);

2) с искусственной циркуляцией воздуха (направление движения определяется напором, создаваемым механическим способом — вентиляторами).

В том и другом случае замена отработанного воздуха свежим производится: 1) устройством вытяжных вертикальных каналов и каналов, подающих воздух (естественная тяга) или 2) установкой нагнетающих либо отсасывающих вентиляторов или тех и других вместе (искусственная тяга).

4. В зависимости от метода использования воздуха:

- 1) однократного насыщения;
- 2) многократного насыщения (с возвратом части отработанного воздуха).

5. По характеру сушильного помещения:

1) камерные с помещениями малой емкости, загружаемые и выгружаемые одновременно;

2) шкафные;

3) тоннельные, или канальные; вагонетки с ситами, нагруженными сырьем (передвигаются периодически от места загрузки к месту выгрузки).

6. Соответственно характеристике движения воздуха и сырья:

1) противоточные (сырье движется навстречу нагретому воздуху); в зависимости от рода высушиваемого сырья могут быть применены как прямоточные (сырье движется параллельно нагретому воздуху);

2) вертикального тока (движение воздуха происходит сверху вниз или снизу вверх).

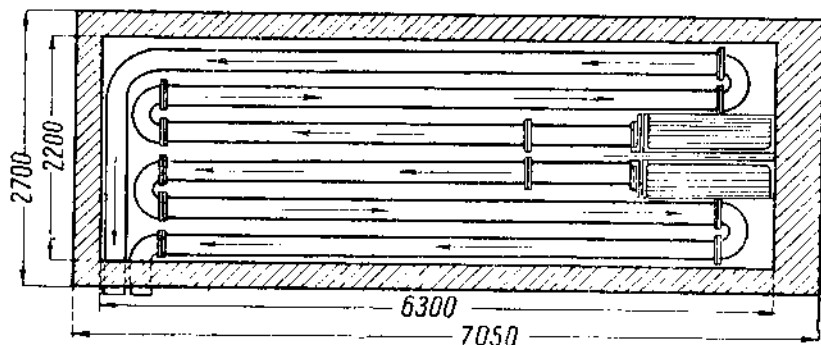


Рис. 37. План расположения калориферных труб сушилки „Бессарабка“

7. В зависимости от плотности воздуха в сушилке:

1) с атмосферным давлением воздуха;

2) под разрежением, или вакуумные.

Конструкций и типов сушилок, применяемых в плодоовощной промышленности СССР, большое количество. Здесь мы рассмотрим лишь некоторые из них.

Сушилка «Бессарабка». Сушилка «Бессарабка» относится к типу шкафных сушилок с огневым обогревом. Она состоит из двух основных частей: калорифера (огневого) и деревянного сушильного шкафа с ситами. Калорифер представляет собой две трубы, выходящие из задней стенки топки, делающие по два поворота и собранные в общий дымоход, который соединен с дымовой трубой. Топка (из кирпича¹⁾) и калориферные трубы (из 4—5-килограммового железа) расположены на 1,25 м ниже уровня земли и в совокупности образуют калориферную камеру (рис. 37).

¹⁾ Для предохранения топки от быстрого износа ее иногда делают из чугуна.

Общая длина калориферных труб диаметром 210 мм равна 37 м, а поверхность нагрева калорифера — около 25 м². Сушильный шкаф расположен над калориферной камерой на расстоянии около 1 м. От калориферной трубы по длине сушильный шкаф с обеих сторон делится на девять, а по высоте — на три камеры, закрываемые дверцами. В каждой камере помещается по три деревянных сита размером 1,1 × 0,62 м. Таким образом общее количество сит в сушильном шкафу 162 с полезной площадью 110,5 м². Габаритные размеры сушильного шкафа таковы: длина — 7,05 м, ширина — 2,7 м и высота — 1,63 м. Как уже было указано, сушильный шкаф строится из дерева, причем торцевые стенки обкладываются кирпичом. Потолок сушила тоже

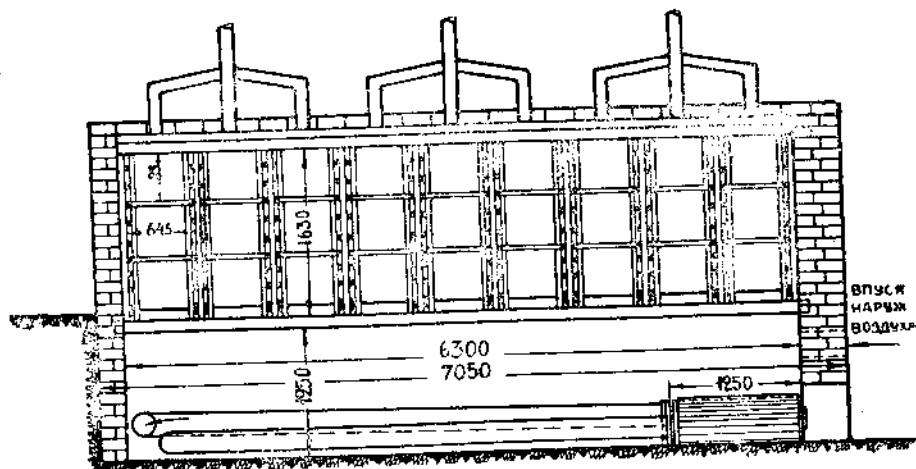


Рис. 38. Продольный разрез сушила „Бессарабка“

деревянный, сверху изолированный слоем глины. Поступление атмосферного воздуха к калориферным трубам осуществляется при помощи четырех отверстий суммарного сечения 0,0824 м², имеющих в передней стенке калориферной камеры. Атмосферный воздух, нагретый около калориферных труб, вследствие уменьшения своего удельного веса поднимается сквозь сита, нагруженные сырьем, вверх и, насытившись влагой, удаляется наружу через три вытяжные деревянные трубы суммарного сечения 0,043 м² (рис. 38).

Так как сушилка имеет три вытяжные трубы, т. е. на каждые три секции приходится по одной трубе, то во избежание задержки отработанного воздуха из других секций вытяжные трубы при помощи патрубков соединены с общей вытяжной трубой. В сушилке этого типа поступление свежего воздуха и удаление отработанного производятся при помощи естественной

тяги, основанной на разнице температур и удельных весов воздуха. Расход топлива (дров) на сушилку составляет около 280 кг в сутки. Коэффициент использования тепла сушилкой 40%, а коэффициент полезного действия ее — 35%¹⁾.

Описанный тип сушилки особенно распространен в югозападной части СССР. Обычно такие сушилки строят из двух-трех аппаратов с одной общей дымовой трубой.

Существенным недостатком этого типа сушилок является их опасность в пожарном отношении, неравномерность сушки во всех частях сушильного шкафа и невысокое качество получаемого в них продукта. Что же касается себестоимости продукта,

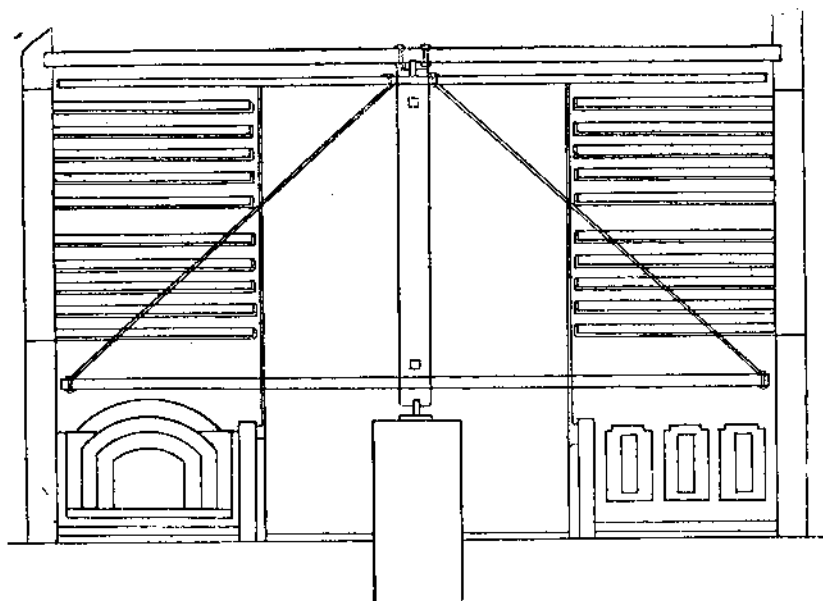


Рис. 39. Продольный разрез карусельной сушилки Ермилова

то она довольно низка по сравнению с себестоимостью готового продукта, получаемого в сушилках других типов.

Карусельная сушилка системы Ермилова. Карусельная сушилка системы Ермилова является усовершенствованной ростовской сушилкой карусельного типа. Она относится к типу огневых камерных сушилок и состоит из калорифера и сушильной камеры (рис. 39 и 40). Калорифер представляет собой кирпичную печь, от которой по кругу под сушильной камерой отходят три кирпичных дымохода.

Дымоходы постепенно, по мере удаления от печи, повышаются так, что их сечение у самой трубы становится меньшим, чем

¹⁾ По данным испытания сушилки „Бессарабка“, произведенного Ковальчуком Ф. И. и Бланкманом Б. Д. в 1932 г.

у топки. Все они соединяются в общий боров, соединенный с дымовой трубой. Для лучшего использования тепла дымовых газов и поддержания в каждой секторе сушильной камеры особой температуры (о чем будет сказано ниже) в дымоходах на определенном расстоянии друг от друга устроены пороги. Горячие газы, проходя по дымоходам, задерживаются у порогов, ударяясь в них, перемешиваются и благодаря этому более полно отдают свое тепло стенкам дымоходов. Последние устроены так, что поступающий наружный воздух, омывая всю поверхность

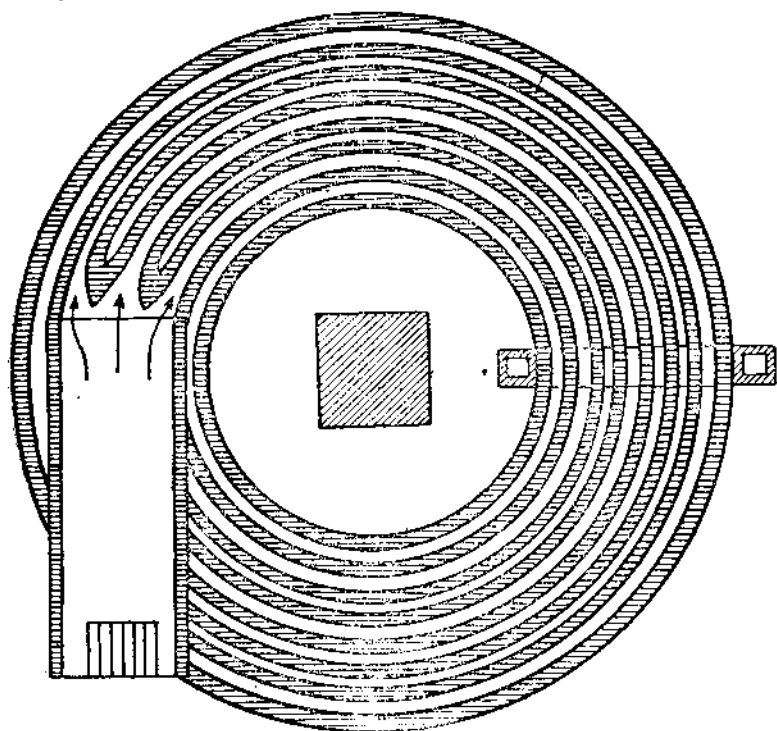


Рис. 40. План калорифера карусельной сушилки Ермилова

дымоходов, лучше охлаждает стенки, чем предохраняет их от разрушения, нагревается сам и поступает в сушильную камеру, где отдает свое тепло сырью. Свод над топкой с этой целью сделан двойным. В борове дымовой трубы имеется шибер для регулирования тяги.

Калорифер находится ниже уровня земли. Это дает возможность сократить потери тепла и кроме того позволяет устраивать не слишком высокую сушилку, что затрудняло бы ее обслуживание.

Сушильную камеру строят круглой формы из кирпича и располагают ее над калорифером. Сзади и спереди камера имеет

по два отверстия, закрывающиеся деревянными дверцами. Эти отверстия служат для загрузки и выгрузки сырья. Диаметр камеры равняется 6 м. В центре сушильной камеры на подпятнике установлена железная ось, на которой привешена железная или деревянная этажерка. В плане она представляет цилиндр или многоугольную призму. Этажерка разделена радиально-отвесными переборками, не доходящими до центрального вала карусели, на шесть секторов. Последние особой вертикальной перегородкой, идущей параллельно стене сушильной камеры, отделены от центрального вала карусели.

Таким образом сушилка делится на шесть камер; из них 5 имеют в сечении форму сектора и служат для помещения сит и одна — цилиндрическая или призматическая для удаления влажного отработанного воздуха. Карусель имеет девять этажей. В каждую секторообразную камеру помещается по три сита, таким образом в одном этаже карусели помещается $3 \times 6 = 18$ сит, а во всех девяти этажах — $18 \times 9 = 162$ сита трапециoidalной формы. Длина сита — 1,69 м, ширина в узкой части — 0,3 м, в широкой — 0,9 м, площадь — 0,93 м², а общая площадь всех сит сушилки — около 150,7 м². Сита в камере размещают в шахматном порядке одно над другим, оставляя между ними отверстия. Наружный воздух входит по каналу над печью и, встречая на своем пути дымоходы, нагревается, поднимается вверх, производя сушку сырья, находящегося на ситах. Нагретый воздух, пройдя сквозь сырье, насыщается влагой и охлаждается. Охладившись, отработанный воздух уходит в центральную цилиндрическую камеру, оседает на дно ее и вытяжной трубой, начинающейся у пола камеры и проходящей под дымоходами и через стену наружу, удаляется из сушилки. Температура в сушильной камере распределяется так: если в 1-й камере, ближайшей к печи, 70°C, то во 2-й — 65°C, в 3-й — 60°C, в 4-й — 55°C, в 5-й — 50°C и в 6-й — 40°C.

Работа на сушилке производится следующим образом. Одну из шести камер загружают ситами и ставят ее на то место против калорифера, где самая высокая температура. Через определенный промежуток времени в зависимости от степени сухости сырья передвигают эту камеру дальше, где температура несколько ниже, а на ее место ставят 2-ю камеру, которая нагружалась во время сушки продукта в 1-й, и т. д. Когда начинается загрузка 4-й камеры, 1-я подходит к контрольным дверям, где и производится осмотр продукта. Затем загружают 6-ю камеру и отодвигают ее на место 1-й; последняя продвигается к загрузочной двери и, простояв здесь такой же промежуток времени, как и в остальных местах, готова к выгрузке. Нагрузка и выгрузка каждой камеры продолжают не более 10 мин. Для непрерывной работы необходимо иметь один запасной комплект сит для одной камеры.

ней части аппарата и питается паром давлением от 3 до 5 атм непосредственно через паропровод от парового котла. Пройдя через калорифер, воздух нагревается и поступает в нижние каналы, которых имеется два (по одному в каждой половине аппарата,

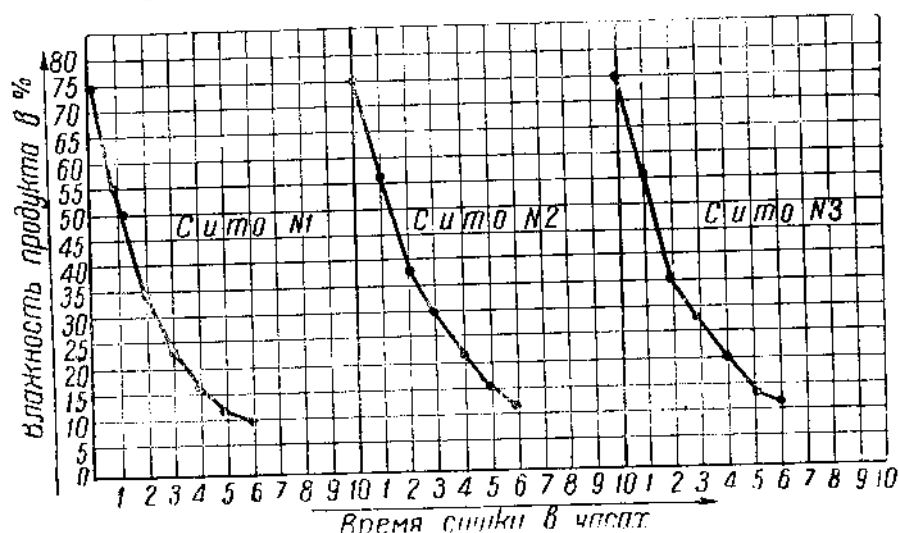


Рис. 42. График динамики сушки картофеля в 1-й зоне сушилки „Даква шкафная“

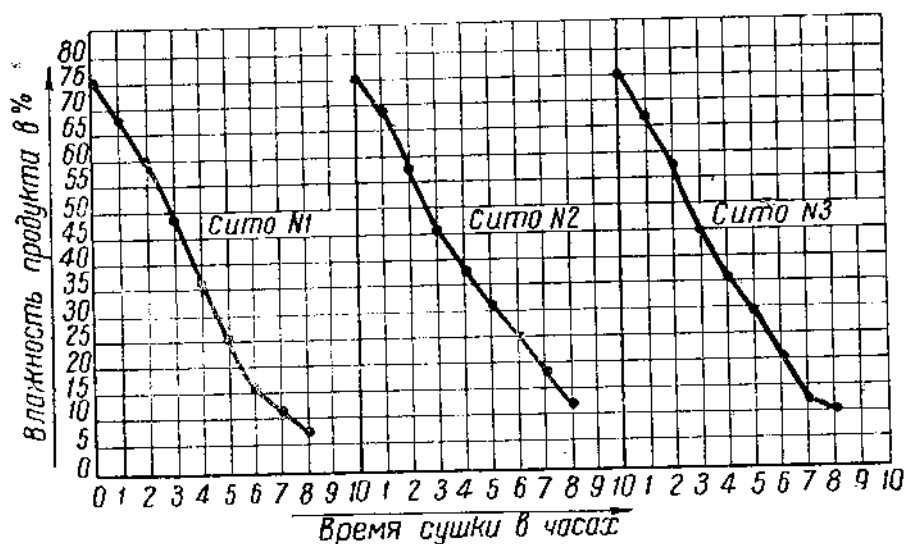


Рис. 43. График динамики сушки картофеля во 2-й зоне сушилки „Даква шкафная“

рата). Из каналов нагретый воздух через жалюзи, закрывающиеся шиберами, идет в вертикальные воздушные камеры, откуда через отверстия распределяется между ситами, нагруженными сырьем. Увлажнившись, воздух выходит в средний канал и вытяжным вентилятором, расположенным в противоположном конце аппарата, подается в вытяжную трубу и выталкивается в атмосферу.

Если отработанный воздух недостаточно насыщен влагой, то его из вытяжной трубы путем открывания поворотного шибера, расположенного над всасывающим вентилятором, возвращают верхним рециркуляционным каналом снова через калорифер при помощи всасывающе-нагнетательного вентилятора. Впуск наружного атмосферного воздуха к калориферу также регулируется поворотным шибером, находящимся во всасываю-

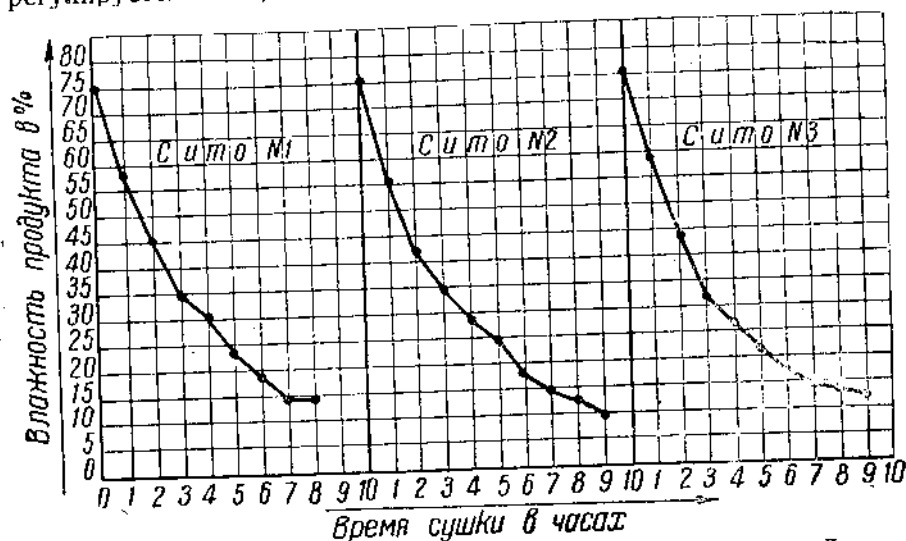


Рис. 44. График динамики сушки картофеля в 3-й зоне сушилки „Даква шкафная“

щей трубе. Помимо основного пластинчатого калорифера с поверхностью нагрева 245 м^2 во второй нижней части аппарата имеется добавочный трубчатый калорифер с поверхностью нагрева 9 м^2 .

Габаритные размеры сушильного шкафа следующие: длина — $8,52 \text{ м}$, ширина — $2,15 \text{ м}$ и высота — $2,17 \text{ м}$, а общая длина аппарата — $10,76 \text{ м}$.

Всасывающе-нагнетательный вентилятор делает 900 об/мин , а высасывающий — 700 . Приводятся вентиляторы в движение моторами по 5 НР каждый.

Расход пара на калориферы составляет около 300 кг/час .

Сушильные аппараты конструируются из дерева. Одним из существенных недостатков их является неравномерность сушки в разных точках и на поверхности каждого сита, что вызывает частое открывание дверец камер и вследствие этого большие потери тепла.

Коэффициент использования тепла аппаратом 43,6%, а к. п. д. его — 22,4%¹⁾.

На рис. 42—44 показаны результаты сушки картофеля и моркови в разных зонах сушильного аппарата, характеризующие последний в отношении неравномерности сушки.

«Даква канальная». Канальная сушилка фирмы Даненберг и Квандт (рис. 45) состоит из двух параллельных каналов, разделенных стенкой. В каждом канале шириной 1,2 м и высотой 1,8 м помещается по восемь вагонеток, несущих по 36 сит, расположенных в 18 ярусах с расстоянием между ситами по вертикали 80 мм.

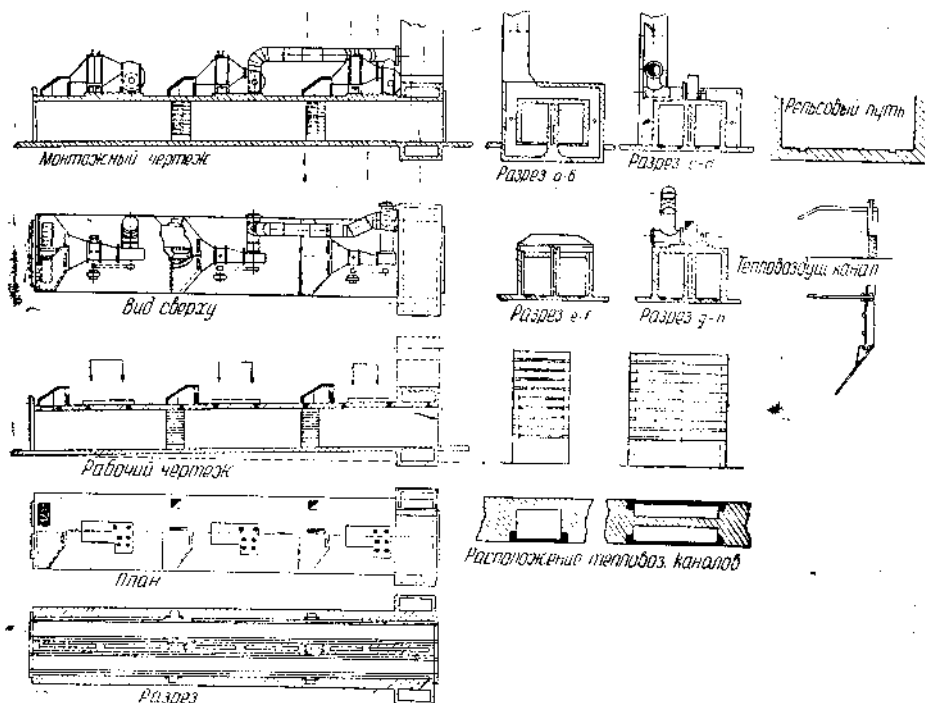


Рис. 45. Сушилка „Даква канальная“

Сита представляют собой деревянные рамки с натянутой на них проволочной сеткой размером 1×1 м. Полезная площадь одного сита 0,8 м². Всего в двух каналах помещается 576 сит с общей полезной площадью 466,6 м².

¹⁾ Ковальчук Ф. И. и Бланкман В. Д., „Испытание сушилок для плодов и овощей“, 1932.

По режиму нагретого воздуха сушилка делится по длине на три ступени, причем каждая из них обслуживается отдельным калорифером и вентилятором (каждый работает одновременно на оба канала). Каждый вентилятор работает от отдельного мотора и расположен сверху сушилки. Воздух нагнетается в каналы через пластинчатые калориферы, находящиеся рядом с вентиляторами. Пластинчатые калориферы питаются паром давлением до 5 атм. Сырье на вагонетках по проложенному в каналах двурельсовому пути движется навстречу нагретому воздуху; таким образом сушилка работает по принципу противотока.

Циркуляция воздуха осуществляется следующим образом. В 3-ю ступень, считая по движению вагонеток с сырьем (при их выходе из сушилки), воздух засасывается вентилятором из окружающей атмосферы. В остальные две ступени он засасывается кроме того из вытяжной трубы, благодаря чему в этих ступенях он вторично насыщается влагой. В 3-ю ступень нагретый воздух вводится через потолок каналов, во 2-ю же и 1-ю ступени — через жалюзи в боковых стенках каналов по всей их высоте. Отработанный воздух отсасывается в конце 1-й ступени через отверстия в полу в вытяжную трубу.

Такие сушилки строят из кирпича с тщательной штукатуркой. Оба канала сушилки с двух концов закрываются двустворчатыми дверцами (рис. 46).

Число оборотов вентиляторов 1-й и 2-й ступени — 840—1040 в минуту, причем мощность моторов к ним составляет от 2,5 до 4,4 НР; число же оборотов вентилятора 3-й ступени — 630—770 в минуту при мощности мотора к нему 4—7 НР.

Сушилка имеет следующие габаритные размеры: длина — 18 м, ширина — 3,54 м и высота — 1,98 м. Общий вид ее показан на рис. 47. Сушилка потребляет до 900 кг пара в час. Коэффициент использования тепла в сушилке 62,3%, а к. п. д. — 32%.

Существенным недостатком сушилки является неравномерность сушки в каналах по ее вертикали.

Канальная сушилка Пучинелли. Канальная сушилка Пучинелли (рис. 48) имеет вид параллелепипеда, лежащего на одной из своих граней. Габаритные размеры ее следующие: длина — 18,9 м, ширина — 8,02 м, высота — 2,35 м.

По ширине сушилка разделена двумя продольными перегородками на три канала. Средний канал — шириной 2,97 м и высотой 2,58 м — является калориферной камерой, и два боковых — шириной 1,9 м и высотой 2,16 м каждый с проложенными в них рельсами для продвижения возков с нагруженными на них ситами с сырьем. Сита размером $1,795 \times 0,89$ м установлены на возках штабелем по 24, причем между ними по вертикали имеются щели в 20—25 мм. В каждом канале помещается по 16 возков. Таким образом сушилка вмещает $24 \cdot 16 \cdot 2 = 768$ сит с общей полезной площадью около 1075 м².

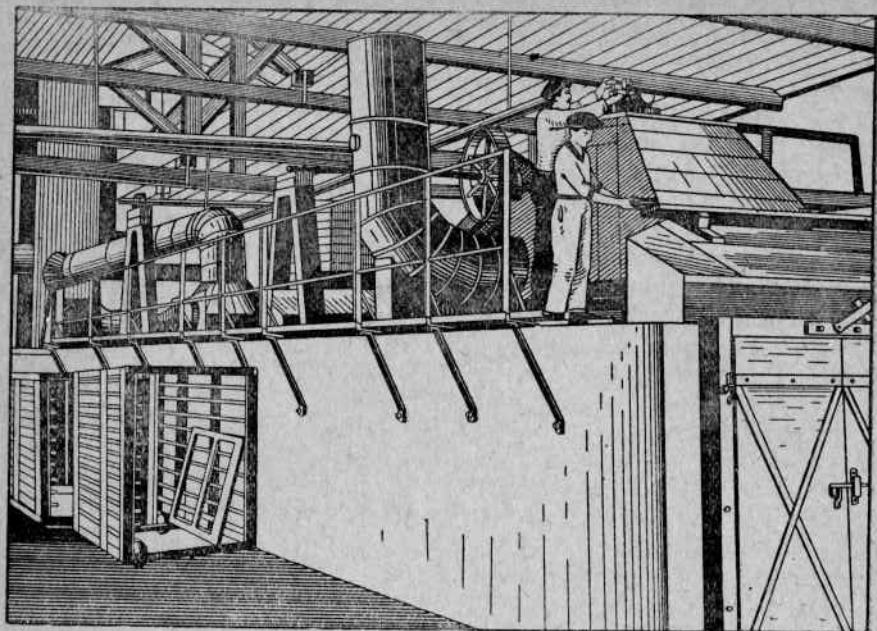


Рис. 46. Двустворчатые двери сушилки „Даква канальная“

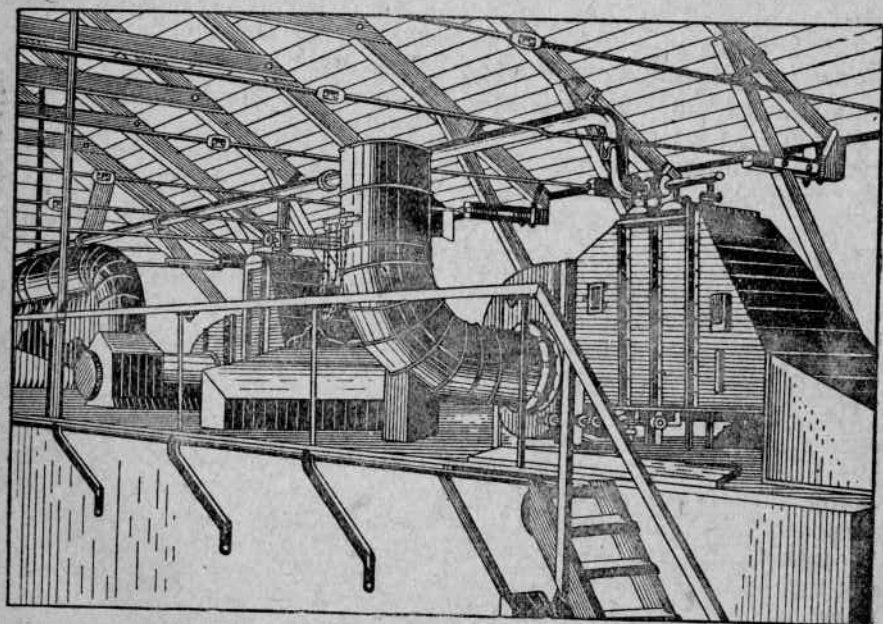


Рис. 47. Общий вид сушилки „Даква канальная“

Продвижение возков по каналам производится при помощи тросов с крючками и лебедок, установленных перед каналами.

В передней части calorиферной камеры помещается топка. Последняя представляет собой цилиндрический барабан из котельного железа толщиной 10 мм, длиной 5,25 м и диаметром 1,8 м. Внутри топочный барабан выложен огнеупорным кирпичом. Примерно на середине барабана помещается порог, за которым на расстоянии 2 м находится решетка, выложенная из огнеупорного кирпича и служащая для перемешивания дымовых газов и выравнивания их температуры. За решеткой находится дно барабана с 12 чугунными патрубками, от которых начинаются calorиферные железные трубы. Последние тинутся от барабана до вентиляторов, расположенных в другом конце calorиферной камеры. У вентиляторов calorиферные трубы загибаются, идут обратно и соединяются с ресивером, находящимся в потолке calorиферной камеры над барабаном. Сверху ресивера проходит дымовая труба, служащая для удаления из него дымовых газов. С целью уменьшения высоты дымовой трубы для создания необходимой тяги между ресивером и трубой устанавливают дымосос, работающий от мотора.

Диаметр calorиферных труб 200 мм, длина от барабана до закругленной части их («калочки») 8,04 м и от последней до ресивера — 9,88 м. Диаметр закруглений у первых шести труб 700 мм и у остальных шести — 330 мм. Размеры ресивера таковы: длина — 2,75 м и диаметр — 1000 мм. Поверхность calorифера вместе с поверхностью барабана и ресивера 173,36 м².

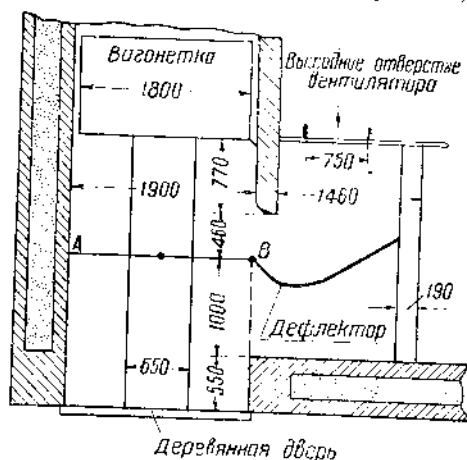


Рис. 49. Левый канал сушилки «Пучинелли»

За calorиферными трубами, как уже было упомянуто, установлены два вентилятора типа «Сирокко». Один из них нагнетает горячий воздух в правый канал, другой — в левый (рис. 49). Диа-

метр всасывающих отверстий вентиляторов — 950 мм, число лопаток ротора — 64, ширина лопатки — 63 мм, длина 550 мм. Оба вентилятора установлены на одном валу и приводятся в движение одним мотором в 50 НР, помещенным сзади сушилки.

Теплоносителем является воздух, который засасывается из помещения через восемь прямоугольных отверстий размером 280×290 мм снаружи через тоннель, соединенный с передней частью калориферной камеры. Отсюда часть воздуха поднимается в калориферную камеру, а другая часть по небольшому тоннелю поступает под патрубки барабана. Регулирование подачи воздуха как из помещения, так и снаружи (двора) осуществляется при помощи шиберов, расположенных у отверстий калориферной камеры. Помимо указанных источников поступления воздуха в процессе работы в калориферную камеру попадет часть отработанного воздуха. Этот воздух поступает через прямоугольные отверстия в стенах, отделяющих каналы от калориферной камеры. Отверстия для выпуска отработанного воздуха 2,16 м высотой и 1,05 м шириной. Подача отработанного воздуха регулируется при помощи шиберов, двигающегося в горизонтальном направлении.

В калориферной камере воздух нагревается у калориферных труб и, пройдя через вентиляторы, направляется у дефлекторов в каналы. Попав в каналы, он проходит между ситами, нагруженными сырьем, насыщается влагой и выходит в вытяжные трубы, установленные над каналами у входа в последние. Удаление отработанного воздуха регулируется поворотными шиберами, находящимися в вытяжных трубах.

Сушилка работает на нефти, которая подается в барабан из железного бака трубопроводом при помощи форсунки «Энтерпрайз». Форсунка состоит из конуса и вентилятора, нагнетающего воздух для разбрызгивания нефти. Воздух, необходимый для горения нефти, подается в барабан через поддувало размером $33 \times 14,5$ см, находящееся в нижней части барабана.

В последнее время сушилки Пучинелли снабжают специальными топками для работы на твердом топливе (уголь, торф).

Сушилка потребляет от 1,6 до 2 т нефти в сутки. По данным испытания сушилки Пучинелли Стародубского завода в 1933 г. к. п. д. топки — 69,6%, к. п. д. сушилки (каналов) — 54,3%, а к. п. д. всей сушилки — 37,8%.

Коэффициент полезного действия сушилки Недригайловского сушильного завода равняется 42,3%.

Сушилки описанного типа имеют ряд преимуществ по сравнению с другими в отношении высокого качества продукции, легкости обслуживания и более низкой себестоимости готового продукта.

Помимо описанных сушилок, широко применяющихся в СССР, помещаем описание некоторых конструкций сушилок, изготовляемых за границей, знакомство с которыми, по нашему мнению,

принесет известную пользу при конструировании новых сушилок и реконструкции старых.

Печи для горячего воздуха. Горячий воздух для барабанных аппаратов и сушилок получается в особых печах. Печь (с чугунной топкой) для горячего воздуха сделана из котельного железа. С обеих сторон печи, откуда поступает свежий воздух, имеются створчатые дверки (жалюзи). Свод топки выложен из шамотного кирпича, что обеспечивает хорошее накопление тепла и равномерную отдачу его. Путем особой проводки для нагретых газов достигается возможно полное сгорание и уменьшается количество наносимой золы. В качестве горючего материала служит главным образом кокс. При употреблении малоценных горючих материалов немислимо прямое использование горячих газов в смеси со свежим воздухом, и приходится прибегать к нагреванию при помощи калориферов.

Канальные сушилки. Особенностью канальных сушилок являются прекрасное использование тепла и возможность изготовления первоклассных продуктов. Главными частями сушилки являются: корпус, состоящий из кирпичной кладки либо железного остова, проложенного изолирующими плитами; вентиляторы, осуществляющие движение тока воздуха; тележки с проволочными подносами, подвозящие подлежащее сушке сырье; нагревательные аппараты, обеспечивающие нагревание воздуха.

Оболочка по длине разделяется поперечными стенками на несколько отдельных камер, в которые введены вентиляторы. Последние расположены таким образом, что между каждыми двумя находится пустое отделение камеры. Середина канала служит для прохождения тележек с сырьем. Передняя и задняя стороны тележек закрыты, а боковые открыты. Входное и выходное отверстия канала снабжены задвижными дверками.

Воздух засасывается первым левым вентилятором со стороны выхода канала и омывает ближайшую группу тележек. Пройдя через первую нагревательную батарею, он захватывается вентилятором противоположной стороны и омывает вторую группу тележек. Таким зигзагообразным путем он продвигается через весь канал до тех пор, пока последний вентилятор не выведет его достаточно насыщенным наружу.

Температура сушилки повышается по мере увеличения поверхности нагрева и продвижения тележек. Таким образом получают очень равномерное нагревание сырья и отдача им влаги. В зону самой высокой температуры попадает очень влажное и, следовательно, наиболее стойкое сырье. Благодаря удачному использованию тепла расход пара очень невелик. Несмотря на большое количество вентиляторов, энергии расходуется не больше, чем в других системах, что объясняется хорошим использованием тепла и потребностью в сравнительно небольших количествах воздуха. Прохождение тележек через канал осуществляется автоматически работающей лебедкой. Для нагревания

может быть использован острый, отработанный или смешанный пар.

Если в наличии имеется достаточное количество пара, то калориферные нагреватели можно заменить ребристыми паровыми нагревателями, располагая их между отдельными рельсовыми путями. Подлежащий сушке продукт помещается на тележке с подносами ($0,8 \times 1,0$ м), продвигающихся вдоль канала при помощи лебедки. Температура канала при входе в него сырого продукта $80-100^\circ\text{C}$, а на противоположной стороне 40°C . Таким образом в месте поступления воздуха, в зоне сухого продукта, самая низкая температура. Воздух, необходимый для сушки, направляется к тележкам лопастными вентиляторами и часть его, насыщенная до $60-70\%$, выводится эксгаустером.

Тележка с готовым продуктом на выходном конце канала выводится вручную, причем одновременно освобождается место для ввода с другого конца тележки со свежим сырьем. Лебедка, приводящая в движение тележки по каналу, автоматически занимает исходное положение. За топочным порогом находится особое помещение для смешивания раскаленных газов с предварительно подогретым воздухом, чем достигается бездымное сгорание. Далее имеется особое приспособление для отделения наносной золы. При поступлении в канал газы смешиваются для получения требуемой температуры с необходимым количеством свежего воздуха.

В конце трубопровода для горячих газов, у входного отверстия сушилки, находятся передвижные клапаны, дающие возможность направлять газы в отсасывающую трубу, минуя канал. Сбоку канала имеются глазки и отверстия для отбора продукта. Обнаруживаемые в газах следы сернистой кислоты SO_2 способствуют отбеливанию и стерилизации товара.

Генераторы для горячего воздуха. Для получения нагретого воздуха, состоящего из топочных газов, смешанных со свежим воздухом, служат генераторы сушильного воздуха. Генератор сделан из железа с приспособлением для отделения наносной золы. Необходимое количество свежего воздуха добавляется к предварительно очищенной смеси газа и воздуха и проводится через очиститель. Отделитель наносной золы, устроенный между печью и воздуходувкой, представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд, через который тангенциально проходит смесь газа и воздуха, причем частицы золы прижимаются, как в центрофуге, к стенкам сосуда и затем падают вниз в подвижной ящик. Ввиду значительного диаметра сосуда и уменьшения вследствие этого скорости движения смеси газа и воздуха тяжелые частицы золы также падают на дно. После этого смесь газов проходит еще через фильтр, чтобы окончательно удалить мельчайшие частицы золы. Фильтр сверху закрыт съемной крышкой дном которой состоит из дырчатого железа либо из проволоочной ткани. На дне укладывают в несколько слоев минеральные ве

щества, причем снизу крупные куски, а сверху мелкие. Путем просеивания через сито фильтровальную массу периодически очищают и разделяют на крупную и мелкую. Количество топочных газов и температуру сушильного воздуха можно регулировать посредством клапана, находящегося внутри генератора, переставляя его за рукоятку.

Генератор «Даква» состоит из выложенного шамотом топочного помещения с приспособлениями для сжигания дыма и отделения наносной золы (рис. 50). Топочный порог устроен в виде решетки. Генератор заключен в железную оболочку. Между оболочкой и кирпичной кладкой циркулирует свежий воздух, нагревающийся от кирпичной кладки и охлаждающий ее (см. рис. 50).

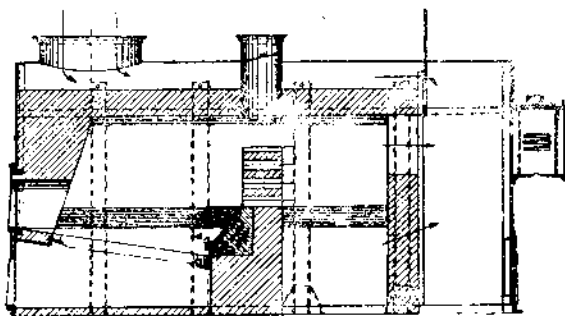


Рис. 50. Генератор «Даква»

В общем генераторы горячего воздуха должны отвечать следующим требованиям: они должны осуществлять полное и бездымное сжигание горючего материала, должны давать сушильный воздух, по возможности свободный от наносной золы и сернистой кислоты, и служить продолжительный срок.

Подносные аппараты. Образцом аппаратов подносного типа является «Фаворит». Схематический разрез его представлен на рис. 51. Остов аппарата сделан главным образом из углового железа. Заднее помещение, в котором находятся главная нагревательная батарея и колодезь сушилки с дополнительной батареей, покрыто листовым железом. Аппарат в целом представляет довольно большую установку, с одной стороны которой приспособлен лифт, а на крыше находится двойной эксгаустер. Воздух подается под напором. Свежий воздух сначала просасывается через батарею предварительного подогревания и проводится через нижний штабель подпосов. После того как воздух вновь подогреется в промежуточной батарее и пройдет через верхний штабель подпосов, он оказывается уже почти насыщенным влагой и выводится отсасывающим вентилятором наружу через особую трубу. Движение лифта, а также поднятие и

опускание подносов осуществляются зубчатой передачей, снабженной подвижными шайбами. Для того чтобы воспрепятствовать проникновению холодного воздуха через входные отверстия во время смены подносов, устроены особые задвижки, которые на этот промежуток времени закрываются и прекращают работу двойного эксгаустера.

Для нагревания сушильного воздуха применяются исключительно калориферы, питающиеся паром.

Работа протекает в двух отделениях сушильной камеры, расположенных одно над другим, где передвигается по направлению вниз определенное количество подносов. Самый нижний поднос нижнего штабеля с готовым продуктом попадает на лифт А (см. рис. 51) и выносится наружу. Поднос опорожняется, заполняется свежим сырьем, поднимается вверх, вводится в суши-

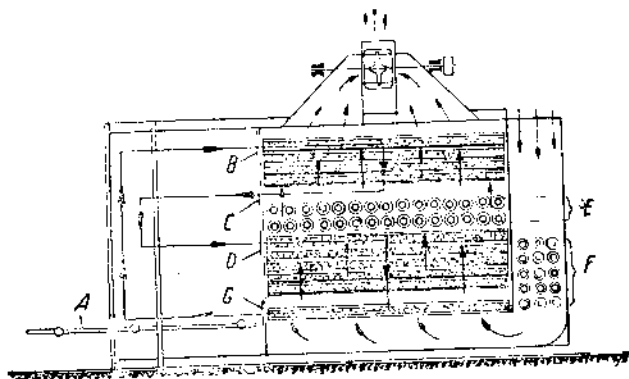


Рис. 51. Схематический разрез подносного аппарата „Фаворит“

ку через отверстие В и устанавливается на самом верху верхнего штабеля. Нижний поднос верхнего штабеля выдвигается в пункте С и осматривается в отношении готовности продукта; если нужно, сырье перетряхивается и переворачивается. Затем этот поднос попадает на лифт, проходит мимо средней нагревательной батареи и в пункте D попадает на верх нижнего штабеля. Круговое движение подносов происходит так, как указано стрелкой на рис. 51. В верхнем штабеле происходит предварительное подсушивание, а в нижнем — досушивание.

Поток воздуха, создаваемый двойным вентилятором, выполняет две задачи: прежде всего при сравнительно низкой температуре досушивает находящееся в нижнем штабеле предварительно подсушенное сырье, а затем при повышенной температуре подсушивает сырье, находящееся в верхнем штабеле. Сушильный воздух подогревается промежуточной нагревательной батареей, находящейся между штабелями Е. Для первоначального нагревания поступающего свежего воздуха служит батарея F, устро-

енная у задней стенки аппарата. Воздух подводится к нижнему штабелю с температурой 60°, охлаждается там до 50°, подогревается на промежуточной батарее до 75° и при проходе через верхний штабель охлаждается до 35°.

Камерные сушилки. Камерные сушилки относятся к типу подносных (стеллажных) с тем отличием, что в строго подносных (стеллажных) сушилках воздух проходит сквозь стеллажи, а в камерных — над подносами (стеллажами). Эти аппараты более всего применимы в мелких и средних предприятиях. Тележки с сырьем вдвигаются в канал сбоку, причем рядом может быть установлено до восьми тележек. Для уменьшения расходов по установке можно обойтись без тележек, а вдвигать отдельные подносы на устроенные в канале подмости. Оболочку делают из кирпича либо из железа. Сушилка делится на несколько отделений, между которыми устроены нагреватели для пара. Понеречные перегородки воздухопроницаемые. Тележки с подносами вдвигаются в камеры, каждая из которых имеет дверь. В конце последней камеры находится эксгаустер, который всасывает воздух, поступающий с противоположного конца, проводит его горизонтально через все камеры и возвращает его насыщенным.

При сушке сырья с малым содержанием влаги можно, применяя дроссельный клапан, часть отработанного воздуха обратно пускать в работу, смешивая его со свежим. Управление аппаратом несложно. Перед камерами устраивается рельсовый путь, по которому движется платформа, облегчающая передвижение продукта из одной камеры в другую. В отдельных камерах поддерживаются различные температуры в зависимости от давления пара, величины поверхности нагрева и т. д. и притом с таким расчетом, чтобы самое влажное сырье находилось в зоне с самой высокой температурой, а почти досушенное — в зоне с наиболее низкой температурой. Через определенные промежутки времени тележки перемещаются из одной камеры в другую до момента окончания сушки.

Ленточные сушилки. Сушилки этого типа строят для сушки всех сельскохозяйственных продуктов, причем прежде всего стараются избегать температур выше 70°C, вызывающих химические изменения.

Одноступенчатая ленточная сушилка, предназначенная для переработки 250 кг сырья (картофеля) в час, представляет собой шкафообразное сооружение, заключенное в двойные деревянные стенки с изолирующей прокладкой посредине. Особая резка, приспособленная над одним из концов сушилки, сбрасывает нарезанный картофель на проходящую под ней первую воздухопроницаемую ленту. С нее продукт попадает на вторую ленту, третью и т. д., пока, наконец, готовый продукт через особую трубу не падает в мешок. Во время продвижения продукта по лентам он подвергается воздействию струи горячего воздуха. Горячий воздух, попадая в нижнюю часть сушилки через проницае-

мые ленты и находящийся на них продукт, выводится через канал, расположенный над лентами, влажным и охлажденным. С целью наибольшего использования тепла рекомендуется при сушке большинства продуктов применять рециркуляцию воздуха, т. е. часть не вполне насыщенного воздуха смешивать со свежим воздухом, подогревать и вновь вводить в сушилку.

Этот аппарат отличается своеобразным расположением лент. Имеются всего три ленты, расположенные одна за одной и движущиеся в одном и том же направлении. С этих лент продукт попадает на три другие, лежащие ниже, расположенные также одна за другой, но движущиеся в противоположном направлении. Таким образом готовый продукт выходит из аппарата с той же стороны, с которой поступает сырье.

Ленточная сушилка многоступенчатого типа приспособлена для переработки 500 кг картофеля в час. Она отличается особым расположением лент — отвесно одна под другой — и особым способом подвода воздуха. Если пропустить поступающий снизу теплый воздух через все ленты, от нижней до самой верхней, то наверху он окажется настолько охлажденным и насыщенным водой, что будет уже не в состоянии отбирать влагу у находящегося на верхней ленте сырья. Во избежание этого, а также для поддержания температуры в зависимости от особенностей сырья применяется многоступенчатая система. Сушность ее заключается в следующем. Воздух, охлажденный и насыщенный влагой после соприкосновения с сырьем на нескольких лентах, приводится в соприкосновение с нагревателями, установленными внутри аппарата и питаемыми паром или нагретой водой, вновь подогревается и в таком виде подводится к вышерасположенным лентам.

Сбоку аппарата устроены окошки, через которые можно наблюдать за ходом сушки. Загрязнение аппарата устраняется особыми вальцами на лентах и направляющими задвижками в местах прохода сырья с одной ленты на другую. Доступ внутрь аппарата обеспечивается снятием изоляционной прокладки. Поступление сырья в аппарат, продвижение в нем и выбрасывание производятся автоматически.

Воздух поступает снизу аппарата с температурой 70°C. Внутри он дважды подогревается у ребристых подогревателей. Над подогревательными трубами проложены листы железа с отверстиями для лучшего распределения теплого воздуха. Размеры аппарата: высота — 3600 мм, ширина — 1640 мм и длина — 6500 мм.

Все перечисленные ленточные сушилки основаны на принципе противотока. На рис. 52 показана сушилка «Герлах», основанная на принципе прямотока. В сетчато-ленточных сушилках осуществлен принцип автоматического непрерывного процесса, что сокращает до минимума количество обслуживающего персонала. Сушильное помещение вместе с движущимися лентами и приводным механизмом заключено в большой кожух, обшитый листо-

вым железом. Окошечки позволяют наблюдать за движением сырья внутри сушилки. В зависимости от размеров производства в сушилке устраивается 7—9 бесконечных лент, расположенных одна под другой. Плавный, непрерывный ход и конструкция ленты, приспособленная к виду сырья, обеспечивают продолжительность службы аппарата.

В тех местах, где сырье переходит с одной ленты на другую, устраиваются так называемые сегментные вальцы, преграждающие проход воздуху. Особые ведущие желоба препятствуют попаданию сырья на более низко расположенные ленты. Весь приводной механизм на виду и легко доступен. Особое приспособле-

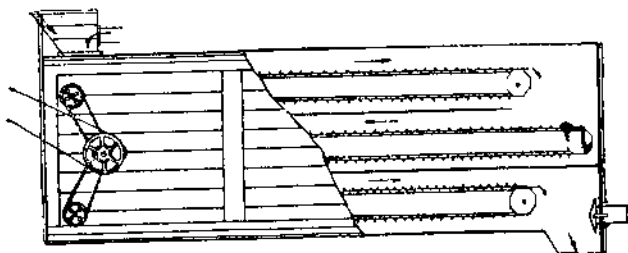


Рис. 52. Сушилка „Герлах“

ние дает возможность изменять скорость движения лент. По направлению сверху вниз скорость уменьшается в связи со сморщиванием сырья. Снижение скорости позволяет уменьшать сушильные плоскости, достигнуть равномерности слоя сырья на каждой ленте и вместе с тем обеспечить равномерное прохождение воздуха. При аппарате устроен элеватор, поднимающий сырье на высоту верхней ленты, где оно равномерно распределяется при помощи особого приспособления. Этот распределитель может давать различную толщину слоя продукта. Особые заслонки при входе и выходе продукта препятствуют пропикновению холодного воздуха. Удаление готового продукта облегчается пневматическими приспособлениями, бесконечным винтом и т. п.

5. ТЕХНИКА СУШКИ

Обслуживание сушилок. Обслуживание сушилок в основном состоит из следующих операций: 1) подготовка сушилок к работе, 2) правильная загрузка в сушилку вагонеток или сит с сырьем, 3) поддержание правильного режима топки, обеспечивающего необходимый температурный режим сушки и рациональное использование топлива, 4) поддержание требуемого режима сушки путем регулирования температуры, относительной влажности и скорости циркуляции воздуха в каналах и камерах сушилок, 5) устранение недочетов в работе отдельных деталей сушильной установки.

Перед пуском сушилок в работу после ремонта следует тщательно очистить воздухопроводы, вентиляторы, калориферные камеры, каналы и сушильные камеры от пыли и мусора. После этого в механических сушилках пускают вентиляторы на 1—1½ часа, чтобы из калориферных камер, каналов или сушильных камер удалить мелкие частицы пыли.

Очистив таким образом сушилку, ее заряжают, т. е. прогревают циркулирующий в ней воздух до требуемой согласно технологическим условиям сушки данного сырья температуры.

До прогрева паровой сушилки («Даква канальная», «Даква шкафная») конденсационные горшки выключают и пар из калориферов через обводную конденсационную коммуникацию пускают на выхлоп. Это позволяет быстрее прогреть сушилку, поскольку образующееся в первый момент большое количество конденсата, заполняющего калорифер и снижающего коэффициент теплопередачи его, быстрее удаляется из калорифера.

Зарядив сушилку, производят загрузку вагонеток или сит с сырьем. Вагонетки (Пучинелли, «Даква канальная») и сита («Бессарабка», «Даква шкафная») загружают поочередно в оба канала канальных сушилок и соответственно в сушильные камеры шкафных сушилок, строго соблюдая интервалы времени между загрузками отдельных вагонеток или сит. Интервал времени между загрузкой отдельных вагонеток или сит зависит от режима сушки, вида сырья и типа сушилок.

Определяя интервал времени t между загрузкой отдельных вагонеток или сит, следует исходить из общего правила, что каждая вагонетка или сито должны находиться в сушилке одинаковое время z при совершенно одинаковом режиме процесса сушки. Определение интервала времени t между загрузкой отдельных вагонеток или сит производится по следующей формуле:

$$t = \frac{z \cdot 60}{x}, \quad (181')$$

где:

t — интервал времени между загрузкой отдельных вагонеток или сит в мин.;

z — продолжительность процесса сушки сырья в час.;

x — количество вагонеток или сит в сушилке.

Пример. Определить, через какой интервал времени t нужно загружать вагонетки в сушилку Пучинелли при сушке картофеля, если продолжительность процесса сушки последнего $z = 5$ час.

По формуле (181') получаем:

$$t = \frac{5 \cdot 60}{30} = 10 \text{ мин.}$$

В каждую сушильную камеру все сита загружаются одновременно с сохранением очередности загрузки камер, расположенных по обе стороны сушилки.

Сохранение интервалов загрузки вагонеток или сит в сушилку имеет большое значение с точки зрения полноты использования мощности сушилки, получения готового продукта одинаковой влажности, повышения его качества, а также поддержания равномерности температуры, влагосодержания и скорости циркулирующего в сушилке воздуха. Как общее правило, для полного использования мощности сушилки она должна быть постоянно полностью загружена вагонетками или ситами с сырьем, а для осуществления этого выгрузка вагонеток или сит с готовым продуктом должна соответствовать загрузке.

В сушилках с огневым калорифером должно быть полное соответствие между сжигаемым в единицу времени топливом в топке и количеством тепла, необходимым для поддержания требуемой температуры воздуха в сушилке.

Сушилки Пучинелли, работающие на жидком топливе (нефти), подаваемом в топку при помощи форсунки «Энтерпрайз», требуют правильной установки и особого ухода за последней. Неправильная эксплуатация форсунки влечет за собой быструю порчу ее, а также повышенный расход топлива (нефти).

Правильная работа форсунки, в основном зависящая от ее установки, требует такого устройства топки, чтобы на каждый килограмм сжигаемой в час нефти приходилось 0,028 м³ топочного пространства, свободное же сечение поддувала для поступления воздуха, необходимого для горения, на каждый сжигаемый в час килограмм нефти должно составлять около 6,5 см² (по американским данным). Футеровка топки должна быть выполнена из лучшего огнеупорного кирпича и глины. В ней не должно быть больших замазанных глиной щелей, а только самые маленькие швы кладки между кирпичами.

Включая в работу форсунку, необходимо в последовательном порядке произвести следующие операции:

- 1) прочистить форсунку;
- 2) проверить плотность всех притянутых частей форсунки;
- 3) открыть дымовую заслонку и поддувало;
- 4) проверить исправность мотора форсунки;
- 5) проверить, плотно ли установлена рукоятка нефтяного клапана на требуемое давление;
- 6) проветрить дымоходы;
- 7) зажечь факел из пакли, пропитанной нефтью и насаженной на железную палку;
- 8) вложить зажженный факел левой рукой в топку;
- 9) закрыв правой рукой дверку, немедленно открыть нефтяной вентиль на форсунке, пустив полную струю нефти;
- 10) отрегулировать поток нефти и доступ воздуха, чтобы сгорание происходило полностью, без дыма;
- 11) отрегулировав горение, пустить дымосос и сразу же перекрыть шибер, пустив топочные газы в калорифер.

При остановке форсунки нужно произвести следующие операции:

- 1) закрыть нефтяной вентиль;
- 2) заставить мотор форсунки работать до тех пор, пока не будет выброшена вся нефть и не потухнет огонь;
- 3) повернуть форсунку от топки паружу;
- 4) дать остыть соплу и вытереть его тряпкой из грубого полотна, оставив форсунку откинутой от топки во избежание повреждения сопла теплом, излучаемым кладкой топки;
- 5) выключить мотор форсунки и закрыть воздушный вентиль;
- 6) проветрить дымоходы;
- 7) закрыть шибер, преграждающий доступ топочным газам в калориферные трубы;
- 8) закрыть дымовую заслонку в трубе и поддувало.

При обслуживании форсунки нужно выполнять следующие правила:

- 1) при растопке не находиться против топочной дверки, а держаться в стороне во избежание ожога при вспышке нефти;
- 2) подачу нефти соразмерять с работой сушильного аппарата и в первую очередь с температурой подаваемого в сушильные каналы воздуха;
- 3) добиваться поддержания правильного горения путем правильного регулирования подачи воздуха и нефти;
- 4) следить за тем, чтобы в баке постоянно была нефть;
- 5) подаваемую в форсунку нефть подогревать в баке, для чего последний должен быть снабжен змеевиком, питаемым паром;
- 6) ни в коем случае не допускать подогрева нефти путем подогрева нефтяного бака голым огнем, так как при этом неизбежен пожар;
- 7) пламя в топке должно быть светлое и равномерное;
- 8) пламя не должно быть сосредоточено в одном месте топки, а должно попадать только в горн, сложенный в топке из огнеупорного кирпича.

В случае срочной остановки форсунки необходимо:

- 1) закрыть нефтяной вентиль;
- 2) остановить мотор;
- 3) отвернуть форсунку так, чтобы сопло находилось вне топки;
- 4) перекрыть шибер, регулирующий направление потока топочных газов;
- 5) остановить дымосос и вентилятор сушилки.

Регулирование температуры в каналах и камерах сушилок можно производить в огневых сушилках путем регулирования подачи топлива в топку, впуска в калориферную камеру большего или меньшего количества воздуха, а также открыванием или прикрыванием шибера в вытяжных каналах, а в паровых — путем регулирования впуска пара в калориферы и впуска боль-

шего или меньшего количества наружного воздуха в калориферную камеру.

Регулирование относительной влажности в каналах и камерах механизированных сушилок осуществляется рециркуляцией воздуха, т. е. возвратом того или иного количества отработанного воздуха в калориферную камеру, понижением температуры нагретого воздуха, поступающего в каналы и камеры сушилки указанным выше способом, в кустарных же сушилках — только понижением температуры в сушильных камерах.

Скорость циркуляции воздуха в механических сушилках регулируют путем увеличения или уменьшения количества оборотов вентиляторов. Обычно принятое количество оборотов вентиляторов в механических сушилках по данным иностранных фирм следующее: вентилятор № 9 у сушилки Пучинелли — 640 об/мин., нагнетательный вентилятор № 5 у сушилки «Даква шкафная» — 900 об/мин., высасывающий № 5 — 700 об/мин., у сушилки «Даква канальная» в 1-й зоне вентилятор № 6 — 1040 об/мин., во 2-й зоне № 5 — 940 об/мин. и в 3-й зоне № 4 — 630 об/мин.

Иногда для ускорения процесса сушки стремятся повысить количество оборотов вентиляторов. К этому нужно подходить очень осторожно, произведя предварительно соответствующий расчет (это же относится и к сушилкам с естественной тягой). Произвольное увеличение оборотов вентиляторов не только влечет значительное повышение расхода электроэнергии (см. «Вентиляторы»), но также при увеличенной скорости оборотов вентилятора, а следовательно, подаче большого количества воздуха в единицу времени, может оказаться, что существующая калориферная установка недостаточна для нагрева воздуха до требуемой температуры и, таким образом, желаемый эффект не будет получен.

Увеличение скорости циркуляции воздуха в сушилках с естественной тягой («Бессарабка», карусельная) достигается путем соответственного удлинения вытяжных каналов.

Правильное руководство работой сушилки может быть осуществлено только в том случае, если последняя оборудована необходимыми контрольно-измерительными приборами.

В последнее время на некоторых плодоовощных предприятиях установлены диспетчерские площадки, позволяющие легко и быстро изменять режим работы сушилки.

В процессе работы сушилки иногда встречаются затруднения как в подаче тепла, так и в отводе или добавлении свежего воздуха, влияющие на сроки и качество сушки. Причины недостаточного количества тепла для сушки следует искать в неправильной работе калорифера и недостаточной поверхности нагрева нагревательных приборов.

В первом случае нужно проверить: в паровых сушилках — 1) достаточно ли давление поступающего в калориферы пара, 2) исправно ли работают конденсационные горшки, 3) нет ли

воздушных застоев во всасывающем воздуховоде; в огневых сушилках — 1) достаточное ли количество топлива сжигается в топке, 2) не засорились ли калориферные трубы.

Проверяя исправность работы конденсационных горшков в паровых сушилках, необходимо перекрыть конденсационные горшки и открыть вентиль у обводных труб, чтобы пар из калорифера шел на выхлоп.

Если указанными мероприятиями не удастся повысить температуру в каналах или сушильных камерах паровых и огневых сушилок, то необходимо проверить путем расчета, достаточна ли поверхность нагрева калорифера для сушки. В случае недостаточно интенсивного обмена воздуха и циркуляции в каналах или сушильных камерах нужно проверить вентиляционную установку, произведя ее расчет, как указано ниже.

Остановку сушилки производят следующим образом: по мере выгрузки вагонеток или сит уменьшают соответственно подачу воздуха в калориферную камеру, количество сжигаемого топлива в огневых сушилках и количество пара в паровых сушилках. Вентиляторы в механических сушилках останавливают только тогда, когда выгружена последняя вагонетка или сито; одновременно с этим прекращают нагрев калорифера.

Необходимо следить за тем, чтобы во время сушки дверцы камер или тоннелей были закрыты. Открывать их разрешается лишь при загрузке, разгрузке и проверке готовности продукта. У сушилок «Даква шкафная», например, в боковых каналах у каждой отдельной камеры, предусмотрены шиберы, при помощи которых можно выключить всю камеру на время разгрузки из общей системы потоков теплоносителя. Такая конструктивная деталь способствует сокращению потерь тепла. Пользуясь шиберами, расположенными у каждого из калориферов канальной сушилки «Даква», можно выключить полностью один из тоннелей или же регулировать количество воздуха, подаваемого в разные тоннели и их зоны.

Производительность сушильного цеха и режимы сушки. Производительность сушильного цеха определяется производительностью сушильного аппарата. При технологических расчетах в части подготовки сырья и его хранения необходимо показатель производительности сушильного аппарата в $кг/час$ множить на соответственные поправочные коэффициенты потерь при хранении, сортировке, мойке, очистке, измельчении и бланшировке. Поправочный коэффициент на потери при сортировке, упаковке фабриката весьма незначительно должен снижать производительность аппарата, поэтому его при исчислении производительности цеха можно не принимать во внимание.

Ниже приведены данные для расчета производительности сушилки (табл. 24, 25, 26, 27 и 28).

На производительность сушильного цеха влияет ряд факторов, из которых основные, как-то: отработанный воздух, относитель-

ная влажность, циркуляция воздуха, площадь сит и т. д., рассматриваются в приведенных ниже таблицах.

Таблица 24

Данные для расчета производительности сушилок

Тип сушилок	Сырье	Температура (в °С)				Примечание
		отрабо- танного воздуха	поступающего воздуха			
			1-я зона	2-я зона	3-я зона	
Пучинелин	Картофель . . .	42—45	44—47	75—77	85—90	Очередность зон принята в порядке про- движения сырья по тон- нелю
	Свекла, морковь . . .	40—42	42—45	68—74	80—85	
	Капуста, лук . . .	35—37	37—39	48—52	65—70	
	Белый корень . . .	35—37	37—39	60—62	70—75	
	Яблоки	40—42	39—40	62—67	77—80	
	Груши	40—42	39—40	62—67	77—80	
„Даква ка- нальная“	Косточковые . . .	37—40	39—42	57—60	70—75	Температуры, фиксируемые после калори- феров
	Картофель . . .	—	110—115	90—95	80—85	
	Корнеплоды . . .	—	110—105	87—90	80—85	
	Белый корень . . .	—	101—95	85—80	80—78	
	Капуста, лук . . .	—	110—105	85—80	75—70	
	Яблоки	—	110—115	95—90	85—80	
Шкафные па- ровые („Даква шкафная“) и огневые	Груши	—	115	90	85—80	
	Косточковые . . .	—	110	85	80—75	
	Картофель . . .	—	85	—	—	
	Корнеплоды . . .	—	80	—	—	
	Белый корень . . .	—	70	—	—	
	Капуста, лук . . .	—	70	—	—	
	Яблоки	—	80	—	—	
	Груши	—	80	—	—	
	Косточковые . . .	—	80	—	—	
	Зелень	—	50	—	—	
	Горох лопаточ- ный	—	60	—	—	

Относительная влажность отработанного воздуха. При сушке фруктов относительная влажность отработанного воздуха обычно колеблется от 30 до 40%; при сушке овощей наблюдается понижение влажности отработанного воздуха до 20—25%, при работе же сушилки Пучинелли относительная влажность воздуха колеблется при сушке овощей в пределах 30—55%. Наблюдения показывают, что относительная влажность отработанного воздуха используется в сушилках нерационально. В целях более рационального использования циркулирующего в сушилках воздуха необходимо широко применять рециркуляцию его.

Циркуляция воздуха. Скорость воздуха в камерах сушилок следующая:

В огневых с естественной тягой	0,2—0,4 м/сек.
В шкафных механических	0,4—0,6 „
В канальных механических	0,8—1,2 „

Сушильная площадь в зависимости от типа сушилки

Тип сушилки	Общая площадь сит (в м ²)	Поправочный коэффициент для исчисления по- лезной площади (в м ²)	Полезная пло- щадь сит (в м ²)
Пучинелли			
34 ваг. × 24 сита	1305,6	0,85	1100
32 " × 23 "	1129,6	0,85	960
32 " × 22 "	1126,4	0,85	957
30 " × 24 "	1152,0	0,85	979,2
„Даква канальная“	576	0,9	518
„Даква шкафная“	144	0,9	129
„Бессарабка“	105,6	0,9	95

Таблица 26

Сведенные данные по бланшированию и отбеливанию материала для искусственной сушки

№ п/п.	Наименование материала	Способ обработки	Продолжи- тельность процесса (в минутах)
1	Капуста цветная	В кипящей воде или паром	4—5
2	Фасоль (стручки)	В кипящей воде или паром	5—10
3	Горох (лопаточки)		
4	Зеленый горошек	В кипящей воде	2—10
5	Морковь, свекла	В кипящей воде или паром	2—4
6	Репка, брюква	То же	2—4
7	Картофель	„	2—4
8	Яблоки (для полу- чения отбелен- ного очищенно- го продукта)	Окуривание сернистым ангидри- дом	10
9	Груши (для полу- чения отбелен- ного очищенно- го продукта)	Окуривание сернистым ангидридом после предварительного бланширо- вания паром	15—поло- винки; 5—10 мелкие части
10	Слива с косточ- ками	В кипящем растворе щелочи 0,5 — 1,5% крепости	5—30
11	Черешня с косточ- ками	То же 0,25 — 0,5% крепости; кроме бланширования еще окуривание	

При указанных скоростях движения воздуха в механических сушилках наблюдается неравномерность сушки по высоте сушилки. Это явление особенно замечается в сушилках канального типа (Пучинелли, «Даква»).

Для устранения неравномерности сушки по высоте в канальных сушилках скорость воздуха должна быть увеличена до 2 м/сек.

Таблица 27

Содержание сухих веществ (в %) в высушиваемом сырье и фабрикате

С ы р ь е	В сырье	В фабри- кате
Картофель	22	88
Свекла	14	86
Морковь	12	86
Капуста	8	86
Яблока	12	80
Груши	14	78

Таблица 28

Средняя продолжительность сушки (в час.)

Т и п с у ш и л к и	Груши	Яблоки	Сливы	Вишни	Картофель	Свекла	Морковь	Лук	Белый корень	Капуста	Зелень	Виноград	Персики
Механическая . . .	18—22	6	18	10	5,5 ¹⁾	6	5,5	6	6	5	4	25	30
Огневая, неме- ханическая	24	9	24	15	8	10	10	10	10	10	6	—	—

При исчислении производительности аппаратуры принят поправочный коэффициент $K_2 = 0,95$. Для огневых сушилок K_2 принимают в 0,8. Рабочее время для сушильных цехов в период сезона исчисляется из расчета полных 30 дней.

Исходя из указанных выше факторов, расчет суточной производительности сушилки производится по формуле:

$$Q = \frac{F \cdot f \cdot 24 \cdot K_1 \cdot K_2}{t} \text{ кг/сутки}, \quad (182)$$

где:

Q — производительность в кг/сутки;
 F — площадь сит (полезная) в м²;
 f — нагрузка на 1 м² сита подготовленного к высушиванию сырья в кг;

¹⁾ Для „Дагвы канальной“ и „Дагвы шкафной“ 6,5 часа, для Пучинелли 5,5 часа.

t — продолжительность процесса сушки в часах;
 K_1 — коэффициент выхода продукции;
 K_2 — поправочный коэффициент для учета планово-предупредительного ремонта.

Приводим примеры расчетов.

1. Определить суточную производительность шкафного типа сушилки «Даква» при переработке стружкой картофеля, содержащего 24% сухих веществ в сырье и 92% в фабрикате:

$$Q = \frac{129 \cdot 5,5 \cdot 24 \cdot 0,261 \cdot 0,95}{7} = 603,15 \text{ кг.}$$

2. То же, но при количестве сухих веществ в сырье-картофеле — 22%:

$$Q = \frac{129 \cdot 5,5 \cdot 24 \cdot 0,239 \cdot 0,95}{7} = 552,34 \text{ кг.}$$

3. То же, что и во втором примере, но изменяя f :

$$Q = \frac{129 \cdot 4,5 \cdot 24 \cdot 0,239 \cdot 0,95}{7} = 451,9 \text{ кг.}$$

Производительность сушилок в кг/смену, установленная отраслевой конференцией (г. Серпухов, 1936 г.), приведена в табл. 29.

Таблица 29

Тип сушилки	Картофель	Свекла	Морковь	Капуста	Лук
Пучинелли					
Большие на жидком топливе	2 000	1 600	1 400	800	—
„ „ твердом „	1 750	1 400	1 225	700	—
Малые „ „ „	1 500	1 200	1 050	600	—
Шкафные					
1-я группа	200	150	140	80	150
2-я „	180	135	125	72	135
3-я „	160	120	112	65	120
Карусельные большие	250	185	175	100	185
„ малые	200	115	105	60	115
„Даква канальная“	850	600	560	320	—
„Даква шкафная“	250	180	170	100	180
„Бессарабка“	140	105	100	56	105
Бено Шильде	500	375	350	200	375

Приведенные нормы являются не предельными. С развитием стахановского движения и механизацией процесса неуклонно

снижаются непроизводительные затраты труда и повышается производительность.

Соответственно производительности сушилок выбирают все прочее оборудование в нужном количестве и необходимой мощности с определенным запасом (20—25%). При определении необходимой производительности отдельных станций в подготовительном отделении сушильного цеха вводят поправочные коэффициенты, зависящие от количества отходов и потерь.

При выборе оборудования следует ориентироваться на обработку наиболее трудоемкого сырья. Например, при определении мощности и количества чистильных и моечных машин расчет их следует вести по моркови, а мощность резок и бланширователей — по картофелю.

При различных расчетах приходится пользоваться данными о затратах на 1 т фабриката, полуфабриката или сырья, поступающего в цех, и сырья, поступающего на территорию завода. Понятно, что в зависимости от размеров, форм и количества сухих веществ в сырье колеблются и выходы продукции.

Ниже приводим табл. 30 примерного подсчета затраты сырья на производство 1 т сухих овощей и фруктов в последовательности технологических процессов по основным видам сушеных плодов и овощей.

Подготовка сырья при производстве сушеных плодов и овощей состоит из следующих процессов:

1. Сортировка сырья.
2. Мойка.
3. Чистка ручная.
4. Чистка машинная.
5. Лущение.
6. Измельчение.
7. Бланшировка.
8. Химические приемы отбеливания (окуривание).
9. Настилка на сита.

Приведенная таблица показывает, что укроп, листья сельдерея, петрушки, лука-порей, шпината, щавеля, лука репчатого, капусты сушат по одной и той же технологической схеме, отказываясь лишь в некоторых случаях от измельчения зелени (укропа, щавеля и пр.), если она достаточно мелких размеров.

При сушке всех перечисленных видов сырья применяются наиболее низкие температуры — 40—70° С. Этим сохраняется аромат продукции. Такое соображение не относится к сушке кочанной капусты, ибо более высокая температура вначале не влияет отрицательно на ведение технологического процесса.

Наибольшего внимания при сушке требуют лук и капуста. Последние при повышенной температуре начинают приобретать светложелтый цвет, доходящий при продолжении сушки до желтых и, наконец, коричнево-бурых оттенков. Такое явление ведет к получению значительного процента брака.

С ы р ь е	Последовательность процессов	П р и м е ч а н и е
Зелень, бобовые, капуста, лук		
Укроп	1, 3, 2, (6), 9	Измельчение (6) производится в исключительных случаях, если сырье несколько переросшее, однако ароматические стебельки не одеревенелые, т. е. все же годные для сушки
Сельдерей, петрушка	1, (3), 2, 6, 9	Чистка (3) заключается в удалении и срезывании у несколько переросшего сырья огрубевших и толстых черешков и стеблей
Лук-порей	1, 3, 2, 6, 9	
Шпинат и шавель	1, 2, 9	
Капуста	1, 2, 3, 6, 9	
Капуста цветная	3, 1, 2, 6, 7, 9	
Горох-лопаточки, фасоль-стручки	1, 3, 2, 6, 7, 9	Процесс предусматривает очистку стручков от прилистников, стягивание питей
Зеленый горошек	5, 1, 2, 7, 9	Сортировка имеется в виду на специальных машинах
Лук репчатый	1, 3, 2, 6, 9	
Корне- и клубне-плоды		
Петрушка, сельдерей, пастернак	1, 3, 2, 4, 3, 6, 9	
Морковь	1, 3, 2, 4, 9	
Свекла, цикорий	1, 2, 4, 3, 6, 7, 9	
Репка	1, 3, 2, 4, 3	
Брюква	1, 2, 4, 3, 6, 7, 9	
Картофель	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9	
Земляная груша	1, 2, 4, 3, 6, (7), 9	
Прочие		
Тыква	1, 2, 3, 6, 7, 9	Процесс 3 может быть дополнен процессом 4 при условии эксплуатации центрофуг с достаточно большим диаметром цилиндра, предварительным вырезыванием вручную углублений плодоножек. Если тыква идет в дальнейшем на изготовление муки, очистка кожуры не производится
Томаты	1, 2, (3), 6, 9	По специальным требованиям томаты изготавливаются без кожицы, плоды слегка отвариваются, кожица сдирается вручную
Перец красный	1, 2, 3, 9	Очистка заключается лишь в срезывании плодоножек
Ревень	1, 2, 6, 9	Очистка заключается в снятии кожицы, которая легко отделяется

С ы р ь е	Последова- тельность процессов	П р и м е ч а н и е
Ф р у к т ы		
Яблоки простой сушки	1, 2, 6, 9	Процесс 8 может быть полностью заменен процессом 7 или последний проводится наряду с восьмым
Яблоки отбеленные . . .	1, 2, 4, (3), 6, 8, 9	
Груши простой сушки . . .	1, 2, (7), (6), 9	Измельчаются на половинки только крупноплодные сорта
Груши отбеленные . . .	1, 2, 4, 3, (6), 8, 9	
Слива с косточкой . . .	1, 2, 7, 9	Для вишен № 4 имеется в виду работа косточковыбивателя
Вишня с косточкой . . .	Для вишен (7)	
Черешня с косточкой . . .	—	—
Слива, вишня, черешня без косточек	1, 2, 3 или 4, для вишен 9	
Черешня белая	1, 2, 7, 8	Измельчаются путем разрезания плодов на две половинки. Мелкие плоды сушатся целыми и тогда подвергаются бланшировке.
„ розовая	9	
Абрикосы	1, 2, 6, 8, 9	Измельчаются путем разрезания плодов на две половинки, обрабаты- ваемые раствором едкого натра, чем достигается снятие кожицы; плоды основательно ополаскиваются, затем обрабатываются парами серы
Персики	1, 2, 6, (3), 7, 8, 9	
Виноград	1, 2, 3, 7, 9	Чистка подразумевается в смысле отделения стебельков, чашелистиков. Процессы 1 и 3 производятся одно- временно
Черника, малина, кизил, земляника	1, 3, 2, 9	

П р и м е ч а н и е. Цифрами, заключенными в скобки, обозначены необязательные процессы.

Примерно в таких же температурных пределах проводится сушка корней сельдерея, петрушки, пастернака, для которых сохранение белого цвета и интенсивного запаха имеет не меньшее значение, чем для лука. Сушка цветной капусты, гороха-донаточки и фасоли-стручков производится при 60—65° С; это сырье предварительно подвергается помимо прочих общепринятых процессов также бланшировке. Зеленый горошек сушат при тех же температурах до состояния хрупкости. Корне- и клубне-плоды помимо упомянутых петрушки, сельдерея, пастернака перерабатываются по единообразной технологической схеме, в которой обязательным является процесс бланшировки сырья.

Картофель по сравнению с прочими овощами сушится при более высоких температурах, корнеплоды примерно на 5° ниже.

В результате воздействия слишком высоких температур при сушке столовой свеклы происходит потеря сока частицами измельченного сырья. Сок каплями покрывает поверхность частиц свеклы, а сахар, находящийся в растительных соках, карамелизуется.

Яблоки, как и все виды белого сырья, при воздействии повышенных температур желтеют; при повышенном содержании влаги в воздухе процесс сушки вначале замедляется, затем происходит уже указанное явление запаривания.

Техника сушки груш с кожцей или же очищенных предусматривает получение продукта без потрескавшейся поверхности. Форсирование сушки при помощи высоких температур и низкой степени теплоносителя всегда дает отрицательные результаты: груши трескаются, происходят потери сока, т. е. наиболее ценной части плодовой мякоти. Чрезвычайно важно подвергать сушке калиброванное сырье. При сушке плодов, не рассортированных по размерам, часть сырья пересыхает, часть же остается недосушенной. Отдельные сорта груш в зависимости от помологического сорта, размера и степени зрелости требуют нескольких режимов сушки.

Вишни и сливы при сушке вначале подвергаются воздействию пониженных температур, постепенно передвигаясь в зоны с более нагретым теплоносителем. Это является одним из основных правил сушки данного сырья.

Вишни и сливы в еще большей степени, чем груши, подвержены растрескиванию при воздействии высоких температур воздуха и при низкой относительной его влажности.

Следует остановиться на многократном способе сушки высокоценных сортов сливы, так называемого чернослива. Сущность этого способа заключается в том, что сырье, высушенное примерно до потери $\frac{1}{3}$ подлежащей удалению влаги, после остывания и вылеживания в закромах в течение суток снова подвергается сушке. Удалив еще 20—25% влаги, сырье снова подвергают остыванию, и наконец, лишь в третий, четвертый период сушки доводят до надлежащего остатка влаги в нем.

При многократном способе сушки у плодов совсем не образуется так называемой корочки и не происходит потерь сока через трещины кожицы. Кроме того сохраняется эластичность кожицы и мякоти, что является обязательным для правильно высушенных фруктов.

Сушка абрикосов и персиков производится при 65—70°C и относительной влажности воздуха в последней стадии сушки до 30%. Так же, как и сливы, персики склонны к образованию корочки, что устраняется регулированием температуры и влажности воздуха в сушилке. Сушка винограда ведется с начальной

температурой 45° С и конечной 70—75° С. Малина сушится при 65° С, земляника и черника — при 45—50° С.

Ряд продуктов сушится в целях изготовления в дальнейшем пищевых концентратов в виде порошков. В этих случаях сырье сушится с остатком влаги значительно меньшим, чем предусматривается стандартами сушеных овощей и фруктов, т. е. до совершенно твердого состояния.

Для получения лимонного порошка плоды лимонов очищаются от кожицы, нарезаются на ломтики, сушатся и перемалываются. Данный вид производства в ближайшие годы найдет большое распространение.

Уже сейчас поставлен вопрос об изготовлении так называемого технического картофеля-муки как полуфабриката для спиртовой промышленности. Хорошо промытый картофель измельчается, сушится, перемалывается. В этом случае сушильное производство позволяет спиртовой промышленности переключиться с сезонного производства на круглогодичное.

Указанные производственно-технические показатели в отношении степени нагрузки сушильной площади, температурных режимов и пр. могут в производственной практике несколько отклоняться в зависимости от качества сырья и его сортов.

Установление момента окончания процесса сушки по методу инж. Ковальчука проводится следующим образом:

1. Определяют количество влаги в исходном сырье.

2. Предварительно взвешенное для каждой вагонетки контрольное сито размером 25 × 25 см нагружают сырьем из расчета принятой на данном производстве для данного вида сырья нагрузки на 1 м² площади сита.

3. Сито, нагруженное сырьем, взвешивают на весах Беранже с точностью до 0,1 г и помещают на среднее сито каждой вагонетки.

Примечание. Во избежание потерь сырья, находящегося на контрольном сите, последнее накрывают проволоочной сеткой.

4. Исходя из содержания влаги в исходном сырье и количества влаги, которое должно остаться в готовом фабрикате согласно стандарту, вычисляют количество влаги, подлежащей испарению на контрольных ситах. Полученная таким образом разность является показателем веса контрольных сит, до которого нужно довести сырье к концу процесса сушки, чтобы получить продукцию стандартной влажности.

Расчет производят по формуле:

$$P = g_1 - g_2 \left(1 - \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \right), \quad (183)$$

где:

P — вес, до которого надлежит довести контрольное сито, чтобы получить продукцию стандартной влажности;

g_1 — вес брутто контрольного сита (до сушки) в кг;
 g_2 — вес сырья, нагруженного на контрольное сито;
 W_1 — влага исходного сырья в %;
 W_2 — заданная влага готового фабриката согласно стандарту.

5. При приближении вагонетки к выгрузке контрольное сито быстро взвешивают с точностью до 0,1 г, и в случае достижения требуемого веса P вагонетку выгружают из канала. В противном случае вагонетку оставляют в канале, периодически взвешивая контрольное сито до достижения заданного веса.

При сушке измельченного сырья при небрежном обращении с ситами или вагонетками наблюдаются большие потери, которые легко устранимы, если нижнее сито в камерах или вагонетках имеет достаточно густую сетку. При разгрузке камер шкафных сушилок на время вынимания сит пользуются переносными приставными ситами.

Солнечная сушка. Огромнейшее хозяйственное значение в ряде районов СССР имеет солнечная сушка плодов.

Среднемесячная температура Ходжента, Тбилиси, Симферополя и других районов садоводства составляет, например, за время июнь—сентябрь (в °C):

	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Ходжент	27,7	29,1	27,2	21,5
Самарканд	24,0	25,4	23,7	18,6
Бухара	28,3	30,0	27,99	21,3
Симферополь	20,5	21,5	20,1	14,6
Буйнакск	21,9	23,4	21,9	16,6
Тбилиси	21,4	22,7	22,8	19,8
Сочи	21,0	22,5	22,8	18,8
Одесса	20,7	22,6	21,8	16,7
Мариуполь	—	25,4	21,8	—

Районы среднеазиатских республик помимо максимального количества тепла при постоянстве безоблачной погоды имеют минимальные количества атмосферных осадков в период созревания фруктов.

Благодаря такому благоприятному сочетанию климатических условий в районах Средней Азии, в Азербайджане, в Сочинском районе, в Крыму, на северном побережье Черного моря вполне возможной является сушка фруктов путем использования солнечного тепла.

Примитивно организованная сушка фруктов на солнце дает продукцию невысокого качества, однако при условии внедрения методов калифорнийской сушки на солнце, т. е. пользования приемами бланшировки и окуливания (сульфитации), качество продукции получается такое же, как и при искусственной сушке.

Проведение подготовительных процессов отличается от применяемых при искусственной сушке лишь тем, что здесь после бланшировки фрукты подвергаются более длительному процессу

окуривания. Более длительная сульфитация вызывается значительным превышением продолжительности процесса сушки по сравнению с сушкой искусственной.

Так, по американским данным продолжительность окуривания составляет:

Для абрикосов	4 часа
„ персиков	5 „
„ груш	36 „
„ винограда (без косточек)	4 „

Продолжительность окуривания сокращается при предварительной бланшировке плодов. На основании исследований (Научно-исследовательский институт плодоовощной промышленности, 1933 г.) способов солнечной сушки в районе Мариуполя можно рекомендовать проведение бланшировки и окуривания по следующей схеме;

Для яблок (нарезанных на 5—6-миллиметровые кружочки):	Бланшировка паром	2—3 мин.
	Окуривание	2 часа
	Сушка	3,5 суток
	Сушка на солнце	3 суток (досушка в тени)
Для груш (целых с удалением плодоножек и чашечки):	Бланшировка паром	20—25 мин.
	Разрезание на две половинки	4 часа
	Окуривание	3 суток (досушка в тени)
	Сушка на солнце	5 суток (досушка в тени).
Для слив:	Бланшировка в растворе щелочи 0,3—0,5%	15 сек.
	Сушка на солнце	5 суток (досушка в тени).
Для винограда:	Дальнейшая обычная обработка перед упаковкой.	
	Бланшировка в растворе бикарбоната натрия с прибавлением 1 г растительного масла	30 сек.
	Сушка	10 дней

При проведении подготовительных процессов, так же как и при искусственной сушке, режимы бланшировки и окуривания следует устанавливать различные для разных сортов сырья, степени его зрелости и прочих признаков.

По американским данным длительность процесса сушки для отдельных фруктов в среднем составляет:

Для абрикосов	7 суток
„ персиков	8 „
„ слив	до 10 „
„ винограда разных сортов	от 10 до 15 суток.

Сушка производится на деревянных подносах, представляющих собой решетчатые сита. Плоды настилаются в один слой. Подносы ставятся обычно с наклоном для лучшего обогривания сырья; одна сторона упирается в землю, другая располагается на соседнем подносе. Через 1—2 дня фрукты переворачиваются

специальной лопаточкой. После того как фрукты освободятся примерно от половины влаги, они ссыпаются с двух-трех подносов на один. Подносы для досушивания устанавливаются один на другой, чем достигается более медленная сушка в тени. Для создания циркуляции воздуха между подносами прокладываются небольшие (толщиной 2,5 см) рейки.

Распространенный размер подносов (с небольшими бортами) 60 × 90 см. По Злотину М. подносов таких размеров для производства 1 т сушеных фруктов требуется:

Для абрикосов	30—45
„ винограда	100—120
„ персиков	35—45
„ груш	40—80
„ слив	47—60

Основные требования, предъявляемые к сушильной площадке, — это, с одной стороны, близость к месту сбора или поступления сырья, а с другой, отдаленность от пыльных проезжих дорог. Сушильная площадка должна располагать оборудованными помещениями для проведения всех подготовительных технологических процессов, для сохранения сырья и подносов на время непогоды и прочими хозяйственно-бытовыми сооружениями.

Оборудование для проведения подготовительных процессов применяется такое же, как при искусственной сушке.

Конструкция оборудования выбирается в зависимости от размеров производства, наличия источников энергоснабжения и пр.

6. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Манометры. Манометр служит для измерения давления, превышающего атмосферное. Существует несколько типов манометров; наиболее распространенными из них являются пружинные манометры Шевера и Бурдона.

Главной частью манометра Бурдона является согнутая по спирали плоская полая внутри медная трубка, которая на одном конце открыта и соединена с отверстием ниппеля корпуса. Через ниппель трубка соединяется с пространством, в котором измеряется давление. Другой конец ее запаян и при помощи шарнира связан с зубчатой передачей, состоящей из сектора и шестеренки. Последняя укреплена на оси стрелки манометра и при перемещении сектора, вращаясь, поворачивает стрелку на некоторый угол. У открытого конца трубка зажата, а запаянный конец ее может свободно перемещаться. Когда на манометр через ниппель действует определенное давление, то трубка испытывает воздействие двух давлений — атмосферного и испытываемого. Если измеряемое давление выше атмосферного, то равнодействующая стремится выпрямить спиральную трубку, при этом свободный конец ее, перемещаясь, поворачивает стрелку манометра.

метра. При вращении стрелка перемещается по шкале манометра с нанесенными на ней делениями в соответствующих единицах давления, и по положению стрелки на этой шкале производят отсчет.

Для предохранения трубки манометра от вредного воздействия пара она отделяется от парового пространства кольцевым или спиралеобразным сифоном, заполненным водой, образующей гидравлический затвор.

Паромеры. Учет расхода пара производится паромерами. Существуют две группы их. Одна основана на изменении площади сечения отверстия, через которое пар проходит с постоянной скоростью; это так называемые поплавковые паромеры. Другая основана на переменной скорости пара при неизменном сечении отверстия и относится к диафрагмовым. Для сушильного хозяйства наиболее подходящими являются диафрагмовые паромеры.

Простейший диафрагмовый паромер системы Ясинского, или, как его часто называют, дифференциальный манометр, представлен на рис. 53. Паромер состоит из двух камер. Верхняя разделена перегородкой на две части, из которых левая часть соединяется с паропроводом до диафрагмы, а правая соединяется с паропроводом после диафрагмы. Последняя представляет собой тонкий 5-миллиметровый диск с отверстием посередине, одна из сторон (острых) которого сточена под углом 45° . Изготавливается диафрагма большей частью из меди, реже из железа. Пар, проходя через суженное отверстие диафрагмы, меняет свое давление на меньшее.

На верхней камере устанавливаются манометр, который соединяется с левой стороной паропровода от диафрагмы и показывает давление пара до диафрагмы, и два краника для наливания, а также выливания ртути из паромера. В новых, несколько измененных конструкциях паромера Ясинского, где нет специального места (на камере) для манометра, таковой устанавливается непосредственно на паропроводе до диафрагмы. Нижняя камера имеет два отверстия, соединенные внутренним каналом. Обе камеры при помощи штуцеров с сальниками соединены двумя стеклянными трубками, вставленными в отверстие камер. Между трубками находится подвижная шкала, разделенная на миллиметры. Вся система укреплена на деревянной доске и заключена в железную обойму для придания паромеру жесткости.

Ориентировочно можно считать, что диаметр отверстия должен быть не больше $0,6 D$ (D —диаметр паропровода). Паромер обязательно устанавливается на горизонтальном прямом участке паропровода, имеющем одинаковый диаметр. Длина прямого участка должна быть около 1—1,5 м по обе стороны фланцевого соединения. Диафрагма вставляется между фланцами на означенном участке паропровода таким образом, чтобы пар входил в нее со стороны острого края. Для уплотнения по

обе ее стороны вкладывается клингеритовая прокладка. При установке диафрагмы центр ее отверстия должен точно совпадать с осью паропровода.

С паропроводом паромер соединяется при помощи медных трубок: левая часть — с паровым пространством до диафрагмы, а правая — с паровым пространством после диафрагмы, как показано на рис. 54.

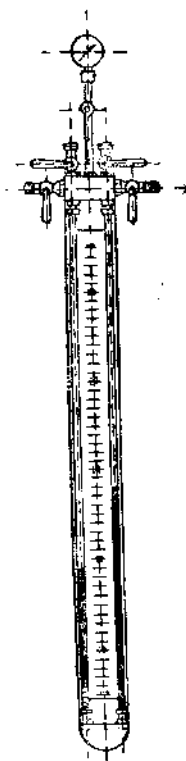


Рис. 53. Паромер Ясинского

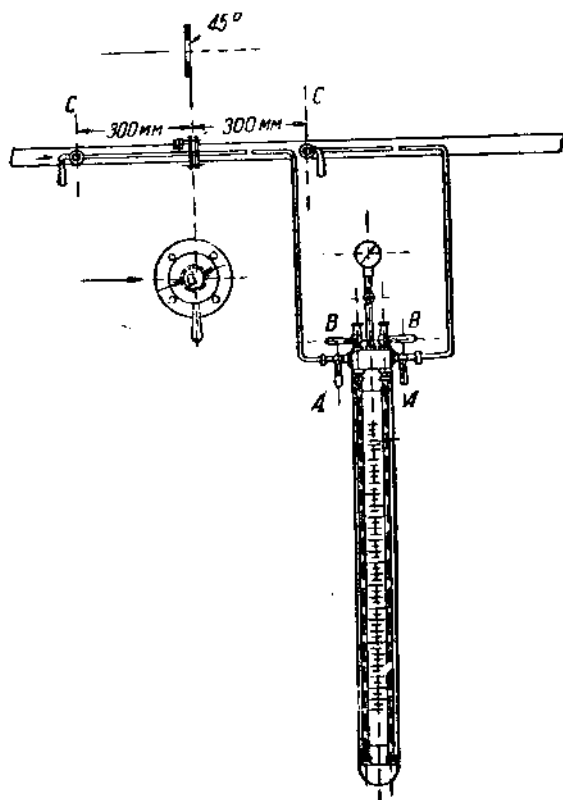


Рис. 54. Схема включения паромера Ясинского

Паромер показывает на шкале разницу давлений до и после диафрагмы в миллиметрах ртутного столба.

Перед пуском паромера стеклянные трубки наполняют ртутью до уровня в 200—300 мм, остальное пространство трубок заливают водой. Затем закрывают краники и проверяют, не пропускают ли они воду или пар, обматывают медные соединительные трубки в горизонтальной части тоненькой тряпкой и начинают обильно поливать их холодной водой. Одновременно открывают только краники C, дожидаясь, пока в трубках пар не

сконденсируется в воду и они не охлаждаются. Во время поливания медных трубок водой нужно избегать брызг, которые могут попасть на паромер, отчего стеклянные трубки могут лопнуть.

Когда паромер и соединительные трубки наполнены водой, его включают в работу. Для этого оба краника *A* одновременно медленно открывают и продолжают поливать соединительные трубки холодной водой, регулируя поливание так, чтобы обе трубки во время работы были холодные.

Порядок включения паромера следующий: сначала одновременно закрывают краники *A* на паромере, затем краники *C* на

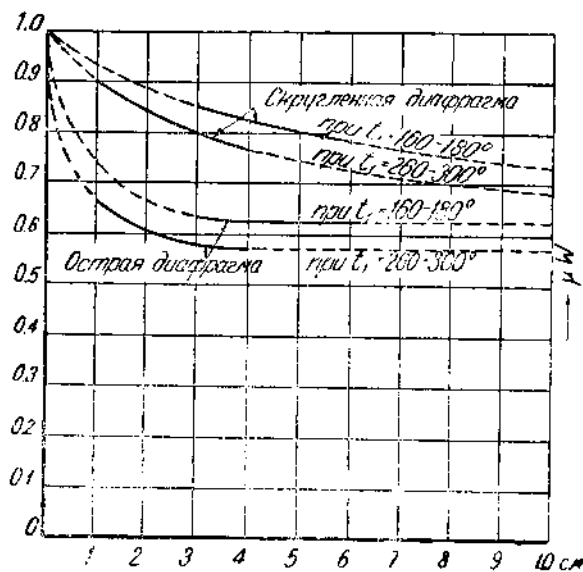


Рис. 55. График определения коэффициента μ

паропроводе, а потом одновременно медленно открывают краники *B*.

Расход пара определяется по формуле:

$$Q = Ax p_1^{15/32} \sqrt{h} \text{ кг/час,}$$

где:

$A = 10.7 \mu d^2$;

d — диаметр диафрагмы в см;

μ — коэффициент расхода, который берется по рис. 55;

x — переходной коэффициент, который берется из таблицы;

h — перепад давления до и после диафрагмы в см;

p_1 — абсолютное давление пара.

При низких давлениях (до 2 атм) в случае отсутствия паромера можно применять для этой цели стеклянные U-образные трубки.

Пирометры. Для измерения высоких температур в теплосило-вом хозяйстве применяют пирометры ртутные, графитовые и термопары. Температуру в пределах до 2000°C измеряют ардо-метрами, а от 2000 до 4000°C — оптическими пирометрами. Гра-фитовые пирометры можно применять в пределах $500\text{--}600^{\circ}\text{C}$.

В настоящее время в теплосиловых установках для измерения температур применяют только термопары и ардометры. Работа термопары основана на принципе термоэлектричества. В сплаве двух разных металлов, подогретых до некоторой температуры, появляются электросдвиги. Величина этих электросдвигов зави-сит непосредственно от температуры сплава. В основном тер-мопары изготавливают для невысоких температур (до 800°C) же-лезо-константановые, а для температур порядка 1600°C — пла-тино-платиноиридиевые, платино-платинородисвые.

На рис. 56 показаны ртутные железо-никелевые пирометры и термопары. Разные металлические проволоки, изолированные одна от другой фарфоровой трубкой, помещены в железный кожух. Концы проволок заделаны в верхнюю часть деревянной или эбонитовой головки. Электросдвиги измеряют милливольт-метром или гальванометром, показанным на рис. 57. Термопару вставляют в отверстие того места, где хотят измерить темпера-туру, и проводами соединяют ее с гальванометром, установлен-ным строго горизонтально. Последний показывает температуру.

Газоанализаторы. Для анализа дымовых газов наиболее про-стым прибором является аппарат Орса-Фишера. Принцип рабо-ты прибора заключается в следующем. 100 объемных частей ис-пытываемого дымового газа засасываются в измерительную бюрет-ку (рис. 58), которая градуирована так, что в узкой ее части по-мещается 20 объемных частей, а в широкой — 80. Объем при-сосанного газа измеряется при атмосферном давлении всегда при одной и той же температуре. Постоянство температуры га-за в бюретке поддерживается водяной рубашкой, в которую она заключена. Атмосферное давление в бюретке при измерении объема газа поддерживается при помощи водяного затвора. От-мерив присосанный объем газа, его приводят в соприкоснове-ние с КОН, находящемся в одном из поглотительных сосудов и поглощающим CO_2 .

Произведя указанную операцию, испытываемую порцию газа вновь измеряют при прежней температуре и давлении в бюретке. Уменьшение объема покажет процентное содержание CO_2 в газе. После этого ту же порцию газа приводят в соприкоснове-ние с аммиачным раствором полухлористой меди Cu_2Cl_2 и путем нового измерения подобно предыдущему определяют в бюрет-ке уменьшение объема, соответствующее проценту CO .

Для определения CO_2 готовят раствор едкого кали. 100 г твердого едкого кали растворяют в 200 см^3 дистиллирован-ной воды; полученный раствор может служить для ряда опре-делений. Новую порцию готовят только тогда, когда по-

глутительная способность раствора ослабевает или он сильно мутнеет. Об ослабленной поглощательной способности реагента судят по тому, что газовая проба, пропущенная дважды через раствор в поглощительной склянке, при третьем пропуске все-таки дает дальнейшее уменьшение объема. Вообще 1 см^3 вышеуказанного реагента может поглотить всего $160 \text{ см}^3 \text{ CO}_2$, но для

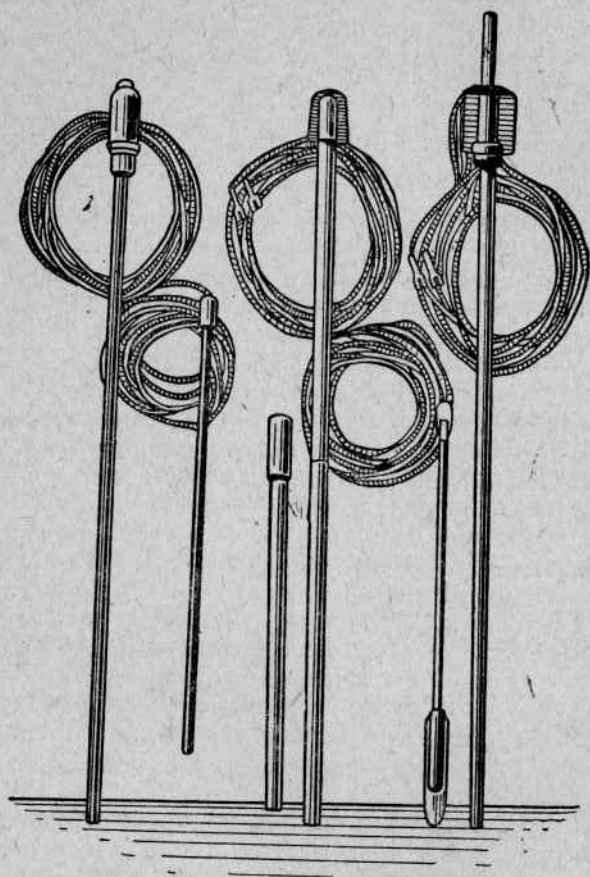


Рис. 56. Пирометры (термопары)

работы он уже перестает быть пригодным после поглощения $40 \text{ см}^3 \text{ CO}_2$.

Для определения содержания СО применяют кислый и щелочной растворы полухлористой меди. Для приготовления кислого раствора смешивают 1086 г соляной кислоты удельного веса $1,124$ при постоянном взбалтывании с 86 г окиси меди и 17 г химически чистого медного порошка, всыпают медные стружки и несколько спиралей из медной проволоки. Для приготовления

щелочного раствора смешивают 200 г полухлористой меди и 250 г нашатыря и растворяют в 750 см³ дистиллированной воды. Перед употреблением к раствору прибавляют 1/3 (по объему) насыщенного водного раствора аммиака; в поглотительный сосуд также опускают несколько медных спиралей. Газ, пропущенный первоначально через кислый, а потом через щелочной раствор, почти полностью освобождается от СО.

Для определения содержания О₂ в дымовых газах употребляют раствор пирогалловой кислоты в жидком едком кали. Этот раствор готовят следующим образом: 80 г едкого кали растворяют в 160 см³ дистиллированной воды и, взяв 200 см³ этого раствора, всыпают в него постепенно при постоянном

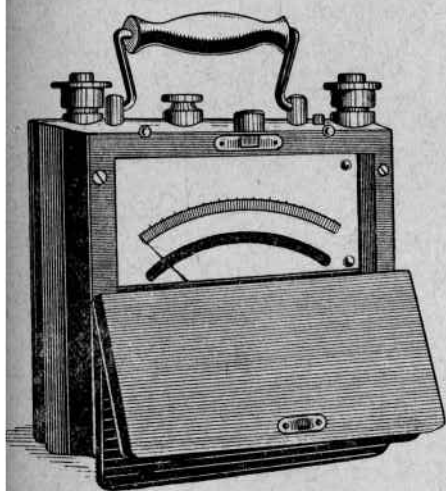


Рис. 57. Гальванометр завода „Электро-прибор“

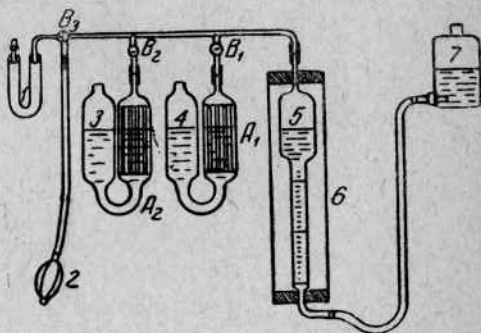


Рис. 58. Схема газоанализатора Орса-Фишера

помешивании 35 г порошкообразного пирогаллола. Раствор едкого кали перед прибавлением пирогаллола должен быть нагрет до температуры не ниже 60° С. Полученный щелочной раствор пирогаллола окрашен в темнокрасный цвет. 5 г пирогалловой кислоты, растворенной в 15 см³ горячей воды, смешивают с раствором 120 г едкого кали и 80 см³ воды.

Полученный раствор пригоден для анализа в течение сравнительно короткого времени: свыше двух дней он служить не может. Проверку пригодности раствора перед анализом производят прибором Орса путем нескольких определений содержания кислорода в воздухе. Если раствор будет поглощать около 21% объема воздуха, то он вполне пригоден для работы. Вообще можно принять за правило, что 1 см³ пирогаллового реагента может без порчи поглотить до 2 1/4 см³ О₂.

Зарядка прибора производится следующим образом. При помощи воронки наливают через открытое горлышко в поглотительные сосуды A_1 и A_2 (см. рис. 58) приготовленные для анализа газа реактивы. При налипании реактивов краны B_1 и B_2 должны быть открыты. Реактив наливается в поглотительный сосуд так, чтобы он заноднил его на $\frac{2}{3}$. После этого, напoллив склянку 7 водой, соединяют ее каучуковой трубкой с бюреткой 5. Длина каучуковой трубки берется около 70 см. Краны B_1 и B_2 закрывают, а трехходовой кран B_3 устанавливают так, чтобы гребенка C сообщалась с атмосферой. Склянку 7 поднимают до тех пор, пока вода в измерительной бюретке не поднимется до отметки 100 см³. Тогда кран B_3 поворачивают так, чтобы гребенка C была разъединена с атмосферой, а кран B_1 открывают. Склянку 7 медленно опускают до тех пор, пока реактив в правом колене сосуда A не поднимется вплотную до крана B_1 , но выше его не попадает. В этот момент кран B_1 закрывают. Операцию повторяют в точности с сосудом для A_2 .

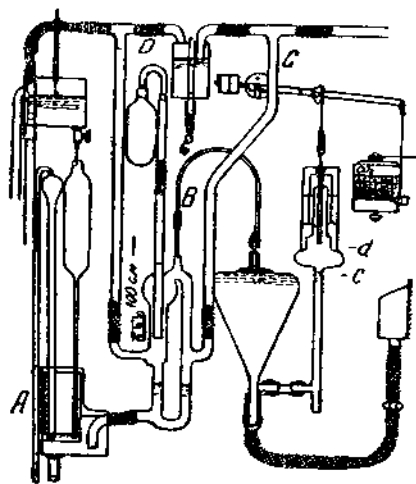


Рис. 59. Схема газоанализатора «Адос»

наполненную обыкновенной или стеклянной ватой.

Автоматические газоанализаторы. Родоначальником автоматических газоанализаторов является прибор «Адос», схема устройства которого представлена на рис. 59.

Действие прибора основано на химическом взаимодействии между раствором едкого кали и угольной кислотой. В результате химической реакции CO_2 , содержащаяся в дымовых газах, образует углекислую соль калия, остающуюся в воде раствора-поглотителя, а объем дымовых газов соответственно уменьшаются. Существенными частями прибора «Адос» являются:

- 1) двигательное устройство;
- 2) измерительное приспособление;
- 3) поглотительное устройство;
- 4) пишущий прибор.

Роль двигательного устройства двояка: оно периодически приводит в действие всю систему сообщающихся сосудов газо-

анализатора и автоматически переключает движение газовой пробы в приборе из одной части в другую; оно служит также для присоса дымового газа из борова к прибору.

Это двигательное устройство состоит из верхнего и нижнего баков, сообщающихся друг с другом, и сифона.

Двигательной силой служит вода. Последняя поступает из водопровода к верхнему баку, причем проходит через эжектор. Эжектор создает необходимый вакуум в газопроводной линии для присоса газа. Из верхнего бака вода через патрубок, вделанный в днище, стекает через воронку и вертикальную трубку в нижний герметически закрытый бак. В нижнем баке находится замыкающая жидкость. В этой жидкости плавает полый поплавок А. По мере наполнения его водой, стекающей из верхнего бака, он погружается в замыкающую жидкость. При этом часть жидкости из нижнего бака переливается в измерительную бюретку, сообщаемую с ним. Максимальному погружению поплавка в замыкающую жидкость соответствует заполнение измерительной бюретки замыкающей жидкостью до метки В.

Когда это положение в приборе достигнуто, вся порция газа уже переведена в поглотительное устройство. Так как поплавок наполнен водой, то дальнейший приток воды из верхнего бака вызывает подъем водяного столба в колене сифона, погруженного в поплавок. По достижении столбом воды в сифоне высоты метки сифон начинает действовать и быстро опорожняет поплавок А. Последний всплывает наверх, и замыкающая жидкость из измерительной бюретки перетекает обратно в нижний бак, устанавливаясь на первоначальном уровне. Опорожненный сифон прекращает свою работу и рабочий цикл снова начинается. Сечение трубок правого колена сифона и стояка, подающего воду из верхнего бака в полый поплавок нижнего бака, подобрано так, что время подъема водяного столба в сифоне от поплавка до метки а соответствует времени химической реакции в поглотительном устройстве.

В некоторых конструкциях нижний бак имеет другое устройство: вместо подвижного поплавка верхняя часть его отгораживается горизонтальной перегородкой. Воздушные пространства нижнего и верхнего отделений сообщаются при помощи вертикальной трубки, проходящей через разделительную перегородку. В нижнюю часть бака налита до определенного уровня замыкающая жидкость. Верхняя часть бака в начале рабочего цикла наполнена воздухом.

Так как воздушные пространства обеих камер бака сообщаются при помощи вертикальной трубки, то давление в них одинаковое. В начале рабочего процесса вода протекает через воронку и стояк в верхнюю камеру. По мере заполнения последней водой давление в обеих камерах повышается, вследствие чего замыкающая жидкость из нижней камеры перетекает в измерительную бюретку. Так как давление в баке больше атмо-

сферного, то водяной столб в колене сифона поднимается выше уровня воды в камере бака.

По мере наполнения камеры водой и дальнейшего повышения давления в баке высота водяного столба в сифоне возрастает и при определенном количестве воды в камере бака достигает того уровня, при котором сифон приводится в действие и опорожняет камеру.

Когда сифон перельет воду из камеры, давление в баке понижается до первоначального, замыкающая жидкость переливается из измерительной бюретки обратно в бак и рабочий цикл возобновляется.

Измерительная бюретка работает следующим образом. В начале рабочего цикла дымовые газы по соединительной линии подводятся к колену *C*, проходят через измерительную бюретку и далее через колено *D* текут к эжектору. Когда замыкающая жидкость, перетекая из нижнего бака в бюретку, поднимется, приток и отток газа прекращаются. При дальнейшем подъеме замыкающей жидкости избыток газа уходит по вертикальной трубке в резиновый мешок. Когда уровень замыкающей жидкости поднимется, вертикальная трубка, сообщенная с резиновым мешком, запирается, и с этого момента газ может перетекать только в поглотительный сосуд.

Как мы уже говорили, замыкающая жидкость может подниматься в бюретке до предельного уровня *B*. Таким образом, при подъеме замыкающей жидкости в поглотительное устройство перегоняется точно отмеренная порция газа в 100 см³. Скорость подъема замыкающей жидкости и продолжительность остановки жидкости на уровне *B* определяются быстротой притекания воды в нижний бак и скоростью подъема водяного столба в сифоне. Как мы уже упоминали, этот промежуток времени подбирается так, чтобы в поглотительном устройстве реакции успела завершиться полностью. Для этого сечение стояка, подающего воду в нижний бак и колено сифона, погруженного в бак, подбираются в определенном соотношении.

Поглотительное устройство представляет собой воронкообразный сосуд, наполненный раствором едкого кали. Этот сосуд сообщается с другим сосудом, приводящим в движение пишущий прибор. Последний состоит из никелевого колокола, подвешенного на шелковой нити к сектору, находящемуся на специальном коромысле. К свободному концу коромысла подвешено перо, наполненное чернилами. Другой конец рычага коромысла несет контргруз, уравнивающий всю систему.

Колокол перекрывает сосуд, сообщающийся с поглотителем. Для полной герметичности перекрытия колоколом сосуда последний снабжен наружным футляром и в кольцевое пространство его налит глицерин. Таким образом край колокола при всех его перемещениях погружен в глицерин. При подъеме ко-

юмысла перо вычерчивает вертикальную линию на диаграммном листе, надетом на барабан с вертикальной осью вращения. Барабан вращается вокруг своей оси под действием часового механизма. Таким образом диаграмма «Адоса» имеет вид ряда параллельных вертикальных прямых разной длины.

Когда анализируемая порция дымового газа начинает перетекать из измерительной бюретки в поглотительный сосуд, то она вытесняет часть раствора в соседний, сообщающийся с ним сосуд, причем объем, вытесняемый газом, будет не 100 см^3 , а меньше, ибо некоторая часть газа поглощается раствором едкого кали. Так как раствор едкого кали поглощает CO_2 , то разность объемов соответствует процентному содержанию CO_2 в газе. Пока замыкающая жидкость не поднимется в измерительной бюретке, раствор едкого кали в обоих сообщающихся сосудах находится на одном и том же уровне с. Как только замыкающая жидкость в измерительной бюретке перейдет уровень и газ начнет поступать в поглотительный сосуд, уровень жидкости в последнем начнет понижаться, а в сообщающемся с ним соседнем сосуде — подниматься. При подъеме раствора едкого кали от уровня с до уровня d воздух, находящийся под колоколом сосуда, свободно выходит через специальное отверстие. Когда уровень d достигнут, сообщение воздушного пространства под колоколом с атмосферой прекращается. Дальнейший подъем уровня жидкости сжимает воздух под колоколом и заставляет последний подниматься. При этом поднимается длинное плечо коромысла, и перо вычерчивает на диаграмме штрих соответствующей длины. Так как содержание CO_2 в анализируемом дымовом газе не может превышать теоретически 25%, а практически 20%, то 80 см^3 раствора едкого кали перетекают из поглотителя. Таким образом максимальный подъем колокола, а следовательно, и максимальная длина вертикальной прямой на диаграммной бумаге отвечают перетеканию 20 см^3 раствора едкого кали из поглотительного сосуда под колокол. Это может иметь место лишь в том случае, когда 100 см^3 газа вытесняют 100 см^3 едкого кали, не уменьшаясь в объеме, т. е. когда в газе не содержится угольной кислоты. Наоборот, если в газе содержится 20% угольной кислоты, то соответствующая газовая проба вытеснит из поглотительного сосуда только 80 см^3 едкого кали, ибо остальной объем газа будет поглощен. Этому содержанию CO_2 в дымовом газе будет отвечать низшее положение колокола, и на диаграмме будет отсутствовать вертикальный штрих. Таким образом длина вертикального штриха на диаграмме соответствует тому количеству кубических сантиметров газа (из общей суммы в 20 см^3), который не поглощен едким кали, следовательно процентное содержание CO_2 в дымовых газах изображается незаштрихованной частью диаграммы.

Как мы уже видели, приток газа через бюретку периодически (каждые 5 мин.) прекращается, эжектор же действует не-

прерывно. Для устранения образования излишнего вакуума в газопроводе и для постоянного наполнения системы новым потоком дымовых газов, в анализаторе устроена обходная газовая коммуникация, которая начинает действовать в тот момент, когда бюретка выключается. Эта коммуникация состоит из трубопровода между точками *C* и *D* и герметического сосуда с гидравлическим затвором. В сосуд наливают глицерин и загнутый конец подводящей газ трубки погружают в глицерин на 5 мм. При помощи такого устройства возникает сопротивление в обходной коммуникации, выключающее ее в то время, когда газ проходит через бюретку.

Замыкающая жидкость в бюретке представляет собой смесь 25% глицерина и 75% воды.

Чрезвычайно большое значение для правильной работы прибора имеет правильный подбор объема замыкающей жидкости, ибо как избыток, так и недостаток ее отражаются на работе прибора. Проверку правильности количества замыкающей жидкости производят по уровню *B*. Момент начала работы сифона должен в точности совпадать с достижением замыкающей жидкостью уровня *B*. Если этот уровень при проверке был превзойден жидкостью, то из нижнего бака нужно отлить часть жидкости; наоборот, если при подъеме жидкости в бюретке через нее проскакивают пузырьки воздуха, то жидкости недостаточно и ее следует добавить в нижний бак. Поглотительный сосуд наполняется раствором едкого кали при помощи специальной воронки, снабженной гибкой трубкой с краном. По закрытии крана уровень жидкости в поглотительном сосуде должен в точности совпадать с меткой на сосуде. Глицерин, в который погружен колокол пишущего приспособления, должен быть налит до указанной на приборе отметки. При малейшем подъеме цилиндра коромысло должно также подниматься. Диаграммная бумага и перо устанавливаются так, чтобы последнее приходилось против нулевой абсциссы.

При пуске аппарата кран перед эжектором открывают не сразу, а постепенно. Краник, подающий воду из верхнего бака в нижний, открывают так, чтобы вода стекала частыми каплями. Когда правильность наполнения прибора, а также пишущее приспособление проверены и вода, приводящая прибор в действие, пущена, то для проверки показаний прибора газопровод сообщают с воздухом и заставляют прибор некоторое время работать. Если при этом на диаграмме получается штриховка во всю высоту диаграммного листа, то прибор работает правильно. Между прибором и местом забора газа устанавливают газовый фильтр. Общий вид газоанализатора «Адос» представлен на рис. 60.

Иногда газоанализатор «Адос» применяют для определения CO и O_2 в продуктах горения. В этом случае приводная система остается такой же, как и в вышеописанном приборе, а изме-

рительная бюретка, поглотитель и пишущее приспособление имеются в двух параллельно работающих комплектах. Такой сдвоенный прибор работает аналогично одинарному с той разницей, что один поглотитель наполнен раствором едкого кали, а другой — кусками белого фосфора, погруженного в воду. Отбор точно 100 см³ газа производится бюреткой обычно при температуре 15—20°C.

Аэродинамический анализатор «Ранарекс». Конструкция прибора основана на следующем. В шарнирном параллелограмме имеются две неподвижные точки, вокруг кото-

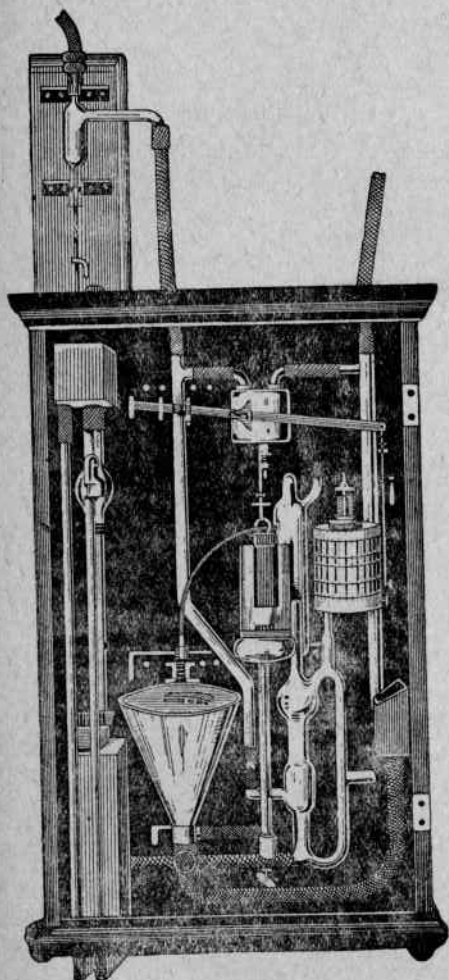


Рис. 60. Общий вид газоанализатора „Адос“

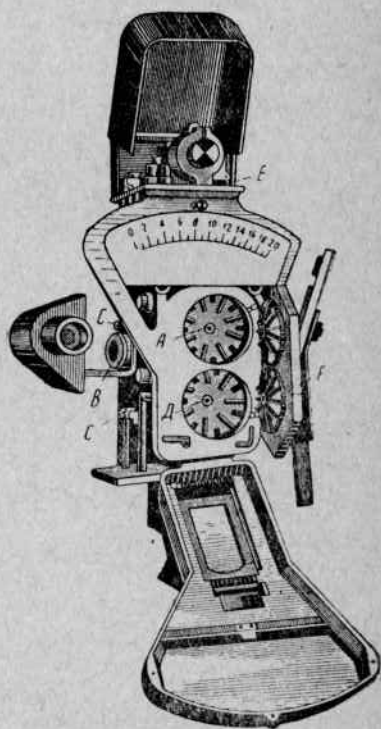


Рис. 61. Газоанализатор „Ранарекс“ с откинутой передней стенкой. А — газовая камера и вентилятор; В — внутренний фильтр перед газовой камерой; Д — воздушная камера с вентилятором; Е — приводной мотор; F — крыльчатые диски воздушной и газовой камер, воспринимающие вращающие усилия

рых может перемещаться вся система шарниров. Когда эти две точки, представляющие собой оси вращения шарнирной системы, подвергаются действию равных вращающих усилий, направленных в противоположные стороны, то система занимает определенное равновесное положение, отвечающее нулевому положению стрелки, связанной с верхним плечом параллелограмма. Если вращающие усилия не равны, то параллелограмм начинает перемещаться вокруг осей до тех пор, пока моменты этих усилий не станут равными. Тогда шарнирная система займет новое равновесное положение, причем угол поворота стрелки будет пропорционален отношению вращающих усилий.

Исходя из положения, что различие удельных весов воздуха и дымового газа зависит от присутствия в последнем CO_2 , в конструкции «Ранарекс» использована схема описанного механизма для учета этого различия. Для получения вращающего усилия на осях шарнирного параллелограмма от струй газа и воздуха в приборе «Ранарекс» имеются две камеры. В каждой из них находятся вентилятор и противостоящее ему крыльчатое колесо, паглухо насаженное на ось. Оси обоих крыльчатых колес соединены между собой шарнирной системой со стрелкой, как указывалось выше. Каждый вентилятор приводится в действие от одного небольшого моторчика, помещенного на верху прибора. Вентиляторы, вращающиеся со скоростью около 2500 об/мин., создают в измерительных камерах воздушный и газовый потоки, вызывающие на осях параллелограмма вращающие усилия, пропорциональные удельному весу протекающего газа. Путем соответствующей градуировки шкалы, вдоль которой движется стрелка, связанная с шарнирной системой, получают возможность по отклонению стрелки судить о содержании CO_2 в дымовых газах.

На рис. 61 представлен газоанализатор «Ранарекс» с откинутой передней стенкой. Дымовые газы присасываются из борового заборной 25,4-мм трубкой и попадают в стояк. Отсюда, пройдя газовый фильтр, они подаются трубкой диаметром 9,5 мм в газовую камеру прибора и из последней обратным трубопроводом диаметром 19 мм — в боров. Воздух, поступающий в воздушную камеру, присасывается над поверхностью воды в увлажнителе, чтобы степень насыщения его и дымовых газов водяными парами была одинакова.

Как указывалось выше, газовый и воздушный вентиляторы приводятся в действие от приводного моторчика, укрепленного в верхней части прибора. Движение передается при помощи приводной ленты, облегающей шкивы мотора и вентиляторов. Натяжение ее осуществляется с помощью леникса.

На оси воздушного вентилятора имеется конус, приводящий в движение фрикционную передачу. Последняя управляет движением бумажной ленты и при помощи зубчатого зацепления

заставляет стрелку прибора периодически прижиматься к перемещаемой бумажной ленте. На стрелке имеется игла, которая при прижимании стрелки к бумажной ленте прокалывает последнюю.

Таким образом стрелка прибора «Ранарекс» одновременно показывает содержание CO_2 по шкале и вычерчивает колотую диаграмму на ниспадающей бумажной ленте. Механизм прибора заключен в массивный чугунный футляр, предохраняющий все движущиеся части от пыли, влаги и механических толчков.

Шкала со стрелкой и диаграммная лента, расположенные на фасаде прибора, защищены стеклянными крышками. Перед прибором помещена электрическая лампа с рефлектором, освещающая как шкалу, так и диаграммную ленту, благодаря чему показания прибора видны на далеком расстоянии.

Фильтрация газов в приборе «Ранарекс» производится обычно дважды, а в случае большой загрязненности дымовых газов — трижды.

Первый раз, а при сильной загрязненности и второй раз, фильтром служит железный ящик, наполненный в одной части древесными стружками, а в другой — опилками. Этот ящик вставлен в чугунный бак с водяным или масляным затвором. После предварительной очистки газ подвергается контрольной фильтрации через стеклянную вату в фильтре, находящемся в корпусе самого прибора. Первый фильтр помещается по возможности ближе к месту забора газа, причем он должен быть подвешен на 500 мм выше выходного отверстия из бора. Несмотря на довольно тщательную фильтрацию газов, полностью предохранить газовую камеру от загрязнения почти не удастся. Так как это оказывает некоторое влияние на нулевое равновесное положение шарнирной системы, то в приборе имеется приспособление, при помощи которого путем нескольких поворотов ключа стрелка устанавливается на нулевом делении, когда оба вентилятора работают на атмосферу.

Время от времени прибор необходимо подвергать чистке. Обычно чистку газовой камеры и газопровода приходится делать один раз в месяц, тогда же производится и смена щеток у мотора. Проверку нулевой точки рекомендуется производить ежедневно.

Моторы в приборе «Ранарекс» изготавливаются обычно как для постоянного, так и для переменного тока на напряжение в 120 и 220 kW . Мотор делает нормально 3000 об/мин.

Колебания в числе оборотов ± 500 дают ошибку в показаниях прибора, не превышающую 1% от показания стрелки, т. е. при 12% CO_2 ошибка не превысит $1/20\%$ CO_2 . Таким образом колебания напряжения в электрической сети не оказывают почти никакого влияния на точность показаний прибора.

Психрометры. Измерение относительной влажности воздуха производится при помощи психрометров. Наиболее распростра-

нены в практике психометры Августа (рис. 62). Они состоят из двух совершенно одинаковых термометров, причем у одного термометра шарик обернут кисей, конец которой опущен в чашечку с водой. Таким образом шарик второго термометра все время смочен, а так как всякое испарение связано с поглощением тепла, то мокрый термометр будет показывать более низкую температуру, чем сухой, и разность в показаниях будет тем больше, чем интенсивнее происходит испарение с поверхности мокрого шарика, т. е. чем меньше относительная влажность воздуха. При полном насыщении воздуха водяными парами показания обоих термометров, очевидно, будут одинаковы.

Относительная влажность определяется следующим образом:
Пусть t_c — температура по сухому термометру;

t_m — температура по мокрому термометру;

S — максимальная упругость водяного пара в мм при температуре t_c ;

S_1 — максимальная упругость водяного пара в мм при температуре t_m ;

B — барометрическое давление атмосферного воздуха в мм рт. ст. (Упругости водяного пара при различных температурах даны в таблицах).

A — опытный коэффициент, зависящий от скорости воздуха v . По Нагелю эта зависимость определяется в виде:

$$A = 0,00001 \div \left(65 + \frac{6,75}{v^2} \right) \quad (184)$$

для температур до 40°C , но применяется и для более высоких температур.

На основании формулы Айворы, абсолютная влажность будет:

$$\gamma_a = S_1 - A(t_c - t_m)B, \quad (185)$$

а относительная влажность φ , выраженная в процентах:

$$\varphi = \frac{S_1 - A(t_c - t_m)B}{S} 100. \quad (186)$$

Приводим значения A :

Скорость движения воздуха (в м/сек)	A
0,13	0,00130
0,16	0,00120
0,20	0,00110
0,30	0,00100
0,40	0,00090
0,80	0,00080
2,30	0,00070
3,00	0,00069
4,00	0,00067

Подсчет относительной влажности по приведенной формуле довольно сложен, и на практике относительную влажность определяют, пользуясь психрометрическими таблицами и $\varphi-d-t$ диаграммой. Определение относительной влажности по психрометрическим таблицам хотя и менее точно, чем по формулам (185), (186), но зато очень быстро.

Следует отметить, что показания психрометра Августа страдают часто значительными погрешностями. Это объясняется тем, что иногда вследствие малой скорости воздуха и испарения воды с поверхности чашечки и кисей вокруг шарика образуется зона с повышенной влажностью. Таким образом определенные по психрометру Августа относительные влажности будут всегда выше истинных. Это явление может еще усугубиться, если шарик обернут в несколько слоев кисей и расстояние его от поверхности воды или слишком мало или слишком велико. Поэтому шарик мокрого термометра не следует обертывать кисей больше чем в два слоя, а расстояние между ним и поверхностью воды должно быть около 3—4 см. Весьма желательно перед списыванием показаний термометров производить легкое помахивание тетрадкой около мокрого шарика со скоростью примерно 0,8 м/сек. и пользоваться дистиллированной или в крайнем случае кипяченой водой во избежание накипи на поверхности шарика и кисей.

Анемометры. Простейшими и наиболее распространенными приборами для измерения скорости воздуха являются анемометры. По своей конструкции они бывают крыльчатые и чашечные. Разница между ними заключается в форме турбинки. У крыльчатых анемометров (рис. 63) турбинка имеет форму колеса с крыльями, расположенными радиально под углом 45° к плоскости, перпендикулярной оси колеса.

Для большей точности и чувствительности механизм анемометра должен

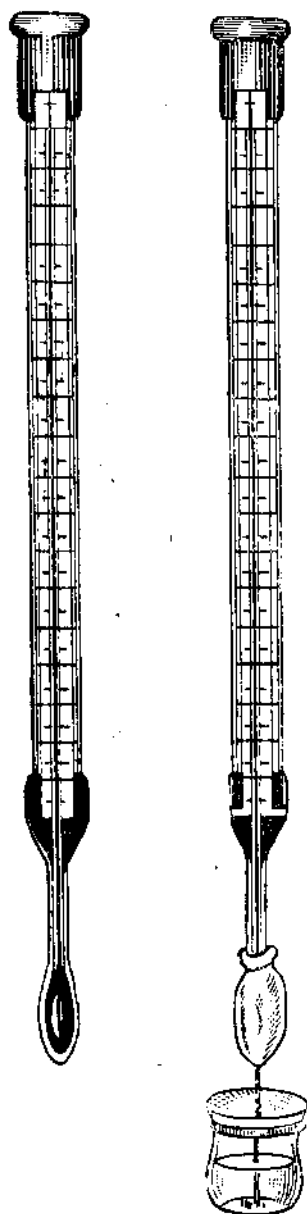


Рис. 62. Психрометр Августа

вращаться с минимальным трением, а также должен иметь малую инерцию, поэтому крылья анемометра изготавливаются из тонкого алюминия или в некоторых случаях (для измерения малых скоростей) — из слюды.

Крыльчатый анемометр пригоден для измерения сравнительно небольших скоростей — в пределах от 0,2 до 10 м/сек. При больших скоростях крылья колеса легко деформируются током воздуха и снижают точность показания анемометра. При пользовании анемометрами их необходимо время от времени проверять.

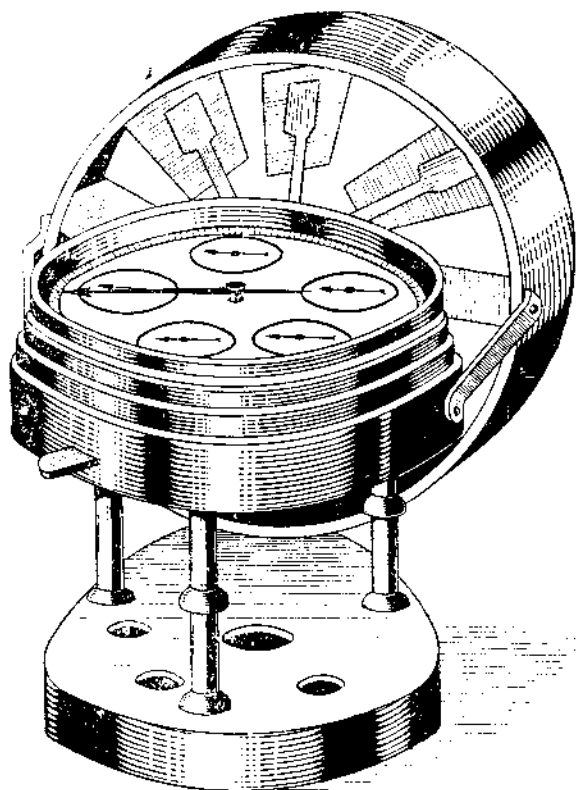


Рис. 63. Крыльчатый анемометр

Для определения больших скоростей — в пределах от 1 до 50 м/сек — применяются чашечные анемометры (рис. 64). Колесо у них имеет форму креста с четырьмя чашками в виде полушарий. При измерении ось колеса ставится перпендикулярно потоку, причем вращение колеса происходит потому, что давление потока на вогнутую сторону чашки больше, чем на выпуклую.

Техника замера обоими анемометрами сводится к следующему. Прибор включается при помощи рычажка, и показания записываются.

вают по циферблату. Затем анемометр помещают в ток воздуха, следя за тем, чтобы ось колеса по возможности совпадала с направлением потока при измерении крыльчатым анемометром и была перпендикулярна потоку при измерении чашечным анемометром, после чего тем же рычажком включают анемометр и одновременно секундомер. Продолжительность отсчета рекомендуется не менее 0,5 мин., а лучше 1 мин. При меньшей продолжительности отсчета имеющая место известная разновременность включения и выключения анемометра и секундомера может оказать заметное влияние на точность измерения. Спустя определенное время анемометр и секундомер выключают, записывают но-

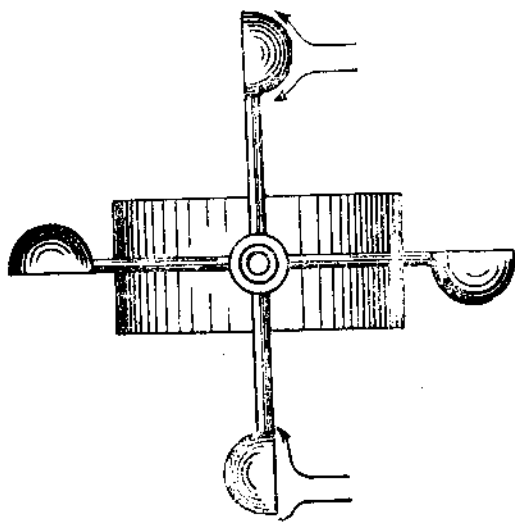


Рис. 64. Чашечный анемометр (вид сверху)

вые показания и разность между новым и старым показаниями делят на число секунд. Полученное частное дает скорость движения воздуха в *м сек.*

Для большей точности обычно производит три-четыре измерения для каждой точки замера и берут из них среднее. Показания анемометра оказываются точными только для одной определенной скорости. Ускорение вращения турбинки не сохраняет строгой пропорциональности с ускорением движения воздуха, и потому полученная указанным выше способом скорость движения воздуха не является точной. В нее следует ввести поправку, пользуясь специальной табличкой, прилагаемой к каждому прибору.

Следует иметь в виду, что скорость движения воздуха в каналах сильно изменяется в направлении от внутренней поверхности канала к его центру: в центре скорость больше, чем около по-

верхности. Поэтому в канале следует делать несколько измерений, помещая прибор в разных местах по сечению его, и из полученных результатов выводить среднее арифметическое.

Дымарь. При выявлении причин неудовлетворительной сушки или при изучении свойств сушилки нас интересует установление наличия и однообразия движения воздуха в разных частях ка-

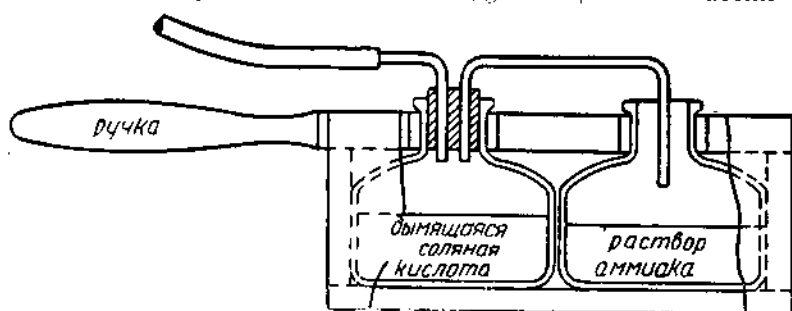
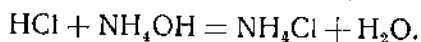


Рис. 65. Дымарь

меры. Эта задача легко разрешается при помощи дымаря (рис. 65). Прибор состоит из двух соединенных между собой стеклянными трубками сосудов, из которых один содержит соляную кислоту, а другой — аммиак. При продувании через сосуда воздуха пары соляной кислоты, соединяясь с парами аммиака, дают густой дым (хлористый аммоний) по формуле:



Наблюдая за скоростью движения этого дыма (хлористого аммония) и за его направлением, мы получаем наглядную картину того, как движется воздух по каналам сушилки. Располагая этот прибор на конце длинной палки с соответственной длины резиновой трубкой для продувания воздуха, нетрудно определить движение воздуха в таких местах камеры или канала, в которые трудно проникнуть.



Рис. 66. U-образный тягомер

Тягомеры. Для измерения величины абсолютно и относительного разрежения служат тягомеры. Различают тягомеры простые — для измерения разности разрежения по отношению к атмосфере и дифференциальные — для измерения разности разрежения. Дифференциальные тягомеры могут заменять простые; для этого нужно соединить дифференциальный тягомер с атмосферой и местом измерения разрежения.

На рис. 66 показан простейший тягомер. Он представляет собой U-образную стеклянную трубку, снабженную шкалой, градуированной (в миллиметрах) вверх и вниз от некоторого среднего деления, обозначенного нулем.

В трубку наливают столько воды, чтобы уровень ее в обоих коленах совпадал с нулевым делением шкалы. Один конец трубки оставляют открытым, а второй с помощью гуттаперчевой пробки соединяют с пространством, в котором необходимо произвести измерения. Вследствие разности давлений в коленах тягомера вода в колене, сообщенном с атмосферой, опустится, а в другом поднимется. Равновесие будет достигнуто тогда, когда вес столбика воды, равного разности уровней в обоих коленах, будет равен разности давлений в них, или, что то же, равен разрежению в месте измерения.

Отсчет производят от нуля вниз и вверх до обоих уровней и, просуммировав обе величины, получают разрежение в месте измерения, выраженное в миллиметрах водяного столба.

Для упрощения отсчетов иногда делают шкалу передвижной и нулем обозначают начало ее снизу. Это нулевое деление путем передвижки шкалы устанавливают против низшего уровня, и



Рис. 67. Тягомер Креля

разность столбов воды в обоих коленах определяют отсчетом по шкале.

Иногда воду заменяют спиртом. Вследствие меньшей смачиваемости стекла спиртом мениск будет меньше, следовательно, уменьшается и возможность ошибки при отсчетах. Кроме того так как удельный вес спирта примерно 0,8, то длина делений шкалы увеличивается: 1 мм вод. ст. отвечает 1,25 мм столба спирта. Помимо этого благодаря меньшей смачиваемости стеклянной трубки спиртом подвижность жидкости в тягомере увеличивается, и он быстрее реагирует на изменения разрежения. Описанный тягомер наряду с его достоинствами — дешевизной и простотой — обладает существенным недостатком: деления в нем очень малы, и при отсчетах возможна ошибка в пределах 0,5 мм, что при колебании силы тяги около 5 мм составляет 10%.

Значительно большей точностью обладают жидкостные тягомеры с наклонной стеклянной трубкой. Наиболее распространенным типом является тягомер Креля (рис. 67).

Если наклон трубки к горизонту равен углу α то длина деления шкалы, отвечающего 1 мм вод. ст., равна в этом тягомере

$\frac{1}{0,8 \sin \alpha}$, причем коэффициент $\frac{1}{\sin \alpha}$ зависит от угла наклона,

а коэффициент $\frac{1}{0,8}$ — от удельного веса спирта, который применяется в качестве измерительной жидкости. Измерительной трубке придают такой наклон, чтобы каждое деление шкалы, отвечающее разрежению в 1 мм вод. ст., имело длину от 8 до 10 мм. Принцип действия тягомера Креля состоит в следующем. Наполнив баллон тягомера подкрашенным спиртом до уровня нулевого деления шкалы, штуцер *A* (рис. 67) соединяют гуттаперчевой трубкой с местом измерения, а штуцер *B* оставляют открытым. Так как точность прибора зависит от наклона измерительной трубки к горизонту, то весьма важно, чтобы колодка, на которой укреплен прибор, занимала строго горизонтальное положение.

Для установления горизонтальности колодки она снабжена уровнем. Колодку подвешивают за два ушка, либо укрепляют на

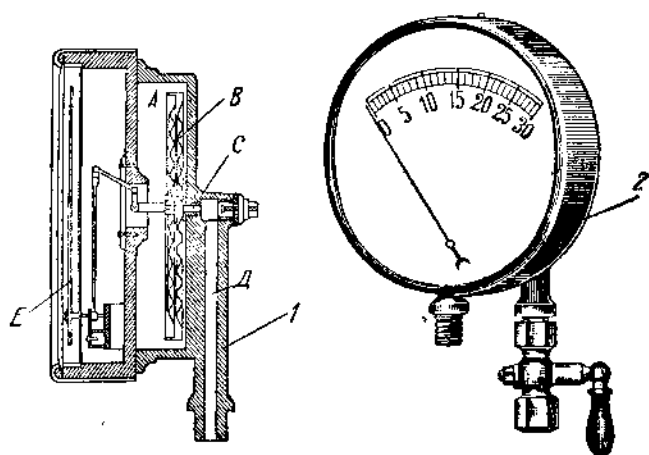


Рис. 68. Мембранный дифференциальный тягомер Эккардта
1 — разрез; 2 — общий вид

подставке. При этом перед началом отсчетов проверяют по уровню горизонтальность колодки. Если штуцер *B* сообщить с пространством меньшего разрежения, а штуцер — с пространством большего разрежения, то тягомер покажет разность. Таким образом, тягомер Креля может служить в качестве простого и дифференциального.

Кроме жидкостных тягомеров существуют так называемые мембранные тягомеры, которые по своей конструкции сходны с манометрами. На рис. 68 изображен общий вид и разрез мембранного тягомера Эккардта. Полая камера, образованная двумя эластичными мембранами *A* и *B* сообщается каналами *C* и *D* с трубкой, проведенной к месту измерения. Перемещение мембраны *A* передается системой рычажков к стрелке *E*, которая

перемещается вдоль шкалы циферблата. Если корпус тягомера сообщен отверстиями с наружным воздухом, то тягомер является простым, если же корпус герметически закрыт и снабжен добавочным штуцером, то тягомер может служить в качестве дифференциального; при этом канал *А* сообщают с одним газопроводом, а штуцер корпуса — с другим. Стрелка покажет разность разрежений.

Простой и дифференциальный тягомеры Эккардта могут быть снабжены регистрирующим приспособлением. Перо пишущего

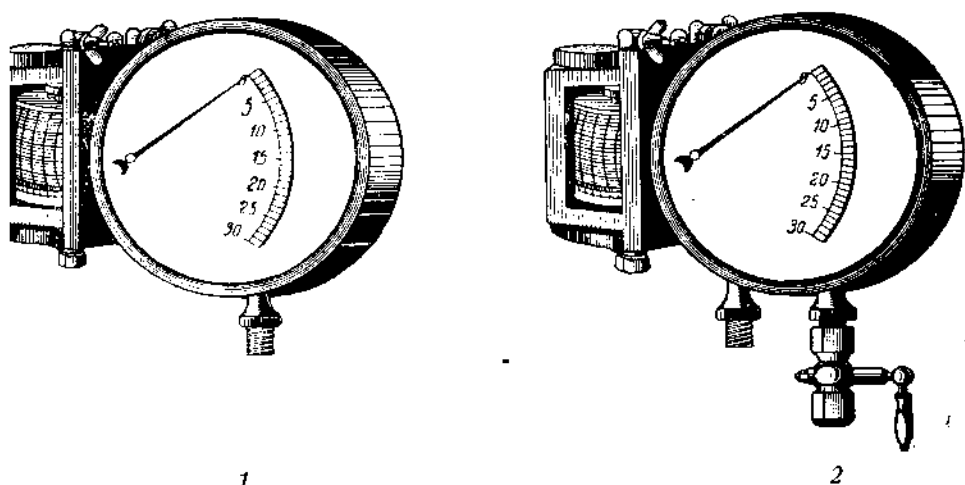


Рис. 69. Самопишущий тягомер Эккардта: 1—простой; 2—дифференциальный

прибора перемещается той же системой рычажков, которая служит для перемещения стрелки. Против пера находится барабан с диаграммной бумагой, вращающийся под действием часового механизма. Диаграммная бумага перемещается в направлении, перпендикулярном перемещенному перу, благодаря чему последнее вычерчивает кривую разрежений или разности в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс диаграммы отложено время, а по оси ординат — разрежение. На рис. 69 изображены самопишущие простой и дифференциальный тягомеры Эккардта. Помимо указанных типов тягомеров существует много других.

7. ФАБРИКАТ

Сортировка. Как бы равномерно ни была произведена настилка высушиваемого сырья на сита, однако отдельные частицы не в одинаковой мере обезвоживаются в процессе сушки, поэтому после разгрузки сит продукция подвергается тщательной сортировке.

Наличие влажных частиц среди готовой продукции абсолютно недопустимо: недостаточно высушенное сырье увлажняет сухие частицы.

В продукции, представляющей собой целые и достаточно крупные плоды, как сушеные груши, сливы, количество полуфабриката составляет обычно 20—30% от веса выхода, в сушеных вишнях, а также яблоках и картофеле кружками — около 5—10%, наконец, в сухих овощах, измельченных в виде стружки, — 3—5%. Здесь наблюдается известная закономерность между величиной и формой материала и однородностью частиц.

В процессе сортировки, помимо отделения недостаточно высушенной части продукции, производится ее сортировка согласно существующим стандартам.

Для сортировки продукция подается на специальные столы, высотой 1—1,2 м и шириной 1—1,5 м. С трех сторон столов устраиваются борты высотой 0,25 м, чтобы устранить просыпание продукции на пол. Длина столов берется в зависимости от производительности цеха с запасом в 50% по числу необходимых рабочих мест. Рабочее место отводится в 1—1,25 м по фронту стола.

В случае отсутствия стандарта на фрукты лаборатория завода разрабатывает кондиции, рассматриваемые техническим совещанием и утверждаемые объединением или наркоматом. В процессе работы следует располагать над столами для сортировки эталонную продукцию.

Сортировку продукции нужно производить систематически, изо дня в день, не накапливая запасов ее на столах, так как нерассортированная продукция начинает портиться. Разложение недосушенного картофеля с наличием влаги в 30—40% начинается уже на вторые сутки. Груша с остатком влаги в 50%, находящаяся в помещении цеха, так же как и все иные виды продукции, через 3—4 дня приходит в негодность. Кроме того нужно следить за тем, чтобы остатки продукции от предыдущих суток работы не попадали под вновь насыпаемую на столы продукцию.

Механизация процесса сортировки осуществляется применением непрерывно движущегося транспортера.

Сортировщики разбиваются на номера соответственно количеству сортов, на которые делится данная продукция. Каждый работник специализируется, таким образом, лишь на определенном сорте, его внимание сосредоточивается лишь на одних качественных признаках. В конце ленты транспортера должен оставаться лишь брак, который скатывается в периодически подставляемые корзины.

От металлических сит в готовую продукцию могут попасть мелкие частицы, а также насечка металлических центрофуг, срабатывающиеся лезвия ножей овощерезки, наконец, продукты коррозии с поверхности калориферов, воздухопроводов и вентиля-

торов. Приспособление электромагнита на пути движения ленты транспортера устраняет эти металлические частицы, находящиеся в свободном состоянии.

• Металлические частицы микроскопических величин, которые в некотором количестве прилипают к поверхности высушиваемого материала, становятся практически трудно отделимыми от частиц продукции и улавливаются магнитом лишь при измельчении продукции в порошок.

В большинстве случаев металлические примеси не поддавались весовому определению вследствие ничтожных количеств, в отдельных же пробах общий вес этих примесей составлял от 0,0005 до 0,001 г на 1 кг продукции.

Электромагнитные приспособления для улавливания свободных частиц металла должны представлять собой стационарные установки транспортерного типа, на которых продукция должна проходить по пути к сортировке сразу же после выхода из сушильного агрегата.

До проведения рассортировки продукция должна остыть до температуры помещения. В зависимости от рода продукции остывание происходит 1—3 часа во время последовательного продвижения к рабочему месту. Такая необходимость вызывается тем, что в разогретом состоянии ткани имеют большую эластичность, чем при температуре 18—25°C. В горячем состоянии все сухие фрукты и некоторые сухие овощи производят впечатление недосушенных, поэтому при определении готовности продукции сортировщик может допустить ошибку. Кроме того горячая продукция, попав после сортировки в упаковку, увлажняется в результате конденсации паров, что приводит продукцию к порче.

Зелень, капуста, лук, отличающиеся значительной хрупкостью отдельных частиц, после остывания выдерживаются до сортировки в течение суток в ларях и лишь потеряв хрупкость подвергаются сортировке.

В процессе сортировки на столах остается, особенно при производстве сухих овощей, некоторая часть продукции, представляющая собой совершенно перетертую массу мельчайших обломанных частиц сухих овощей. Такая «мелочь», или «крошка», в конце смены должна быть вручную просеяна на сите с отверстиями $0,5 \times 0,5$ см, перетертая же порошкообразная масса сдается на склад как отходы и подлежит утилизации. Частицы плодonoжек при сушке груш, слив, вишен совершенно удаляются, попадающиеся косточки утилизируются.

Упаковка. После сортировки продукция упаковывается в мешки или ящики. Упаковка продукции производится для лучшей транспортабельности ее, удобства хранения на складе, для защиты продукции от увлажнения и влияния света и для предохранения от пыли.

Сухие фрукты, представляющие собой неоднородный по содержанию влаги материал, не поступают сразу после сортировки на упаковку. Для уравнивания степени влажности необходима выдержка продукции на складе в куче высотой 0,75—1 м в течение 6—10 дней. В процессе такой выдержки происходит некоторое выравнивание влаги в продукции. Пересушенные, твердые наощупь плоды, содержащие лишь 12—15% влаги, приобретая путем диффузии некоторое количество влаги от чрезмерно увлажненных плодов, становятся эластичными, с нормальным влагосодержанием. Наоборот, плоды с влажностью в 25—30% понижают ее до стандартных норм.

Продукция в зависимости от эластичности, что прежде всего определяется стандартными нормами влагосодержания и степенью измельчения, упаковывается в твердую или мягкую тару.

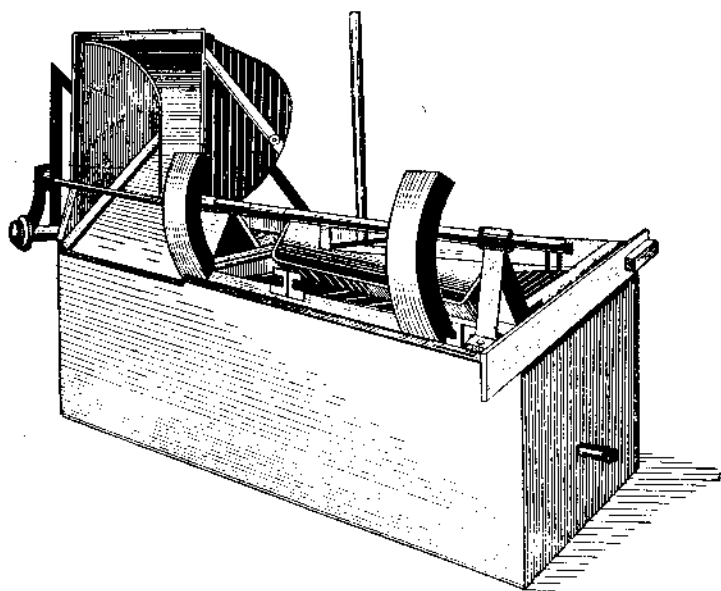


Рис. 70. Процессор (ошпариватель) сухих фруктов

Выбор тары зависит также от ценности продукции в смысле высших и низших сортов. Вполне понятно, что совершенно хрупкий сушеный картофель ломается и в значительной степени перетирается во время переноски и хранения его в мешках, твердые же частицы его совершенно изрезают полупергаментную бумагу, прокладываемую в виде конвертов внутри мешка. Бумага при упаковке представляет собой изоляцию от доступа атмосферной влаги, пыли, а также заражения грибковыми заболеваниями и насекомыми. Картофель и все прочие сушеные овощи должны упаковываться исключительно в ящичную тару.

Лучшим видом тары являются жестяные банки, обеспечивающие герметичность упаковки, или фанерные парафинированные цилиндры.

При упаковке сушеных слив и вишен временно могут применяться бочки. Последние не должны быть изготовлены из смолистой древесины. Дубовые бочки предварительно обрабатываются для удаления избытка дубильных веществ. Ящики емкостью 12 кг являются основным видом тары для указанной продукции. Следует внедрять расфасовку в картонные пакеты, выложенные парафинированной бумагой, емкостью 0,5, 1 и 2 кг.

Сушеные яблоки и груши в бочки не упаковываются. Лучшей тарой для такой продукции, как изюм, яблоки, груши, абрикосы, персики, являются ящики емкостью от 12 до 20 кг. Упаковка всех вообще сухих фруктов в мешки имеет тот недостаток, что плоды, непосредственно соприкасающиеся с тканями мешка, покрываются мелкими частицами этих тканей. Это нужно иметь в виду при упаковке сушеных абрикосов, слив, вишен, груш, поверхность которых имеет некоторую липковатость, объясняемую выделением сока во время сушки.

Перед упаковкой сливу слегка прогревают до размягчения в слабом водном растворе поваренной соли, из расчета 300—430 г соли на 136 л воды. В такой раствор вводят глицерин в количестве 430 г. Глицерин придает блеск плодам и смывает с поверхности их посторонние частицы, одновременно достигается дезинфекция продукции.

Применяют также обработку продукции паром. После остывания продукция поступает для упаковки. Процесс ошпаривания производится в процессоре (рис. 70).

В табл. 31 приведены данные веса 1 м³ сухих фруктов и сухих овощей в свободно насыпанном состоянии.

Таблица 31

Продукция	Вес 1 м ³ (слегка уплотнено руками) (в кг)
Картофель сушеный	230 (кружками)
Морковь и свекла сушеные	195
Капуста сушеная	170
Смесь: суп, борщ	290
Вишня сушеная	520
Груша сушеная	375—500
Слива сушеная (подпрессованная)	800
Яблоки	340

Упакованная продукция должна в течение тех же суток сдаваться на склад по общему весу и с учетом сортов ее. Качественные показатели окончательно должна подтверждать лабор-

ратория завода, представляющая к каждой партии, поступающей на склад, сертификат. Копия его передается в цех.

Составление смесей. Смеси из сушеных овощей и компоты из сушеных фруктов, помимо всех прочих преимуществ, которые имеют сушеные овощи и фрукты, весьма удобны для изготовления ряда съестных блюд.

Смеси приготавливаются или в складском помещении или в самом цехе. Для этой цели устраивается резервуар размерами примерно $3,5 \times 2$ м при высоте боков 0,5 м. В такой резервуар высыпается одновременно 1000 кг различного рода продукции. Расчет компонентов производится заранее согласно предложенному рецепту. При засыпке следует обязательно осматривать каждую партию, чтобы не допустить испорченного или увлажнившегося во время хранения продукта.

Ниже приводим наиболее распространенные рецептуры смесей сухих овощей и фруктов.

Смеси по качеству делятся на I, II, III сорта.

Таблица 32

Овощные смеси

Продукция, входящая в смесь	Картофельный суп			Щи			Борщ		
	% соотношения								
I. Основные овощи									
Картофель	85,3	79,0	83,6	10,8	10,4	20,0	18,0	22,0	25,0
Капуста	—	—	—	72,75	70,6	63,0	29,75	24,0	24,0
Свекла	—	—	—	—	—	—	35,0	35,0	35,0
Морковь	6,0	10,0	10,0	6,0	10,0	10,0	5,0	8,0	10,0
II. Коренья пряные									
Петрушка	1,5	1,5	1,0	2,0	1,0	0,75	2,5	1,5	0,5
Пастернак	—	0,5	—	—	1,0	—	—	1,5	—
Сельдерей	0,6	0,5	—	0,5	0,5	—	0,5	0,5	—
III. Пряно-вкусовые овощи									
Лук репчатый	6,25	8,0	5,0	7,5	6,0	6,0	8,5	7,0	5,0
Перец стручковый	0,075	—	—	0,075	—	—	0,125	—	—
Укроп зеленый	0,15	0,15	0,25	0,15	0,25	—	0,25	0,25	—
Сельдерей зеленый	—	0,15	—	—	—	—	—	—	0,25
Петрушка зелень	0,15	0,20	0,15	0,15	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Специи									
Лавровый лист	0,075	—	—	0,075	—	—	0,125	—	—

Приводим состав смеси супа «по-американски»:

Картофель	20%
Репа	20%
Зеленый горошек	20%
Лук	6%
Морковь	17%
Бобы стручковые	17%

Для фруктовых компотов можно рекомендовать следующие смеси (табл. 33).

Таблица 33

Продукция, входящая в смесь	В процентах					
Бабай	25	15	20	—	—	—
Урюк	18	13,5	8	—	—	—
Курага	20	18	17	—	—	—
Вишня	6	9	10	15	10	—
Чернослав	6	8	10	25	20	—
Яблоки	5	5	6	15	15	—
Груши	3	5	7	35	15	—
Сабза или гермян	6	4	5	—	10	—
Финики	4	2	—	—	10	—
Шептала	3	3	2	—	—	—
Хинная ягода	4	2,5	3	—	—	—
Хасак	—	15	17	—	—	—
Туршак	—	—	5	—	—	—
Абрикосы крупноплодные половинки	—	—	—	10	20	—

При составлении смесей (компотов) продукция солнечной сушки подвергается предварительно тщательной мойке для удаления пыли и песка, после чего поверхностная влага испаряется сушкой. Кроме того производится тщательное отделение встречающихся плодоножек.

Основным техническим требованием при приготовлении смесей является равномерное распределение отдельных компонентов в общей массе. Это достигается в процессе правильно проведенного смешивания. Отвешенные согласно рецепту порции различного рода продукции высыпаяются на дно резервуара равномерными слоями. Таким образом, условно произведенный поперечный разрез всей массы в любых направлениях площади резервуара должен был бы представить совершенно одинаковую слоистость до процесса смешения.

Продукция упаковывается согласно общим правилам, относящимся к упаковке сухих овощей и фруктов.

Брикетирование. Брикетированием называется превращение с помощью прессования рыхлой продукции в твердую массу.

Сухие фрукты и овощи представляют собой громоздкий продукт, требующий обширных складских помещений и транспортных средств.

Произведем подсчеты степени использования объема тары некоторыми видами продукции в зависимости от удельного и «насыпного» веса.

Для сушеного картофеля уд. веса $d = 1,32$, насыпного веса $y = 0,23$:

$$\frac{1,32 - 0,23}{1,32} 100 = 82,6\%,$$

т. е. степень полезного заполнения составляет лишь 17,4%.

Для сушеных свеклы и моркови при $d = 1,39$, $y = 0,17$:

$$\frac{1,39 - 0,17}{1,39} 100 = 87\%,$$

или степень полезного заполнения будет составлять 13%.

Приводим для сравнения такие же показатели по иным видам продукции.

По столовой свежей свекле при $d = 1,016$, $y = 0,6$:

$$\frac{1,016 - 0,6}{1,016} 100 = 40,94\%,$$

по груше свежей при $d = 1,035$, $y = 0,617$:

$$\frac{1,035 - 0,617}{1,035} 100 = 40,38\%,$$

по зерну пшеницы при $d = 1,5$, $y = 0,8$:

$$\frac{1,5 - 0,8}{1,5} 100 = 46,66\%,$$

или соответственно степень заполнения полезных объемов составляет: 59,06, 59,02 и 53,34%.

Таким образом мы наблюдаем, что сухие овощи и фрукты, в особенности первые, характеризуются сравнительно низким использованием ими пространства.

Согласно исследованиям Чигринцева Н. И. и Зверлина В. С. при уменьшении объемов сушеной капусты в 2,86 раза вес кубического метра продукции достигал 928 кг, при уменьшении объема петрушки и зелени в 2,44 раза вес кубического метра составлял 702 кг, при сжатии сушеной свеклы и лука в 3,08 раза вес кубического метра равнялся 1 т, а кубический метр смеси борща при сжатии в 2,67 раза весил 866 кг.

Идеальным брикетом, если цель брикетирования рассматривать только с точки зрения сокращения объема, был бы такой брикет, объемный вес которого приближался бы к удельному весу продукта. Однако указанные брикеты были бы непригодны

для хозяйственных целей. В известной мере брикетированная продукция должна быть пригодна для раздробления и должна иметь определенный показатель размачиваемости.

Надо полагать, что коэффициент степени заполнения объема в брикете должен находиться в пределах 0,75—0,8.

Помимо соображений, касающихся объемно-весовых измерений, брикетирование дает положительные результаты и в других отношениях. Брикетированная продукция, представляющая собой более плотную массу, менее гигроскопична. Брикеты лучше хранить в бумаге, чем достигается уменьшение увлажнения продукции и сохранение ее в санитарно-гигиенических условиях.

Конструируемое для брикетирования оборудование должно отвечать следующим требованиям:

- 1) принцип непрерывного действия приводного станка;
- 2) автоматизация загрузки сырья и разгрузки брикетов;
- 3) минимальное количество обслуживающего персонала;
- 4) получение брикетов достаточной крепости;
- 5) получение брикетов прямоугольной формы.

Хранение. Методы хранения фабриката должны полностью отвечать его важнейшим физико-химическим свойствам. Основным из них является гигроскопичность.

Надо полагать, что гигроскопичность объясняется прежде всего явлением адсорбции, т. е. сгущением газа на поверхности тела. Рассматриваемый продукт как пористое тело представляет собой достаточно хороший адсорбент. Чем более измельчен продукт, тем больше поверхность адсорбента, а отсюда и количество адсорбируемого вещества или в данном случае паров воды. Действительно, уже по практическим наблюдениям известна повышенная степень гигроскопичности сушеного лука-порошка по сравнению с сушеным луком, измельченным в виде кружков.

Известная пониженная степень гигроскопичности сушеного картофеля может быть объяснена, если рассматривать его как плохой адсорбент. Измельченный сушеный картофель имеет гладкую, как бы полированную поверхность, образующуюся вследствие засыхания на ней тоненькой пленочки крахмального клейстера. Пленочка образуется во время сушки за счет влаги сырья и не полностью подвергшихся вымыванию при охлаждении после бланшировки крахмальных зерен, расположенных в раскрытых при измельчении растительных клетках. Помимо концентрации на поверхности сырья происходит проникновение влаги в массу тела; здесь может найти место также явление абсорбции, т. е. поглощения газов твердыми и жидкими телами. Наконец, гигроскопичность сухих фруктов в известной мере наблюдается в связи с высоким содержанием в них фруктозы, или сахара, отличающегося высокой степенью абсорбирования влаги.

Важнейшим условием хранения сухих плодов и ягод является достаточная сухость воздуха в хранилище, т. е. примерно 65—75% относительной влажности.

Для сухих овощей относительная влажность воздуха в хранилищах должна быть:

Для картофеля	55—57%
• свеклы	63—65%
• моркови	63—65%
• капусты	63—65%
• лука	63—65%
• белого корня	63—65%
• зелени	73—75%

Температурные факторы не оказывают значительных воздействий. Нежелательным является лишь повышение температуры хранилища в летнюю жару до 25—30° С. Тогда происходит пересыхание фабриката, который теряет свою эластичность.

Сухие овощи и фрукты представляют собой благоприятную среду для развития различных грибковых заболеваний. Особенно быстро распространяются плесени при повышении температуры склада до 15—20° С в условиях значительной насыщенности влагой воздуха хранилища. Синеватозеленый налет образует *Penicillium glaucum*.

Особенный вред сушеным овощам и фруктам наносят некоторые насекомые. Основными вредителями этой группы являются зерновая огневка *Ephestia clutella*, клещ, суринамский мукоед, рисовый долгоносик, некоторые виды тли, распространяющиеся на сушеной, например, сливе и др. Из сухих овощей мало подвергается заражению зерновой огневкой лишь картофель. В первую очередь личинки ее распространяются на сладких и ароматических видах продукции, как-то: луке, сельдерее, настернаке, сушеной моркови и свекле.

Период развития *Ephestia clutella* составляет до 58 дней, период развития яйца — 3—6 дней. В зависимости от температурных условий период развития изменяется: в жаркую погоду развитие всех стадий протекает в течение 2—3 недель, куколки при комнатной температуре — 16—19 дней, при температуре 30° С — 4 дня. Таким образом в год можно наблюдать от двух до четырех генераций. При низких температурах гусеница переходит в пассивное состояние — анабиоз; в таком состоянии она находится до полугода в зимнее время.

По Румянцеву П. Д. («Амбарные вредители и борьба с ними») бабочка откладывает от 50 до 260 яиц. Зерновая огневка, кроме сухих фруктов и овощей, повреждает сухой хлеб, шоколад, вату и прочие изделия.

Повреждения сухих фруктов и овощей данным видом вредителя сводится к следующему: в стадии личинки зерновая огневка истачивает частицы сушеной продукции, превращая последнюю в бесформенную, порошкообразную массу.

Первым признаком наличия на складе указанных насекомых являются летающие бабочки. При тщательном осмотре ящиков или мешков с продукцией преимущественно в щелях и складках бумаги обнаруживаются яйца, личинки, а подчас и бабочки или куколки. Среди частиц самого продукта насекомые при внешнем осмотре могут быть замечены с трудом; образец продукции необходимо тщательно перебрать при помощи пинцета на листе бумаги. Распространение личинок начинается в продукте вдоль стенок тары.

Все виды дефектной продукции, если только представляется еще возможность, подлежат переработке для приведения ее в ликвидный вид. Так например, увлажненная продукция должна быть досушена с доведением влагосодержания до стандартной нормы. Если на продукции наблюдаются небольшие признаки плесени, то продукцию нужно предварительно пробланшировать и также подвергнуть сушке. Продукция с сильно распространенной плесенью не должна подвергаться переработке. Заплесневевшие и впоследствии переработанные сухие фрукты легко обнаружить по шелушащейся, полуоблезлой коже и пониженной сажистости.

В борьбе с распространением плесени большую помощь может оказать бактериологический контроль продукции.

Гораздо сложнее борьба с личинками зерновой огневки и прочими насекомыми. Периодическая дезинсекция складов с находящейся в ней продукцией предотвращает развитие насекомых.

Продукция после дезинсекции тщательно просеивается через металлические сита с размерами ячеек $0,5 \times 0,5$ см для отсева умерщвленных личинок и их ячеек. При распаковке продукции для просеивания тщательно осматриваются наружные поверхности ее для изъятия зерновой огневки в стадии куколок. Благодаря белой паутилке, в которую окутана куколка, ее легко можно заметить. Для генеральной очистки продукции от живых или же умерщвленных личинок наиболее удобным временем года является зима, когда зерновая огневка находится в пассивном состоянии. Рассортированная просеянная продукция упаковывается в новые ящики и новую бумагу.

В качестве дезинсектора следует применять сероуглерод. Продолжительность действия паров сероуглерода и его дозировка устанавливаются дезстанциями Наркомздрава или оперативно-истребительными станциями по борьбе с вредителями сельского хозяйства. Обычно при расчетах применяется доза от 1 до 2 кг сероуглерода на 10 м^3 помещения при длительности воздействия паров сероуглерода от 36 до 48 час. После проведения дезинсекции требуется длительное проветривание помещения с находящейся в нем продукцией, кроме того, производится лабораторное определение качества продукции, чтобы установить, полностью ли улетучился сероуглерод при проветривании.

При применении сероуглерода для дезинсекции продукции следует пользоваться специальной технической инструкцией, учитывая все необходимые правила этой операции и, в частности, огнеопасность сероуглерода.

Дезинсекция продукции сернистым ангидридом совершенно недопустима, ибо в продукции происходит связывание последнего. Следует отметить, что в процессе проведенных нами исследований сухих овощей и фруктов на общее содержание сернистого ангидрида, а также содержание его в связанном состоянии после обработки продукции — наиболее отрицательные результаты получены по луку и капусте. Наличие SO_2 в продукции нужно объяснять не только явлениями адсорбции; связыванию SO_2 способствует значительное содержание в продуктах инвертного сахара.

Складское помещение должно содержаться в высокосанитарном состоянии. Это достигается не только соблюдением правил общего распорядка, но и особо тщательной систематической уборкой. В течение весны, лета и осени, когда происходит распространение различных грибковых заболеваний, а также насекомых, необходимо проведение, как мы уже говорили об этом, дезинсекции.

Расчет емкости хранилищ для сухих овощей и фруктов производится следующим образом. Средний вес продукции принимается в $0,25 \text{ т/м}^3$. Высота нагрузки при данном весе при ящичной упаковке сухих овощей и фруктов допускается до 2 м. Таким образом на 1 м^2 площади склада приходится нагрузка в $0,5 \text{ т}$. Однако следует ввести поправочный коэффициент на заполнение места материалом тары и неплотность ее прилегания. K_1 нужно считать равным 0,75. Между ярусами продукции должны иметься проходы, исчисления которых вынуждают внести $K_2=0,75$. Отсюда коэффициент заполнения объема склада $K = K_1 \times K_2 = 0,75 \times 0,75 = 0,5625$, или округленно 0,6. Нагрузка на 1 м^2 площади склада в среднем $0,3 \text{ т}$.

III. Контроль качества продукции и расчет выходов

1. Контроль приемки сырья. Лаборатория ОТХК после взвешивания каждой партии отбирает среднюю пробу. В процессе тщательной рассортировки лаборатория относит всю пробу или отдельные ее части к различным сортам согласно существующим стандартам или принятым кондициям на сырье, выясняет количество в пробе брака, его причины и степень засоренности сырья.

Расчет процентного содержания в пробе отдельных сортов по качеству, размерам и помологическим признакам производится по формуле:

$$\frac{P \cdot 100}{m}, \quad (187)$$

где:

m — вес отобранной пробы;

P — вес той или иной отобранной группы сырья из пробы.

2. Контроль хранения сырья. Для оценки условий хранения сырья мы уже обращали внимание на фиксацию условий, температуры и влажности воздуха при хранении. Однако оценка качественных изменений, происходящих при хранении, выясняется лишь в результате физико-химического анализа средних проб сырья. Для этого из хранилищ и буртов даже при нормальных условиях хранения отбираются средние пробы из различных закровов или буртов не реже одного раза в месяц.

Контроль хранения сырья производится лишь в тех случаях, если сырье подвергается более или менее длительному хранению, т. е. не менее полмесяца. Таким образом в основном лаборатория имеет дело главным образом с осенне-зимней группой сырья. Нижеприведенная схема анализа применяется для определения следующих признаков:

1) количества разлагающихся плодов и овощей и причины возникновения данного дефекта;

2) количества овощей с признаками прорастания, степени этого процесса;

3) количества сухих веществ;

4) количества общей сахаристости, для картофеля же количества крахмала.

3. Контроль сырья, поступающего на переработку. По качеству сырья, поступающего на переработку, производится оценка ка-

чества его сортировки и хранения. Описание сырья согласно стандарту является здесь уже недостаточным.

По средней пробе доставляемого в цех сырья производятся следующие определения:

1. Помологическое определение сорта.
2. Количество брака (гнилые, мерзлые и т. д.).
3. Степень засоренности.
4. Количество деформированных и поврежденных (битые, давленные), характер некоторых повреждений (вялые, недозрелые и т. д.).
5. Размеры отдельных видов сырья. Последние могут быть приняты согласно следующим измерениям (табл. 34).

Таблица 34

	Группа I „мелкие“	Группа II „средние“	Группа III „крупные“	Группа IV
	в сантиметрах			
Яблоки	До 3	3—5	5	Выше по наибольшему поперечному разрезу
Груши	„ 3	3—5	5	
Слива	„ 1,5	1,5—3	3	
Вишня и черешня . . .	„ 1,4	1,4—1,8	1,8	
Картофель	„ 3	3—5	5	
Свекла	„ 5	5—8	8	
Морковь	„ 2	2—3	3	
Петрушка	„ 1,5	1,5—2,5	2,5	
Лук	„ 3	3—5	5	
Капуста	„ 1,5 кг	1,5—2 кг	—	

Распределение сырья по размерам удобно и быстро производится при помощи шаблонов. В фанерной доске вырезаются круглые отверстия диаметром в 1,5; 2; 2,5; 3,5 см и т. д. Опуская плоды и овощи в соответствующие отверстия распределяют пробы на группы. Среднюю пробу капусты распределяют на группы, взвешивая каждую головку.

Согласно указанным пунктам определения приводятся в процентах к общему весу пробы по формуле (187).

6. Количество сухих веществ.

7. Сахаристость общая, для картофеля — количество крахмала.

8. Кислотность общая.

Мы уже отметили, что недоброкачественные партии сырья не следует направлять в производство.

4. Контроль отходов при подготовительных процессах. Сопоставление количества полуфабрикатов после каждой технологической станции с количеством его перед поступлением на таковые может дать картину потерь по каждому процессу. В прак-

тической работе достаточно определить количество отходов в процентном отношении к сырью лишь при очистке последнего от наружных тканей. Этот показатель выводится по разности в весе принятого на переработку сырья и полученного после очистки. Потери при мойке вводятся как поправка согласно лабораторному анализу. При очистке фруктов, капусты, лука количество отходов определяется непосредственным взвешиванием.

Общее количество отходов и потерь при проведении подготовительных процессов в сушильном цехе определяется по разности между общим весом поступившего в переработку сырья и количеством полуфабриката, настилаемого на сито. Последний показатель выводится в сухих веществах как дающий единственно правильное представление о понесенных потерях. Для этого необходимо воспользоваться данными о содержании сухих веществ в сырье, поступающем в производство, а также определить количество сухих веществ в сырье, поступающем для настилки сит.

Процент общих потерь при проведении подготовительных процессов исчисляют по формуле:

$$\frac{AF - BF_1}{AF} 100, \quad (188)$$

где:

A —количество сырья, пошедшего на переработку;

F —процент сухих веществ в сырье;

B —количество поступившего полуфабриката для настилки на сита;

F_1 —процент сухих веществ в полуфабрикate.

5. Контроль работы отдельных станций цеха. Сущность оценки работы отдельных станций цеха заключается в анализировании проб готовой продукции до ее сортировки по следующим признакам.

1. Форма измельчения и внешние признаки. Отмечается форма измельчения — кружками, лапшой, кубиками и т. д. После анализа фруктов отмечают, например, яблоки неочищенные, или со снятой только кожицей, или полностью освобожденные от несъедобных тканей, слива без косточек и т. д.

2. Распределение пробы по размерам. Проба распределяется на группы по длине при измельчении сырья лапшой или стружкой и по наибольшему измерению (диаметру) — при измельчении кружками. Кроме этого делается отметка о доминирующей толщине стружек или кружков. Распределение на группы согласно размерам приводим в процентном отношении от веса пробы. Распределение производится на листе миллиметровой бумаги при работе с сухими овощами; размеры сухих фруктов определяются весовыми измерениями. Так, для сухих овощей может служить следующая шкала (по группам):

I—4 см и выше по длине или наибольшему измерению
 II—1 " " " " " "
 III—до 1 см " " " " " "

Для сухих фруктов размеры таковы:

Для яблок сухих:

I—5 см и больше по наибольшему поперечному измерению
 II—от 3 " до 5 см "
 III—1 " " 3 см "
 IV—1 " " крошки " "

Для груш сухих целых (только для фабриката):

I—больше 18 г (вес отдельного плода)
 II—12—18 "
 III—6—12 "
 IV—до 6 " "

Для вишен-черешен сухих (только для фабриката):

I—вес плода 1 г и больше
 II—" " от 0,8 до 1 г
 III—" " 0,5 0,8 г
 IV—" " " 0,5 г

3. Распределение по цветовым признакам. Анализ производится согласно имеющимся эталонам. Каждая группа определяется в процентах от веса пробы (см. табл. 35).

4. Засоренность. В процентах к весу определяется количество иных видов продукции, например, примесь к сушеной моркови, петрушке и т. д., определяется также примесь вредная, как-то: солома, песок и т. д.

5. Распределение по признакам эластичности. Определение производится в процессе тщательного ощупывания всех частиц пробы, которые разделяются на:

- 1) хрупкие или пересушенные (кроме картофеля);
- 2) эластичные, нормальной влажности или близко к таковой;
- 3) недосушенные, с излишней влагой или полуфабрикат.

Каждая группа взвешивается и определяется в процентах к весу общей пробы.

6. Влажность определяется для каждой из указанных в п. 5 групп в остывшей после выхода из сушильного аппарата продукции.

7. Остатки наружных тканей. Проба распределяется на четыре группы согласно степени наличия кожицы. Каждая группа выражается в процентах к весу.

8. Степень деформации определяется исключительно по сухим фруктам. Каждая группа выражается в процентах к весу пробы.

9. Признаки повреждения вредителями отмечаются собственно лишь по сухим фруктам. Определяется процент к весу от общей пробы, количество поврежденных плодовой жоркой и про-

Таблица 35

Распределение сушливой продукции по цветовым признакам

Продукция	I	II	III	IV	V	VI
Картофель	Белый и кремовато-белый	Желтый с желтым оттенком	Коричневый и темнокоричневый	Сероватый	Темносерый	С черными точками и пятнами на поверхности
Капуста	Белая и желтовато-белая	Желтая	Коричневая	Зеленоватая	Зеленая	—
Свекла	Красновато-фиолетовая	Темнофиолетовая	Коричневая	Темнорозовая с белыми полосами	Другие ненормальные оттенки (желтые, белые)	—
Морковь	Желтовато-красная и красная	Бледножелтая и красная	Коричневые оттенки	—	—	—
Лук	Белый и желто-белый	Желтовато-коричневые	—	—	—	—
Белые корнеплоды	Беловатые	Бледнокоричневые	Коричневые	—	—	—
Яблоки	Белые и кремовато-белые	Бледные с бледнорозовым оттенком	Желтые	Коричневые	—	—
Груши	Желто-коричневые	Темнокоричневые	Зеленовато-коричневые	—	—	—
Слива	Темносиние, глянцеви-точерноватые	Такие же с коричневым оттенком	Коричневые без блеска	Коричнево-красные	—	—
Вишня и черешня	Темнокрасные, красноватые с блеском	Темнокрасные и красные с блеском	Коричневые без блеска	Бледнокрасные	—	—

чими вредителями. На основании этих показателей лаборатория делает выводы относительно работы отдельных станций, руководствуясь данными, приведенными в табл. 36.

Таблица 36

Учет дефектов в сушеной продукции и факторов, их обуславливающих

Дефект	Род продукции	Причина
Значительное количество мелких частиц продукции	Все виды	1. Некондиционное, мелкое сырье 2. Чрезмерное снятие наружных тканей 3. Плохая работа резки 4. Плохая сортировка сырья по отбору мелких плодов и овощей
Нарушение нормального соотношения отдельных групп по размерам, ориентируясь по сырью	То же	Отсутствие сортировки
Темнобурые и буро-черные оттенки	Свекла, морковь	1. Гнилое или частично порченное сырье 2. Карамелизация сахаров под влиянием высоких температур сушки
Грязносерые оттенки	То же	Сушка при низкой температуре и запаривание продукции
Серо-черные оттенки (проваренная продукция)	Свекла	Отсутствие бланшировки
Серые и грязносерые оттенки	Картофель	1. Сушка при низкой температуре в условиях запаривания продукции 2. Отсутствие бланшировки или хранение измельченного материала без воды
Черные пятна на поверхности срезов	Картофель	Повреждение сырья грибковыми болезнями или мерзлое сырье, длительно оттаивавшееся
Мучнисто-белые пятна Желтые оттенки	Картофель Яблоки, измельченные груши	Перебланшированное сырье Отсутствие отбеливания сырья
Темножелтые, бурые оттенки	Яблоки, груши	Чрезмерно высокая температура сушки
Коричневые оттенки	Винная, слива	Переработка испорченного сырья или полуфабриката
Интенсивно зеленые, зеленоватые оттенки	Капуста, картофель	1. Использование наружных листьев, являющихся отходами 2. Развитие клубней частично на поверхности почвы
Значительное количество посторонних примесей	Все виды	Плохая мойка и сортировка сырья
Чрезмерное количество частиц пересушенных и недосушенных	Все виды	1. Выгрузка продукции из аппарата с запозданием 2. Преждевременная выгрузка продукции из аппарата 3. Для обоих случаев неравномерная настилка сит

Дефект	Род продукции	Причина
значительный процент частиц с остатками наружных тканей, по картофелю глазков	Корне- и клубнеплоды, яблоки (чищенные)	Сработанность рабочих поверхностей центрифуг, досрочная их разгрузка, по картофелю - отсутствие ручной дочистки
енормально деформированная поверхность	Груши, вишня	Деформированное сырье
аличие больших трещин, высокая клейкость частиц продукции	Груши, сливы, вишня	1. Сушка чрезмерно сухим воздухом 2. Первоначальные фазы сушки при температуре выше нормальной
аличие шелушащейся кожицы на поверхности плодов	Груши неочищенные	Сушка с перерывами, во время которых в полуфабрикате начались процессы брожения
апах дымовых газов	Все виды	Пропуск газов огневыми calorиферами
апах плесели, плесени	То же	Распространение плесени в результате повышенной влажности
ускнение естественных цветовых оттенков	Свекла, морковь, зелень	„Старение“: хранение продукции возможно на складе в условиях обмена воздуха 2—3 года
ерные точки	Овощи, фрукты	Попадание уноса из толки или calorиферных труб в теплоноситель

10. Определение возможного наличия металлических частиц и частиц дерева.

11. Микробиологическое исследование продукции.

12. Определение по средним пробам сахаристости, кислотности в отправляемых крупных партиях сушеных фруктов.

Подсчет предполагаемого выхода готовой продукции в абсолютном количестве и в процентном отношении производится в следующем порядке. Количество сырья, загруженного в аппарат для сушки, в килограммах, обозначаем A_2 . Общее количество расходуемого сырья в цехе обозначаем A_1 . Путем химического анализа устанавливаем, что содержание сухих веществ в сухом сырье в процентах составляет F . Согласно стандарту или же принятому цехом заданию в готовой продукции сухие вещества должны составить в процентах F_1 . Искомые неизвестные выражаем через C_1 и C_2 . Расчет выхода годовой продукции производим по формуле:

$$C_1 \text{ кг} = \frac{A_2 F}{F_1} \quad (189)$$

отсюда в процентном отношении определяем:

$$C_2 = \frac{F \cdot 100}{F_1} \quad (190)$$

Пример 1. В сушильный аппарат загружено картофеля 2000 кг, уже полностью подготовленного для высушивания. Количество сухих веществ в данном сырье составляет 16%. Требуется высушить сырье до остатка влаго-содержания в 8%, что составит 92% (F_1) сухих веществ. Сколько должно быть получено продукции?

$$C_1 = \frac{2000 \cdot 16}{92} = 347,8 \text{ кг.}$$

Выход в процентах от взятого для сушки сырья будет:

$$C_2 = \frac{100 \cdot 16}{92} = 17,39.$$

Пример 2. Сколько будет получено в процентах сушеных груш и каков будет выход в абсолютном выражении от переработки 10 500 кг сырья, содержащего 12% сухих веществ? В продукции содержание сухих веществ составляет 77%:

$$C_1 = \frac{12 \cdot 100}{77} = 15,58\%.$$

$$C_2 = \frac{10500 \cdot 12}{77} = 1636,3 \text{ кг.}$$

Однако сплошь и рядом приходится по количеству полученной готовой продукции определять количество сырья, которое следовало затратить.

Перестраивая знакомые нам формулы, приводим для пользования следующие выражения математической зависимости наших величин:

$$A_2 = \frac{C_1 F_1}{F} \quad (191)$$

$$A_3 = \frac{F_1}{F} \quad (192)$$

где A_3 — затрата подготовленного сырья на единицу изделий.

Пример 1. На склад отправлено за шестидневку 15 т сушеной моркови. Количество сухих веществ составляло 88%. Сырье в сушильный аппарат поступило с содержанием сухих веществ в 13%. Сколько подготовленного сырья было нагружено на сито для выработки указанной продукции?

$$A_2 = \frac{15 \cdot 88}{13} = 101,538 \text{ т.}$$

$$A_3 = \frac{88}{13} = 6,77.$$

Пример 2. Каков расход измельченного сырья в сутки для сушки капусты, если производительность сушильного аппарата составляет в сутки 0,75 т готовой продукции? Количество сухих веществ примем для сырья в 10%, для фабрикатов—90%.

$$A_2 = \frac{0,75 \cdot 90}{10} = 6,75 \text{ т.}$$

Каково же соотношение между готовой продукцией и подготовленным для астилки сырьем?

$$A_3 = \frac{90}{10} = 9,$$

т. е. 1 : 9.

Однако приведенный расчет не может удовлетворить во всех случаях. Если необходимо выяснить общие затраты сырья для получения готовой продукции, то приходится вводить поправочные коэффициенты. Последние вводятся в том случае, если наблюдаются значительные отходы или же в сырье заключаются частицы, недостаточно высушенные.

Отходы в различных случаях составляют от 15 и до 30%, что оказывает значительное влияние на количество получающейся продукции. При расчете выходов слив и вишен с косточками необходимо учитывать, что высушивание косточек происходит лишь в самой незначительной степени, которым в расчетах можно совершенно пренебречь. Точность расчета выхода требовала бы учета также потерь, происходящих вследствие некоторой неизбежной раструски сырья, выщелачивания питательных веществ водой и прочих потерь.

Пример 1. Насколько увеличится выход продукции по сушке картофеля, если количество отходов при очистке уменьшится с 30 до 20%? Количество перерабатываемого сырья 3000 т. Средние данные содержания сухих веществ в сырье 23%, в фабрикате — 92%. Поправочные коэффициенты K , соответствующие указанным отходам, будут равны:

$$1) 1 - 0,30 = 0,7; \quad 2) 1 - 0,20 = 0,8, \text{ тогда}$$

$$C_{1n} = \frac{A_1 F K}{F_1}; \quad C_{1m} = \frac{A_1 F K_2}{F_1}, \quad (193)$$

где:

A_1 — количество сырья, поступившего в цех.

$$\frac{A_1 F \cdot 0,8}{F_1} - \frac{A_1 F \cdot 0,7}{F_1} = \frac{A_1 F (0,8 - 0,7)}{F_1} = \frac{0,1 A_1 F}{F_1}, \quad (194)$$

или в нашем примере:

$$x = \frac{0,1 \cdot 3000 \cdot 23}{92} = 75 \text{ т},$$

т. е. в результате экономия 10% потерь на отходах при очистке (если, конечно это мероприятие было достигнуто не в ущерб качеству) дала увеличение выхода на 75 т.

Пример 2. Сколько фабриката должно было поступить на склад при сушке очищенных яблок, если сдано было в производство 190 т сырья (A)? Среднее содержание сухих веществ в прошедших в результате систематического контроля партиях сырья — 12%, в партиях фабриката — 87%. Отходы при очистке составляли в среднем 15% (K).

Определяем соответственно поправочный коэффициент $K = 1 - 0,15 = 0,85$. Произведем подсчет по формуле (193):

$$C_1 = \frac{190 \cdot 12 \cdot 0,85}{87} = 22,27 \text{ т}.$$

При расчете затраты сырья по известному уже весу готовой продукции, а также основным качественным показателям сырья и фабриката поправочный коэффициент вводится в знаменатель формулы, а не в числитель, как мы это делали в вышеприведенных примерах.

Пример 3. Сколько должно было быть израсходовано на производство и завезено в хранилище предприятия столовой свеклы, если сушильный цех выпустил готовой продукции 200 т, отбракованной сушеной свеклы 2,2 т. Сырье свеклы содержало 17% сухих веществ, фабрикат—90%. Сырье хранилось в среднем 3 месяца, поступило на сырьевую площадку с общей засоренностью и отходами в 1%; отходы при очистке составляли в среднем 20%.

Сначала выясним, сколько сырья должно было поступить в подготовительное отделение сушильного цеха. Поправочный коэффициент на отходы при очистке свеклы составит 0,8. Поскольку на бракованную продукцию также было затрачено сырье, то количество брака прибавляем к количеству готовой продукции $200 + 2,2 = 202,2$ т.

$$A_1 = \frac{C_1 F_1}{FK} \quad (195)$$

$$A_1 = \frac{202,2 \cdot 90}{17 \cdot 0,8} = 1338,1 \text{ т.}$$

Теперь выясняем, сколько нужно было завезти свеклы на предприятие? По данным о хранении потери за 3 месяца составляют 7%. Таким образом общие потери при хранении составляют $7 \div 1 = 8\%$, или соответственный поправочный коэффициент, на который нужно будет увеличить исчисленное количество свеклы, будет 0,92:

$$A = \frac{202,2 \cdot 90}{17 \cdot 0,8 \cdot 0,92} = 1454,7 \text{ т,}$$

где A — количество сырья, доставленного на территорию завода.

Пример 4. Сколько было получено отходов мезги в тоннах при переработке картофеля, если за производственный сезон заводом высушено 800 т картофеля? Содержание сухих веществ в местном картофеле в среднем 24%, продукция поступала из цеха с содержанием сухих веществ 94%. Количество отходов при очистке принимаем 25%, т. е. собственно на сушку поступило лишь 75% от перерабатываемого сырья.

Для упрощения подсчета пользуемся формулой

$$\frac{C_1 F_1 \cdot 0,25}{F \cdot 0,75} \quad (196)$$

или, подставляя числовые значения согласно данным нашего примера, получаем:

$$\frac{800 \cdot 94 \cdot 0,25}{24 \cdot 0,75} = 1044,4 \text{ т,}$$

Пример 5. Установить содержание сухих веществ в процентах в подготовленном для сушки картофеле, идущем на выработку 603,15 кг сухих овощей при влагосодержании таковых 8% и количестве затраченного для высушивания сырья 2310,97 кг, пренебрегая потерями.

$$F = \frac{C_1 F_1}{A_1}, \text{ или } F = \frac{603,15 \cdot 92}{2310,97} = 24,01\%.$$

Приводим примерный расчет продуктов в сушильном цехе, применяемый в заводской практике, составленный Иванько Д. Т.

Допустим, что в течение 1-й смены сушильный цех принял и переработал 11 035 кг картофеля. Это количество сначала поступило на сортировку, в результате которой получилось:

1) пригодного на переработку (кондиционного)	10 700 кг
в том числе: крупного	9 700 "
среднего	860 "
мелкого	140 "
2) брака	277 "
3) неучтенных потерь	58 "

Брак в количестве 277 кг был передан в утильцех; следовательно, на мойку поступило 10 700 кг. Предположим, что загрязненность сырья 1,0%. Тогда на мойке будет удалено в виде грязи:

$$\frac{1 \cdot 10700}{100} = 107 \text{ кг.}$$

Поступит на механическую очистку:

$$10700 - 107 = 10\,593 \text{ кг.}$$

После механической очистки получится:

очищенного картофеля	8368 кг
отходов	2225 "

$$\frac{2225 - 100}{10593} \approx 21,0\%.$$

На ручную доочистку будет подано 8368 кг. После ручной доочистки получится:

очищенного картофеля	7785 кг
отходов	583 "

$$\frac{583 \cdot 100}{10593} \approx 5,50\%.$$

7785 кг поступит на резку, после которой получится:

резаного картофеля	7679 кг
отходов и потерь на промывке	106 "

$$\frac{106 \cdot 100}{10593} \approx 1,0\%.$$

Согласно данным химического анализа стружка резаного картофеля содержит:

воды	76,5%
сухих веществ	23,5%

Поэтому в виде 7679 кг стружки фактически введено:

$$\text{воды} = \frac{76,5 \cdot 7679}{100} = 5874 \text{ кг;}$$

$$\text{сухих веществ} = \frac{23,5 \cdot 7679}{100} = 1805 \text{ кг.}$$

По данным лаборатории потери на бланшировке составляют 2,0%. Следовательно, на бланшировке потеряно сухих веществ:

$$\frac{2 \cdot 10593}{100} = 212 \text{ кг.}$$

Осталось в стружке сухих веществ:

$$1805 - 212 = 1593 \text{ кг.}$$

По химическому анализу бланшированный картофель содержит 21,0% сухих веществ. Поэтому количество бланшированного картофеля будет равно:

$$\frac{1593 \cdot 100}{21} = 7586 \text{ кг.}$$

которые и поступят на сушку.

Расчетный выход продукта определяем по известной формуле:

$$C_1 = \frac{F \cdot A_1}{F_1},$$

где:

C_1 — расчетный выход продукта в кг;

A_1 — количество бланшированного картофеля, поступившего на сушку, в кг;

F — процент сухих веществ в бланшированном картофеле;

F_1 — процент сухих веществ в готовом продукте (в нашем случае 89%).

Подставляя в эту формулу данные, получим:

$$C_1 = 7586 \cdot \frac{21}{89} = \frac{159306}{89} = 1800 \text{ кг.}$$

Фактический выход продукта (обозначим его через R) равен 1683 кг. Следовательно неучтенные потери будут равны:

$$C_1 - R = 1800 - 1683 = 117 \text{ кг.}$$

что составляет по отношению к расчетному выходу:

$$\frac{117 \cdot 100}{1800} = 6,50\%,$$

или к затраченному сырью (мытому):

$$\frac{117 \cdot 100}{10593} = 1,10\%.$$

Расход сырья на 1 т готового продукта равен:

$$\frac{10700 \cdot 1000}{1683} = 6358 \text{ кг.}$$

Приводим таблицы 37, 38 и 39 количества отходов и потерь расхода плодовоовощного сырья на 1 т годовой продукции.

Таблица 37

Количество отходов и потерь по отдельным подготовительным процессам сушильного производства в результате пересмотра норм в мае 1936 г. на отраслевой конференции сушильного производства

Название сырья	Количество отходов по отдельным подготовительным процессам (в %)					
	Мойка	Корне- чистка	Ручная дочистка	Резка	Бланши- ровка	Всего отходов
Картофель	2	21,5	6	3	2,5	35
Свекла	2	12	2,7	0,3	2	19
Морковь	2	18	2,7	0,3	2	30
Капуста	—	—	15	—	—	15
Лук	—	—	14	—	—	14
Белый корень	2	14,5	3,2	0,3	—	20

Таблица 38

Расход сырья на тонну готовой продукции в результате пересмотра норм в мае 1936 г. на отраслевой конференции

Название продукции	Норма расхода сырья на 1 тон- ну готовой про- дукции (в т)	Количество сухих ве- ществ (в %)	
		в сырье	в готовой продукции
Картофель сушеный	6,3	22	88
Свекла сушеная бланширован.	8,1	13	85
„ свежая небланширован.	7,9	13	85
Морковь сушеная бланширован.	9,5	11	86
„ сушеная небланширован.	9,3	11	86
Белый корень сушеный	7,7	14	86
Капуста сушеная	12,5	8	85
Лук репчатый сушеный	6,8	14,5	86
Зелень сушеная	15,0	14,5	86

Нормы расхода сырья при сушке фруктов в тоннах:

Груша культурная	5,2
„ дичка	4,2
Яблоки культурные	7,0
„ дичка	4,5
Слива	4,5
Вишня	4,5

Таблица 39

Название фабrikата и содержание сухих веществ в сырье и фабрикате	Количество затрачиваемого сырья в пехе на единицу фабриката							Затрата единиц сырья на единицу фабриката A ₁
	Отходы, потери (в %)							
	сырья непригодного	засоренности	всего отходов при подготовке к сушке	% неопределенных потерь	Общий % потерь и отходов	Исправочный коэффициент		
Количество затрачиваемого сырья на единицу фабриката A ₁								
Яблоки (французской сушки) F-14, F ₁ -82 . . .	5,86	2,0	0,1	25	3,9	31	8,5	
Груши (очищенные) F-16, F ₁ -78	4,88	3,0	0,2	30	2,8	36	7,64	
Вишня без косточки F-14, F ₁ -76	5,43	3,0	0,2	12	5,8	21	6,87	
Вишня с косточкой F-14, F ₁ -76	3,88	3,0	0,2	1,0	2,8	7	4,17	
Слива без косточки F-16, F ₁ -76	4,75	4,0	0,3	12	5,7	22	6,09	
Слива с косточкой F ₁ -6	4,0	4,0	0,3	1,0	2,7	8	4,35	
Горошек зелен. F-20, F ₁ -88	4,4	5,0	—	—	3,0	8	4,78 и от 9 до 10 т гороха в стручках	

Затрата сырья на такие виды изделий, как сушеные абрикосы составляет на 1 т продукта 7 т (без косточки) и 5 т (с косточкой); по производству сушеного персика без косточки и кожицы 8—9 т сырья, с кожицей (но без косточки) 6—7 т. Расход машины на 1 т сушеной продукции составляет 4 т.

Расход сырья на 1 т сушеных овощей составляет: томатов—6, бобов—10, ревеня—8, капусты цветной—12, пера острого—3, брюквы и репы—10, сельдерея (корень)—9—10, петрушки 8—9 т.

Примерный расход топлива на тонну готовой продукции можем находить по формуле:

$$Q = \frac{540 W + A(100 - t)C}{7000 K \eta} m,$$

где:

- Q — расход условного топлива на тонну продукции;
 540 — количество тепла в *Кал*, затрачиваемого на испарение 1 кг воды;
 W — количество воды в кг, подлежащей испарению для получения 1 *т* сушеной продукции;
 A — количество сырья в *т*, загружаемого в аппарат для получения 1 *т* готовой продукции;
 100 — затрата тепла в *Кал* для подогрева высушиваемого сырья до температуры испарения;
 t — температура сырья, подлежащего высушиванию при настилке на сита;
 C — теплосъемность высушиваемого сырья;
 7000 — калорийность условного топлива;
 K — к. п. д. сушильного аппарата;
 η — к. п. д. котельной установки или топки.

Для примерного расчета примем следующие данные согласно ранее приведенным материалам (табл. 40).

Таблица 40

Наименование материала	A (в <i>т</i>)	C (в <i>Кал</i> .)	t (в $^{\circ}C$)	Примечание
Картофель	4,6	0,85	20	Бланшированный
Свекла	6,43	0,89	20	—
Морковь	7,4	0,89	20	—
Капуста	11,0	0,91	15	—
Лук	7,4	0,9	15	—
Груша	4,9	0,96	20	Бланшированная
Яблоки	6,8	0,96	15	—
Слива	4,0	0,9	20	Бланшированная
Вишня	3,9	0,88	15	—

Изучив работу парового хозяйства интересующего нас завода, а также найдя к. п. д. сушильной установки, производим необходимые подсчеты.

Интересующие нас коэффициенты в практике работы наших заводов могут быть приняты такими:

Таблица 41

Тип сушилки	K	η	$K\eta$
Пучинелли	0,5	0,8	0,4
„Даква канальная“	0,45	0,6	0,27
„Даква шкафная“	0,45	0,6	0,27
Огневые шкафные	0,4	0,70	0,28

Таким образом расход условного топлива для производства, например, 1 *т* сушеного картофеля в сушилке Пучинелли будет составлять:

$$Q = \frac{540 \cdot 3600 - 4600(100 - 20)0,85}{7000 \cdot 0,4} \approx 0,6 \text{ т.}$$

Вводя $K\eta = 0,27$, получим $Q = 1194 \text{ кг} \approx 1,2 \text{ т}$, т. е. находим норматив по топливу для сушильного завода, оборудованного «Даквой канальной».

При $K\eta = 0,28$, т. е. при работе огневых сушилок кустарного типа, расход условного топлива при производстве 1 *т* сушеного картофеля составит:

$$Q = \frac{540 \cdot 3600 - 4600(100 - 20)0,85}{7000 \cdot 0,28} = 0,8 \text{ т.}$$

В табл. 42 приведены нормы расхода условного топлива на 1 *т* сухих овощей в результате пересмотра норм в мае 1936 г. на отраслевой конференции плодоовощной промышленности.

Таблица 42

Наименование сушилки	Картофель	Капуста	Морковь	Свекла	Лук
	в килограммах				
Пучинелли на нефти	600	1650	1175	1070	930
„ „ „ твердом топливе „	740	2000	1450	1250	1140
Пучинелли на газовой смеси	520	1410	1010	875	800
Бено-Шильде	1050	2750	1950	1775	1700
„Даква канальная“	1120	3040	2220	1870	1700
Шкафная огневая	8000	2500	1860	1700	1550
Карусельная	910	2450	1860	1630	1500
„Даква шкафная“	1260	3490	1475	2110	1940

Примерный расчет затрат электроэнергии в *kW* на 1 *т* готовой продукции представлен в табл. 43.

Таблица 43

Наименование продукции	Пучи- нелли	„Даква каналь- ная“	„Даква шкаф- ная“	Огневая сушилка
	в kW			
Картофель	146	181	280	15
Свекла	267	353	560	15
Морковь	267	336	480	20
Капуста	401	480	763	5
Лук	401	480	763	5
Яблоки	341	358	567	10
Груша	211	254	424	6
Слива	207	230	373	—
Вишня	107	172	336	—

Примерный расчет воды и прочих материалов на 1 т готовой продукции приведен в табл. 44.

Таблица 44

Название продукции	Вода (в м³)	Соль по- варенная	Сера	Сода
		в килограммах		
Картофель 1)	55—60	50	—	—
Свекла	50—60	50	—	—
Морковь	50—60	50	—	—
Капуста	—	—	—	—
Лук	—	—	—	—
Горошек зеленый	15—20	—	—	—
Горох лопаточка	15—20	—	—	—
Яблоки очищенные отбеленные	до 25	20	17	—
Груша	15—20	20	15	—
Слива с косточками	20—25	—	—	8
Вишня	15—20	—	12	—
Абрикосы без косточек	15—20	—	9	4
Черешня белая с косточками	15—20	—	—	—

1) Без учета утилизации крахмала.

IV. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

1. ВИДЫ УТИЛИЗАЦИИ

Количество отходов в плодоовощной промышленности составляет для большинства видов производства до 20—25% от принятого в цех сырья.

Табл. 45 дает представление об основных видах отходов и их утилизации.

На второе место по значению в утилизации отходов сушильного производства нужно отнести силосование. Силосованию могут подвергаться все виды отходов, если не имеется более рациональных способов их использования в условиях данного производства. Силосованием называется заквашивание кормов для скота. Этот способ презервирования отходов основан на воздействии молочной кислоты, развивающейся в процессе брожения силосуемого сырья. Силосование кормов приобрело распространение лишь в течение последних 40—50 лет.

Уксуснокислое брожение является процессом аэробным, т. е. требующим для нормального протекания доступа кислорода. Процесс молочнокислого брожения является анаэробным, т. е. протекает без доступа кислорода. Поэтому при устройстве сооружений для силосования предусматривается устранение доступа воздуха извне и уменьшение его присутствия в среде сырья. Исходя из последнего соображения, обязательно производят измельчение силосуемого сырья и трамбование при загрузке.

Силосорезки бывают барабанные и дисковые. Однако для измельчения отходов на силос могут быть применены и обычные овощерезки. Величина измельчаемых частиц в 13 мм принята как наиболее удобная в целях плотной набивки силосуемого сырья. Оптимальная температура для протекания молочнокислого брожения 25—30° С. Образующаяся в количестве 1% молочная кислота является достаточной консервирующей нормой. Размножению и распространению микроорганизмов в среде силосуемого сырья способствует выделяющийся сок. По проф. Кингу при высоте слоя 6 м развиваемое давление на 1 см² равно 1,082 кг. Сооружения для силосования должны быть:

- 1) воздухопроницаемыми;
- 2) с гладкими стенами;
- 3) водонепроницаемыми;

Отходы	Место получения отходов	Утилизация	Основные процессы переработки
Загнившие фрукты, сильно червивые	Сортировка в хранилище или цехе	Силос	Силосование
Фрукты совершенно здоровые, но мелкие и деформированные	То же	Фруктовое пюре III сорта	Мойка, шпарка, протирание и консервирование
Подмороженный мелкий, деформированный картофель	" "	Крахмал	Мойка, измельчение, терка, промывание, отмучивание, промывание, осаживание, сушка, измельчение и просеивание
Здоровые, но мелкие деформированные морковь, петрушка, сельдерей	" "	Корм скоту в свежем виде и силос	—
Здоровые, но мелкие деформированные капуста, свекла	—	Квашение	Очистка, измельчение, добавление рассола к свекле, соли к капусте, ферментирование
Лук репчатый мелкий	Сортировка в хранилище или цехе	Посадочный материал	Хранение
Мезга картофельная, наружный покров и частицы тканей при выемке глазков	Механическая и ручная чистка	Крахмал и отходы от производства такого для корма скота	—
Наружный покров корнеплодов и капусты	То же	Корм скоту в свежем виде и силос	—
Наружный покров, семенная вырезанная камера яблок, груш	" "	Сырье для получения пектиновых препаратов; кожица также может быть использована для чае - кофейных суррогатов	Для получения исходного материала для производства пектиновых препаратов — сушка отходов

Отходы	Место получения отходов	Утилизация	Основные процессы переработки
Косточки, семена фруктов Семена тыквы	Измельчение —	Растительные масла Семена для посева и потребления	— Промывка, просушка при температуре в зависимости от назначения продукции
Крахмал и картофель	Измельчение	Крахмал	Только промывка, отмучивание, осаждение, сушка, измельчение, просеивание
Измельченные бланшированные и небланшированные плоды Мелочь, отходы фабриката (менее 0,5 см и порошкообразная)	Просыпающиеся на пол при настилке сит и переноске внутри цеха Сортировка фабриката, упаковки и прочие процессы	Корм скоту Картофель на муку картофельную, прочие овощи на корм скоту, сухие фрукты — для чае-кофейных суррогатов	—
Брак сухих овощей кроме картофеля и моркови	То же	Корм скоту	—
Брак сушеной моркови	" "	Чае-кофейные суррогаты	Пересушка, обжарка
Брак сушеного картофеля	" "	Картофельная мука разных сортов	Пересушка, размол, просеивание
Брак сухих фруктов	" "	Чае-кофейные суррогаты	Пересушка, обжарка

- 4) достаточно высокими для создания давления;
- 5) круглой цилиндрической формы;
- 6) нетеплопроводными.

Мелкие частицы сушеных яблок, а также пересушенные фрукты почти всех видов могут быть использованы как полуфабрикат для чае-кофейных суррогатов. Однако суррогатная промышленность, имеющая большой масштаб работы, предпочитает сухие фрукты, лишь равномерно измельченные, ибо при проведении одного из самых важных процессов — обжарки сырья — при неравномерности измельчения происходило бы сгорание черес-

чур мелких частиц. Пригодными являются сушеная кожура и сердцевина яблок. Особо ценны виноградные косточки и ядра абрикосовых косточек.

Семена слив используются в масложировой промышленности как материал для получения масел. Семена должны подвергаться тщательной мойке после отделения от мякоти и просушиваться.

Содержание жиров в ядре косточек слив достигает 42%. Косточки вишен и черешен, промытые и просушенные при 20—30° С, используются как посевной материал для питомников, т. е. рассадников плодовых деревьев.

2. КРАХМАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Получение крахмала из отходов картофеля является самым рациональным видом утилизации отходов овощесушильного производства.

При производительности завода в 10 т сырья в сутки количество отходов составит 2400 кг мезги. Если среднее содержание крахмала в картофеле 16%, то подлежит извлечению:

$$\frac{2400 \cdot 16}{100} = 384 \text{ кг (абсолютно сухого), или же крахмала стандартной влажности, т. е. 20\%, будем иметь: } \frac{384 \cdot 100}{80} = 480 \text{ кг.}$$

Учитывая производственные потери в размере 20% крахмала, получим: $480 \cdot 0,80 = 384$ кг крахмала.

Выход сушеной продукции из 10 т картофеля указанного качества 1,8 т, т. е. при выработке тонны сушеного картофеля следует в порядке утилизации отходов получать: $\frac{0,38 \cdot 1}{1,8} = 0,21 \text{ т.}$

крахмала.

Производство крахмала сводится к следующим процессам:

- 1) мойка картофеля;
- 2) измельчение картофеля;
- 3) вымывание крахмала из картофельной мезги;
- 4) отстаивание крахмального молока;
- 5) получение сырого крахмала;
- 6) высушивание и получение сухого крахмала.

При работе центрифуг для чистки картофеля кожица с прилегающей к ней тканью отрывается в виде целых комплексов клеток, большая часть которых остается с ненарушенным строением. Таким образом вымывание крахмальных зерен из клеток при проведении последующего процесса не давало бы ожидаемого эффекта.

Этим и объясняется большое недополучение крахмала из отходов на заводах, перерабатывающих отходы без дополнительного измельчения.

Для правильного измельчения тканей картофеля и разрыва их клеток устанавливаются специальные машины — терки. Эти ма-

шины не должны растирать стенки клеток, ибо части их впоследствии трудно отделимы на ситах. Наибольшим распространением пользуются терки Компаунд.

Терочная машина работает следующим образом (рис. 71). Рабочая поверхность барабана *A* составлена из пилок, набранных в барабан попеременно с железными или стальными прокладками. Зубцы пил выступают не более как на 1 мм над поверхностью барабана. Целый мытый картофель или кашецеобразная масса отходов падает в приемник *B*, где под воздействием собственного веса и башмака *в*, регулируемого маховичком *D* с винтиком *с*, изрезается пилочками барабана и падает в приемник *C*. Для лучшего отделения от пилок измельчаемой массы барабан непрерывно оmyвается водой. В табл. 46 приведена примерная производительность терочных машин и зависимости от технической характеристики их.

Таблица 46

Суточная производитель- ность картофеля (в кг)	Барабаны			Производитель- ность на 10 мм длины пилок барабана в час (в кг)
	Диаметр (в мм)	Длина (в мм)	Количество об/мин.	
30 000	390	230	1 500	54
72 000	475	250	1 400	120
108 000	550	300	1 200	150
168 000	650	350	1 100	200

Терочный барабан совершает до 100 об/мин.

Следующим процессом является отделение (отмывание) крахмала от мезги. Промывные аппараты представляют собой станки с двумя корпусами цилиндров, размещенными один под другим. Нижние части цилиндров представляют собой густую сетку, натянутую на специальную дугообразную раму. Внутри цилиндров проходят валы с закрепленными на них щетками (рис. 72). Валы делают 50—60 об/мин. Щетки, установленные под некоторым углом к валу, при вращении последнего не только очищают внутреннюю поверхность сетки от мезги, но и подвигают ее вдоль аппарата к выходному отверстию. Отсюда после первой промывки в нижнем цилиндре мезга поступает во второй цилиндр — верхний. К верхнему корпусу цилиндра непрерывно подается чистая вода, увлекающая крахмальные зерна через сетку. Слабо концентрированное крахмальное молоко, увлекая также крахмал из мезги нижнего цилиндра, достигает плотности 2%, что соответствует 3,44% сухого крахмала.

Из-под нижнего цилиндра молоко направляется для отделения от воды мелких частиц клеток или других илстых примесей. Промытая же мезга отводится в сборник, откуда поступает на корм скоту. Примерная производительность двойного промыв-

ного аппарата такова: каждый погонный метр аппарата при 650 мм в диаметре соответствует переработке 1000 кг сырого картофаля в час.

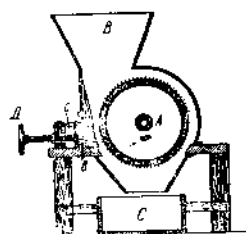


Рис. 71. Поперечный разрез терочного барабана

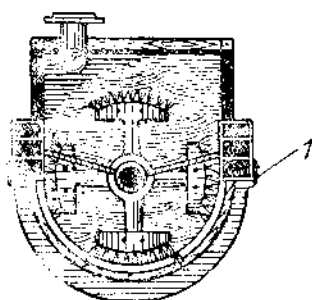


Рис. 72. Полуцилиндрическое щеточное сито
1 — поперечный разрез; 2 — щеточные била

В табл. 47 дана нумерация медной и шелковой сеток для сит (однако для промывных аппаратов более практично применять не плетеную сетку, а пробивную медную). Сетка для промывных аппаратов соответствует номерам, имеющим от 15,4 до 29,0 нитей на 1 см².

Таблица 47

№ шелкового сита	№ проволочного сита	Ячей в сто- роне квад- рата (в мм)	Количество нитей 1 см ²
—	50	0,60	11,5
—	70	0,50	15,4
—	85	0,40	19,2
3	100	0,30	23,8
4	110	0,29	24,5
5	115	0,28	26,0
6	130	0,25	29,0
7	145	0,21	32,5
8	150	0,19	34,0
9	170	0,17	38,5
10	190	0,15	43,0
11	200	0,14	46,0
12	215	0,13	49,0
13	225	0,12	51,0
14	—	0,11	54,0
15	—	0,10	57,5
16	—	0,09	61,0
17	—	0,08	64,0
18	—	0,07	66,0

На специальных крахмальных заводах собранная мезга из промывного аппарата направляется на повторную перетирку для пол-

ного измельчения клеток. Это мероприятие повышает процент выхода крахмала. Крахмальное же молоко для рафинирования стекает на плоское сито, имеющее возвратно-поступательное сотрясательное движение. Здесь мелкие волокна мезги, протертые в цилиндрических ситах щетками, скатываются благодаря встряхиваниям.

Однако в крахмальном молоке остаются все же белковые вещества, разжиженный водой клеточный сок и прочие вещества, сообщающие продукту грязноватый оттенок. Окончательная очистка крахмала производится в результате многократного отмучивания и повторного отстаивания в чистой воде. Крахмальные зерна, имея свойство не растворяться в холодной воде, оседают из крахмального молока при высоте чана 1,5 м в течение 6—8 час. На дно выпадают наиболее тяжелые частицы, как-то: песок, крахмал и, наконец, прочие органические вещества. Отстаивание производится или в цементированных или в деревянных резервуарах до 1 м глубиной, или же в широких, плоских желобах. По вертикальной линии стены отстойника делаются краны для постепенного спуска воды после оседания крахмала. Для более полного выхода крахмала такая вода снова может направляться по системе отстойников. Осевший крахмал лопатой вынимается из отстойников и сортируется в зависимости от степени чистоты. Для повторного отмучивания в воде применяются механизированные мешалки, после чего молоко снова направляется для отстаивания.

Процесс отделения крахмала указанным путем достаточно длителен. Для ускорения его применяются специальные центрофуги, в которых под воздействием развивающейся центробежной силы благодаря различному удельному весу веществ, входящих в состав крахмального молока, происходит очистка крахмала.

Выделенный указанным способом крахмал, или так называемый сырой крахмал, содержит еще значительное количество влаги. Так, после центрифугирования в крахмале содержится 37—40% влаги. Такая продукция сбывается для выработки из нее патоки. Крахмал же, поступающий на рынок, должен содержать 20% влаги.

До указанной нормы влажности крахмал доводится сушкой. Этот процесс должен протекать при 45—50° С.

Для сушки крахмала употребляются полотняные сита. В процессе сушки крахмал следует перемешивать, ибо нижняя часть слоя и более или менее крупные комки сохнут значительно медленнее. На 1 м² поверхности сит настилают от 3 до 4 кг сырого крахмала.

Следует рекомендовать установку в утильцехе специального сушильного аппарата необходимой производительности.

Высушенный крахмал состоит из небольших комочков неправильной формы в смеси с порошком. При помощи специальных

машин (напоминающих собой мельничные приспособления) сухой крахмал измельчается до состояния порошка и просевается сквозь тонкое сито.

Согласно общесоюзному стандарту различают по ряду признаков четыре сорта картофельного крахмала: экстра, прима, сорт I и сорт II.

Химический состав сухого крахмала согласно многочисленным анализам Союзкартофеля таков:

Влажность	от 15,5 до 19,49, среднее 17,7
Зольность на сухие вещества	" 0,42 " 1,23 " 0,7
Кислотность	" 10,51 " 29,56 " 25,0

Кислотность выражена числом см³ N/10 раствора едкого натра, пошедшего на нейтрализацию 100 г сухого крахмала при титровании с фенолфталеином.

Приводим в табл. 48 расчеты выходов 50 и 20%-ного крахмала трех сортов, получающихся из 100 весовых единиц картофеля или его отходов при чистке.

Таблица 48

Показание картофельных весов	I		II		III		IV	
	Отличная работа крахмального цеха		Хорошая работа крахмального цеха		Средняя работа крахмального цеха		Плохая работа крахмального цеха	
	50%-ный	20%-ный	50%-ный	20%-ный	50%-ный	20%-ный	50%-ный	20%-ный
12	18	11,25	16,5	10,30	14	8,75	9	5,65
13	20	12,50	18,5	11,55	16	10,00	11	6,90
14	22	13,75	20,5	12,85	18	11,25	13	8,15
15	24	15,00	22,5	13,10	20	12,50	15	9,40
6	26	16,25	24,5	14,35	22	13,75	17	10,55
17	28	17,50	26,5	16,60	24	15,00	19	11,80
18	30	18,75	28,5	16,85	26	16,25	21	13,05
19	32	20,00	30,5	18,10	28	17,50	23	14,30
20	34	21,25	32,5	19,35	30	18,75	25	15,55
21	36	22,50	34,5	20,60	32	20,00	27	16,80
22	38	23,75	36,5	21,85	34	21,25	29	18,05
23	40	25,00	38,5	23,10	36	22,50	31	19,30
24	42	26,25	40,5	24,35	38	23,75	33	20,55
25	44	27,50	42,5	25,60	40	25,00	35	21,80
26	46	28,75	44,5	26,85	42	26,25	37	23,05

При работе сушильного цеха в резервуарах, куда попадает измельченный картофель из-под резки, происходит осаждение крахмала. В указанных резервуарах с водой для большего удобства оперирования с осаждающимся крахмалом устраивают ложное дно из сетки, через которое не проходят частицы картофеля, но проходит, осаждаясь, крахмал. Собираемый из-под резки крахмал направляется непосредственно на осаждение и далее на сушку.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Влажность воздуха при нормальном давлении и различных температурах

Таблица I

Температура (в °C)	Содержание влаги в 1 м³ воздуха (в кг)	Содержание влаги в 1 м³ воздуха (в кг)	Температура (в °C)	Содержание влаги в 1 м³ воздуха (в кг)	Содержание влаги в 1 м³ воздуха (в кг)	Температура (в °C)	Содержание влаги в 1 м³ воздуха (в кг)	Содержание влаги в 1 м³ воздуха (в кг)
-30	0,0044	0,00030	- 2	0,0042	0,0032	25	0,0229	0,0195
-28	0,0052	0,00036	0	0,0049	0,0038	26	0,0242	0,0207
-26	0,0063	0,00044	2	0,0056	0,0043	28	0,0270	0,0234
-25	0,0067	0,00047	4	0,0061	0,0051	30	0,0301	0,0263
-24	0,0071	0,00050	5	0,0068	0,0054	32	0,0335	0,0295
-22	0,0086	0,00061	6	0,0073	0,0057	34	0,0373	0,0331
-20	0,0011	0,0008	8	0,0083	0,0066	35	0,0393	0,0350
-18	0,0013	0,0009	10	0,0094	0,0075	36	0,0414	0,0370
-17	0,0015	0,0011	12	0,0106	0,0086	38	0,0459	0,0414
-15	0,0016	0,0012	14	0,0120	0,0098	40	0,0508	0,0463
-14	0,0017	0,0013	15	0,0128	0,0105	42	0,0561	0,0516
-12	0,0020	0,0015	16	0,0136	0,0112	44	0,0619	0,0575
-10	0,0023	0,0017	18	0,0153	0,0127	45	0,0650	0,0607
- 8	0,0027	0,0020	20	0,0172	0,0144	46	0,0681	0,0638
- 6	0,0031	0,0024	22	0,0193	0,0163	48	0,0749	0,0711
- 5	0,0034	0,0026	24	0,0216	0,0184	50	0,0823	0,0789
- 4	0,0036	0,0028						

Парциальное давление водяного пара во влажном воздухе P_n кг/м², $B=745$ мм рт. ст.

$\varphi\%$ / $t^\circ\text{C}$		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	$\varphi\%$ / $t^\circ\text{C}$
-15	-15	16,85	15,17	13,48	11,80	10,11	8,43	6,74	5,06	3,37	1,69	0,84	-15
-10	-10	26,50	23,85	21,20	18,55	15,90	13,25	10,60	7,95	5,30	2,65	1,33	-10
-5	-5	40,91	36,82	32,73	28,64	24,55	20,46	16,36	12,27	8,18	4,09	2,05	-5
0	0	62,26	56,04	49,81	43,59	37,36	31,14	24,91	18,68	12,46	6,23	3,11	0
5	5	88,96	80,07	71,17	62,28	53,39	44,49	35,59	26,70	17,80	8,89	4,45	5
10	10	125,20	112,69	100,17	87,66	75,14	62,62	50,10	37,58	25,05	12,53	6,26	10
15	15	173,86	156,49	139,11	121,73	104,35	86,96	69,58	52,19	34,79	17,40	8,70	15
20	20	238,40	214,58	190,76	166,93	143,10	119,26	95,42	71,57	47,72	23,86	11,93	20
25	25	322,98	290,72	258,45	226,17	193,89	161,59	129,29	96,98	64,66	32,33	16,17	25
30	30	432,67	389,46	346,24	303,01	259,77	216,51	173,23	129,94	86,64	43,33	21,67	30
35	35	573,40	516,16	458,90	401,61	344,31	286,98	229,63	172,25	114,86	57,44	28,72	35
40	40	752,18	677,12	602,03	526,90	451,74	376,54	301,31	226,03	150,73	75,38	37,69	40
45	45	977,30	879,82	782,29	684,70	587,05	489,35	391,59	293,78	195,91	97,98	49,00	45
50	50	1257,70	1132,32	1006,86	881,31	755,67	629,94	504,13	378,23	252,24	126,16	63,09	50
55	55	1604,80	1444,92	1284,91	1124,76	964,48	804,07	643,52	482,84	322,03	161,08	80,56	55
60	60	2030,90	1828,71	1626,32	1423,73	1220,94	1017,95	814,76	611,38	407,78	203,99	102,02	60
65	65	2549,80	2296,14	2042,19	1787,96	1533,42	1278,59	1023,46	768,04	512,32	256,31	128,19	65
70	70	3177,10	2861,31	2545,06	2228,43	1911,36	1593,88	1275,96	957,61	638,84	319,63	159,87	70
75	75	3930,60	3540,26	3149,28	2757,78	2365,62	1972,85	1579,51	1185,55	790,98	395,79	197,97	75
80	80	4828,00	4349,15	3869,34	3388,72	2907,27	2424,91	1941,67	1457,58	972,60	486,74	243,48	80
85	85	5895,10	5310,81	4725,52	4139,08	3551,43	2962,52	2372,43	1781,14	1188,64	594,93	297,62	85
90	90	7148,00	6440,82	5731,87	5021,26	4308,98	3595,04	2879,40	2162,12	1443,72	722,41	361,42	90
95	95	8620,00	7768,43	6914,60	6058,50	5199,85	4339,11	3476,02	2610,54	1742,71	872,55	436,57	95
99,4	99,4	10128,00	9129,48	8127,36	7122,53	6114,63	5103,47	4089,15	3071,66	2050,98	1027,10	513,95	99,4
100	100	10128,00	9128,41	8126,20	7121,01	6112,82	5101,51	4087,21	3069,98	2049,71	1026,38	513,57	100
110	110	10128,00	9127,04	8123,57	7117,58	6108,70	5097,35	4083,21	3066,50	2047,03	1024,87	512,77	110
120	120	10128,00	9125,74	8121,42	7114,59	6105,20	5093,69	4079,99	3063,41	2044,67	1023,54	512,07	120

Продолжение табл. II

φ°	φ°	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	φ°
$t^\circ C$	$t^\circ C$												$t^\circ C$
130	130	10128,00	9124,50	8119,38	7111,76	6102,26	5090,48	4076,61	3060,68	2042,60	1022,37	511,46	130
140	140	10128,00	9123,75	8117,45	7109,59	6099,48	5087,71	4073,94	3058,37	2040,82	1021,37	510,92	140
150	150	10128,00	9122,99	8115,85	7107,41	6097,07	5085,20	4071,53	3056,25	2039,20	1020,46	510,44	150
160	160	10128,00	9121,90	8114,41	7105,69	6095,08	5083,06	4069,51	3054,43	2037,82	1019,68	510,03	160
170	170	10128,00	9121,27	8113,35	7104,05	6093,18	5081,14	4067,67	3052,83	2036,59	1018,99	509,67	170
180	180	10128,00	9120,65	8112,33	7102,71	6091,72	5079,55	4066,14	3051,43	2035,57	1018,41	509,36	180
190	190	10128,00	9120,07	8111,36	7101,44	6090,32	5078,03	4064,68	3051,18	2034,59	1017,85	509,07	190
200	200	10128,00	9119,88	8110,44	7100,22	6088,98	5076,69	4063,35	3049,07	2033,73	1017,38	508,82	200
210	210	10128,00	9119,34	8109,84	7099,27	6087,86	5075,52	4062,23	3048,09	2032,98	1016,96	508,59	210
220	220	10128,00	9118,86	8109,05	7098,45	6086,89	5074,51	4061,26	3047,24	2032,33	1016,59	508,40	220
230	230	10128,00	9118,71	8108,50	7097,58	6086,01	5073,54	4060,36	3046,41	2031,71	1016,24	508,22	230
240	240	10128,00	9118,22	8107,97	7096,94	6085,16	5072,71	4059,57	3045,73	2031,18	1015,94	508,06	240
250	250	10128,00	9118,09	8107,46	7096,34	6084,35	5071,92	4058,81	3045,07	2030,67	1015,66	507,91	250
260	260	10128,00	9117,66	8107,04	7095,64	6083,82	5071,26	4058,17	3044,49	2030,25	1015,42	507,78	260
270	270	10128,00	9117,43	8106,57	7095,08	6083,20	5070,62	4057,53	3043,95	2029,84	1015,19	507,66	270
280	280	10128,00	9117,04	8106,12	7094,73	6082,62	5070,01	4056,97	3043,44	2029,46	1014,97	507,54	280
290	290	10128,00	9117,04	8105,99	7094,28	6082,14	5069,51	4056,45	3043,02	2029,13	1014,79	507,45	290
300	300	10128,00	9116,94	8105,56	7093,78	6081,59	5069,04	4056,01	3042,64	2028,83	1014,62	507,36	300
350	350	10128,00	9116,40	8104,51	7092,39	6080,02	5067,32	4054,39	3041,19	2027,73	1014,00	507,03	350
400	400	10128,00	9116,00	8103,80	7091,44	6078,92	5066,18	4053,30	3040,24	2027,00	1013,50	506,81	400
450	450	10128,00	9115,72	8103,32	7090,80	6078,20	5065,43	4052,57	3039,60	2026,52	1013,31	506,67	450
500	500	10128,00	9115,53	8102,99	7090,38	6077,71	5064,91	4052,08	3039,17	2026,19	1013,13	506,57	500
550	550	10128,00	9115,43	8102,77	7090,11	6077,39	5064,59	4051,77	3038,90	2025,98	1013,01	506,51	550
600	600	10128,00	9115,35	8102,64	7089,92	6077,18	5064,37	4051,56	3038,72	2025,84	1012,93	506,47	600
650	650	10128,00	9115,28	8102,51	7089,75	6077,00	5064,18	4051,37	3038,55	2025,71	1012,86	506,43	650
700	700	10128,00	9115,23	8102,43	7089,66	6076,88	5064,06	4051,25	3038,45	2025,64	1012,82	506,41	700
750	750	10128,00	9115,19	8102,37	7089,56	6076,78	5063,95	4051,15	3038,36	2025,57	1012,78	506,39	750
800	800	10128,00	9115,17	8102,33	7089,52	6076,72	5063,90	4051,10	3038,23	2025,54	1012,76	506,38	800

$\varphi\%$ °C	$\varphi\%$										°C
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
-15	587,50	587,50	587,50	587,50	587,50	587,50	587,50	587,50	587,50	587,50	587,50
-10	590,00	590,00	590,00	590,00	590,00	590,00	590,00	590,00	590,00	590,00	590,00
-5	592,50	592,50	592,50	592,50	592,50	592,50	592,50	592,50	592,50	592,50	592,50
0	596,80	596,80	596,81	596,81	596,83	596,83	596,84	596,85	596,85	596,86	596,86
5	599,07	599,07	599,08	599,09	599,10	599,11	599,12	599,13	599,14	599,15	599,15
10	601,30	601,34	602,35	601,37	601,38	601,39	601,40	601,41	601,42	601,43	601,44
15	603,60	603,61	603,62	603,63	603,65	603,66	603,68	603,69	603,71	603,72	603,73
20	605,80	605,86	605,88	605,90	605,92	605,94	605,95	605,97	605,98	606,00	606,01
25	608,10	608,11	608,14	608,16	608,18	608,20	608,22	608,25	608,27	608,29	608,30
30	610,20	610,36	610,38	610,41	610,44	610,47	610,49	610,52	610,54	610,58	610,58
35	612,50	612,59	612,63	612,66	612,69	612,72	612,76	612,79	612,82	612,85	612,87
40	614,80	614,82	614,86	614,90	614,94	614,98	615,02	615,06	615,09	615,13	615,15
45	617,00	617,04	617,07	617,13	617,18	617,23	617,27	617,32	617,37	617,41	617,44
50	619,20	619,24	619,30	619,35	619,41	619,46	619,52	619,58	619,63	619,69	619,72
55	621,30	621,42	621,49	621,56	621,63	621,70	621,76	621,83	621,90	621,97	622,00
60	623,50	623,59	623,68	623,76	623,84	623,92	624,00	624,08	624,16	624,24	624,28
65	625,60	625,74	625,84	625,94	626,03	626,13	626,23	626,32	626,42	626,51	626,56
70	627,70	627,88	627,99	628,11	628,22	628,33	628,45	628,56	628,67	628,78	628,84
75	629,80	629,99	630,12	630,26	630,39	630,52	630,65	630,79	630,92	631,05	631,12
80	631,90	632,07	632,23	632,39	632,54	632,70	632,85	633,01	633,16	633,32	633,39
85	633,90	634,13	634,31	634,49	634,68	634,86	635,04	635,22	635,40	635,58	635,67
90	635,90	636,16	636,37	636,58	636,79	637,00	637,21	637,42	637,63	637,84	637,94
95	637,90	638,15	638,40	638,64	638,89	639,13	639,37	639,61	639,85	640,09	640,22
99,4	639,59	639,87	640,15	640,43	640,71	640,98	641,26	641,53	641,80	642,08	642,21
100	639,88	640,16	640,44	640,71	640,99	641,26	641,54	641,81	642,08	642,35	642,48
110	644,69	644,95	645,20	645,45	645,70	645,95	646,20	646,45	646,70	646,95	647,07
120	649,47	649,70	649,93	650,18	650,39	650,62	650,85	651,08	651,31	651,54	651,65

Продолжение табл. III													
$\varphi\%$ / $t^{\circ}\text{C}$		100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	$\varphi\%$ / $t^{\circ}\text{C}$
130	654,21	654,43	654,64	654,85	655,07	655,28	655,49	655,70	655,91	656,12	656,23	130	
140	658,94	659,14	659,34	659,53	659,73	659,93	660,12	660,32	660,51	660,71	660,81	140	
150	663,65	663,84	664,02	664,20	664,39	664,57	664,75	664,93	665,12	665,30	665,39	150	
160	668,35	668,52	668,69	668,87	669,04	669,21	669,38	669,55	669,72	669,89	669,98	160	
170	673,05	673,21	673,37	673,53	673,69	673,85	674,01	674,16	674,33	674,48	674,56	170	
180	677,73	677,88	678,03	678,18	678,33	678,48	678,63	678,78	678,93	679,08	679,16	180	
190	682,42	682,56	682,70	682,84	682,98	683,13	683,27	683,41	683,55	683,69	683,76	190	
200	687,11	687,24	687,37	687,51	687,64	687,77	687,91	688,04	688,17	688,31	688,37	200	
210	691,69	691,81	691,94	692,06	692,19	692,31	692,44	692,57	692,69	692,82	692,88	210	
220	696,49	696,61	696,73	696,85	696,96	697,08	697,20	697,32	697,44	697,56	697,62	220	
230	701,19	701,30	701,41	701,52	701,64	701,75	701,86	701,97	702,09	702,20	702,26	230	
240	705,89	706,00	706,10	706,21	706,32	706,42	706,53	706,64	706,74	706,85	706,91	240	
250	710,60	710,70	710,80	710,91	711,01	711,11	711,21	711,31	711,41	711,52	711,57	250	
260	715,32	715,42	715,51	715,61	715,71	715,80	715,90	716,00	716,09	716,19	716,24	260	
270	720,05	720,14	720,23	720,32	720,42	720,51	720,60	720,69	720,78	720,88	720,92	270	
280	724,79	724,88	724,96	725,05	725,14	725,22	725,31	725,40	725,49	725,58	725,62	280	
290	729,54	729,62	729,70	729,79	729,87	729,95	730,04	730,12	730,20	730,29	730,33	290	
300	734,30	734,38	734,46	734,54	734,62	734,69	734,77	734,85	734,93	735,02	735,06	300	
350	758,28	758,35	758,41	758,47	758,54	758,60	758,66	758,73	758,79	758,86	758,89	350	
400	782,61	782,66	782,71	782,76	782,82	782,87	782,92	782,97	783,02	783,08	783,10	400	
450	807,32	807,60	807,40	807,44	807,48	807,53	807,57	807,61	807,65	807,69	807,72	450	
500	832,42	832,49	832,49	832,52	832,56	832,59	832,68	832,70	832,73	832,75	832,75	500	
550	857,95	862,46	858,00	858,03	858,06	858,09	858,12	858,14	858,17	858,20	858,21	550	
600	883,90	883,93	883,95	883,97	884,00	884,02	884,04	884,06	884,09	884,11	884,12	600	
650	910,30	910,32	910,34	910,36	910,38	910,39	910,41	910,43	910,45	910,47	910,48	650	
700	937,15	939,16	937,18	937,19	937,21	937,22	937,23	937,25	937,26	937,28	937,29	700	
750	964,45	964,46	964,47	964,48	964,49	964,51	964,52	964,53	964,54	964,55	964,55	750	
800	992,21	992,22	992,23	992,24	992,24	992,25	992,26	992,27	992,28	992,28	992,29	800	

Психрометрическая таблица для воздуха, движущегося со скоростью до 0,5 м/сек

Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C											Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C															
	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10		+12	+14	+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30	+32	+34	+36	+38	+40	
0	85	87	89	91	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,1	81	83	86	87	89	97	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	0,2	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99
0,2	76	80	82	84	86	95	95	96	96	96	96	96	96	97	97	97	0,4	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97
0,3	72	76	79	81	84	92	93	94	94	95	95	95	95	96	96	96	0,6	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95
0,4	67	72	75	78	81	89	90	91	92	93	94	94	95	95	95	96	0,8	91	92	93	93	93	93	94	94	94	94	94
0,5	63	68	72	75	78	87	88	89	90	91	92	92	93	93	94	94	1,0	89	90	91	91	92	92	93	93	93	93	93
0,6	58	64	68	72	75	84	86	87	88	89	90	91	92	92	93	93	1,2	87	88	89	89	90	90	91	91	91	92	92
0,7	54	60	65	69	73	81	83	85	86	88	89	90	91	92	92	92	1,4	85	86	87	88	88	89	89	90	90	90	91
0,8	49	56	61	66	70	78	81	83	84	86	87	88	89	90	90	91	1,6	83	84	84	86	87	88	88	89	89	89	90
0,9	45	52	58	63	67	76	79	81	82	84	85	86	87	88	89	90	1,8	81	82	83	84	85	86	86	87	87	87	88
1,0	40	48	55	60	65	73	76	78	80	82	84	85	86	87	88	89	2,0	79	80	82	83	83	84	85	85	86	86	87
1,1	36	44	51	57	62	70	73	76	78	80	82	83	85	86	87	88	2,2	77	79	80	81	82	83	83	84	85	85	86
1,2	32	40	48	54	59	68	71	74	76	78	80	82	83	85	86	87	2,4	75	77	78	79	80	81	82	83	83	84	84
1,3	28	36	44	51	56	65	69	72	74	77	79	80	82	83	84	86	2,6	73	75	76	77	79	80	81	82	83	83	84
1,4	24	32	41	48	54	63	66	70	73	75	77	79	81	82	83	84	2,8	71	73	74	76	77	79	80	81	82	83	83
1,5	20	28	37	45	51	60	64	68	71	73	76	78	79	80	82	83	3,0	69	71	73	74	75	77	78	79	80	81	81
1,6	16	24	33	41	48	57	62	65	69	72	74	76	78	79	81	82	3,2	67	69	71	73	74	75	76	77	78	79	80
1,7	12	20	29	37	45	55	59	63	67	70	72	75	77	78	80	81	3,4	65	67	69	71	72	74	75	76	77	78	79
1,8	8	16	25	33	41	51	55	59	63	66	69	72	74	76	77	79	3,6	63	66	68	69	71	72	73	74	75	76	77
1,9	4	12	21	29	37	47	51	55	59	63	66	69	72	74	76	78	3,8	62	64	66	68	69	71	72	73	74	75	76
2,0	0	8	17	25	33	43	47	51	55	59	63	66	69	72	74	76	4,0	60	62	64	66	68	69	71	72	73	74	75
2,1	0	4	13	21	29	39	43	47	51	55	59	63	66	69	72	74	4,2	58	60	62	65	67	68	70	71	72	73	74
2,2	0	0	10	18	26	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	4,4	56	58	61	64	65	67	68	69	70	71	72
2,3	0	0	6	14	22	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	4,6	54	57	60	62	64	65	67	68	69	70	71
2,4	0	0	2	10	18	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	4,8	52	55	58	60	62	64	65	67	68	69	70
2,5	0	0	0	8	16	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	5,0	50	53	56	58	60	62	64	65	67	68	69
2,6	0	0	0	4	12	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62												

Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C													Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C															
	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14		+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30	+32	+34	+36	+38	+40			
2,7								42	48	52	57	60	63	66	68	70	5,2	49	51	54	57	59	61	62	64	66	64	63	65	66
2,8								40	46	51	55	59	62	65	67	69	5,4	46	49	52	55	58	60	61	63	65	64	63	65	66
2,9								38	44	49	54	57	61	64	66	68	5,6	45	48	51	54	56	58	60	62	64	63	62	64	65
3,0								42	47	52	56	59	62	65	67		5,8	43	46	49	52	54	57	59	60	61	60	61	63	63
3,1								40	46	50	54	58	61	64	66		6,0	41	45	48	51	53	55	57	59	62	61	59	62	63
3,2								38	44	49	53	57	60	63	65		6,2	39	43	46	49	51	54	56	58	61	58	59	62	63
3,3								42	47	52	55	59	62	64		6,4	37	41	45	47	50	53	55	57	59	60	58	59	62	63
3,4								41	46	50	54	58	60	63		6,6	—	40	43	46	49	51	53	55	57	59	56	56	59	60
3,5								39	44	49	53	56	59	62		6,8	—	38	41	44	47	50	52	54	56	58	55	55	58	59
3,6								43	47	52	55	58	61		7,0	—	—	40	43	46	49	51	53	55	57	59	56	56	59	60
3,7								41	46	50	54	57	60		7,2	—	—	38	41	45	48	49	51	53	55	57	54	54	57	58
3,8								40	45	49	53	56	59		7,4	—	—	40	43	47	48	51	53	55	57	59	52	52	55	56
3,9								38	43	48	52	55	58		7,6	—	—	39	42	45	47	50	53	55	57	59	51	51	54	55
4,0								42	46	50	54	57		7,8	—	—	—	40	44	46	48	49	52	54	56	58	50	50	53	54
4,2								39	44	48	52	55		8,0	—	—	—	39	42	45	47	48	51	53	55	57	48	48	51	52
4,4								41	46	49	53			8,2	—	—	—	—	41	43	46	47	48	51	53	55	47	47	50	51
4,6								39	43	47	51			8,4	—	—	—	—	40	42	44	46	47	48	51	53	46	46	49	50
4,8								41	45	49				8,6	—	—	—	—	38	41	43	45	46	48	50	52	43	43	46	47
5,0								39	43	47				8,8	—	—	—	—	40	42	44	46	47	48	50	52	42	42	45	46
5,2								41	45					9,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	41	43	44
5,4								39	43					9,2	—	—	—	—	39	41	43	45	46	48	50	52	40	40	42	43
5,6								41	45					9,4	—	—	—	—	40	42	44	46	47	48	50	52	39	39	41	42
5,8								39	43					9,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	40	42	43
—								41	45					9,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39	39	41	42
—								39	43					10,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—								41	45					10,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—								39	43					10,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Психрометрическая разность температур сухого термометра в °C

Психрометрическая разность температур (в °C)	+40	+42	+44	+46	+48	+50	+52	+54	+56	+58	+60	+62	+64	+66	+68	+70	+72	+74	+76	+78	+80	+82	+84	+86	+88	+90
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98
1	93	93	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
1,5	90	90	90	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	93	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94
2	87	87	87	88	88	88	89	89	89	89	89	89	89	89	89	90	90	90	90	91	91	91	92	92	92	92
2,5	83	84	84	85	85	86	86	87	87	88	88	88	88	88	88	89	89	89	89	90	90	90	90	90	90	90
3	80	81	81	82	82	83	83	84	84	85	85	85	86	86	86	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	88
3,5	77	78	78	79	79	80	80	81	81	82	82	83	83	84	84	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86
4	74	75	75	76	77	77	78	78	79	79	80	80	81	81	81	82	82	83	83	84	84	84	84	84	84	85
4,5	71	72	73	74	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	80	80	81	81	81	82	82	82	83	83	83	84
5	68	69	70	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	80
5,5	65	66	67	68	69	70	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	77	77	77	77	78	78	78
6	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	71	72	73	73	73	74	74	75	75	75	76	76	76	76	76	77
6,5	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	69	70	70	71	71	71	72	72	72	73	73	74	74	75	75	75
7	57	58	59	61	62	63	64	65	66	67	68	69	69	70	71	71	72	72	72	73	73	74	74	75	75	76
7,5	54	55	56	58	59	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	70	71	71	71	72	72	73	73	74	74	75
8	51	53	54	56	57	59	60	61	62	63	63	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71
8,5	48	50	52	53	55	56	58	59	60	61	61	62	63	64	64	65	65	66	66	67	68	68	69	69	70	70
9	46	48	50	51	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	67	67	67
9,5	44	46	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	66
10	41	43	45	47	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	62	63	63	64	64	65	65	65
10,5	—	41	43	45	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	62	63	63	64	64	64
11	—	—	40	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	61	62	62	62
11,5	—	—	—	40	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	61	61
12	—	—	—	—	40	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	61
12,5	—	—	—	—	—	40	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	60
13	—	—	—	—	—	—	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	59
13,5	—	—	—	—	—	—	—	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	58

Температура сухого термометра в °C

[illegible]

Пример. Температура сухого термометра	60°C
Психрометрическая разница	6°C

Относительная влажность 71%

Психрометрическая таблица для воздуха, движущегося со скоростью 2,5 м/сек. и выше

Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C												Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C									
														+22	+24	+26	+28	+30	+32	+34	+36	+38	+40
														100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	95	96	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	
0,1	92	93	93	94	96	97	97	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	
0,2	90	91	93	94	96	97	97	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	
0,3	87	88	90	92	94	95	95	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	
0,4	84	85	87	90	92	94	94	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	
0,5	82	83	85	88	90	91	93	93	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	
0,6	79	81	82	85	88	89	91	92	92	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	
0,7	76	78	80	83	86	87	89	91	91	91	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	
0,8	73	75	77	81	84	85	86	89	89	90	91	92	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	
0,9	70	72	75	79	82	83	85	87	88	89	90	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	
1	67	70	73	77	80	82	84	85	86	87	88	89	90	91	91	91	91	91	91	91	91	91	
1,1	64	67	70	74	77	79	81	83	84	85	86	87	88	89	89	89	89	89	89	89	89	89	
1,2	61	64	68	71	74	76	78	80	82	84	85	86	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
1,3	57	62	66	71	74	77	79	81	83	84	85	86	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
1,4	54	59	64	69	72	74	77	80	82	84	85	86	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
1,5	51	57	62	67	71	73	76	79	82	84	85	86	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	
1,6	48	54	59	65	69	71	75	78	81	83	84	85	86	87	87	87	87	87	87	87	87	87	
1,7	45	52	57	63	67	70	73	76	79	82	84	85	86	87	87	87	87	87	87	87	87	87	
1,8	39	49	55	61	65	68	72	74	77	80	82	84	85	86	86	86	86	86	86	86	86	86	
1,9	38	47	53	59	63	66	70	73	76	79	81	83	84	85	85	85	85	85	85	85	85	85	
2	35	45	51	57	62	65	68	71	75	78	80	82	84	85	85	85	85	85	85	85	85	85	
2,1	32	43	49	55	60	63	66	70	73	76	78	80	82	84	85	85	85	85	85	85	85	85	
2,2	29	41	47	53	58	61	64	68	71	74	76	78	80	82	84	85	85	85	85	85	85	85	
2,3	26	39	45	51	57	59	63	67	70	73	75	77	79	81	83	84	84	84	84	84	84	84	
2,4	23	37	43	49	55	57	61	65	67	70	72	74	76	78	80	82	83	83	83	83	83	83	
2,5	20	35	41	47	53	56	60	64	66	69	71	73	75	77	79	81	82	82	82	82	82	82	
2,6	18	32	39	45	51	54	59	63	65	68	70	72	74	76	77	78	79	79	79	79	79	79	
2,7	15	30	37	43	49	52	57	61	63	66	68	71	73	75	76	77	78	78	78	78	78	78	

Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C												Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C																																						
	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12		+14	+16	+18	+20																																			
2,8	12	27	35	41	47	51	56	60	62	65	67	70	72	74	75	76	5,6	56	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68																							
2,9	10	24	33	39	45	49	55	59	61	64	66	69	71	73	74	75	5,8	55	57	59	60	61	62	63	64	65	66	67																								
3	—	20	32	38	44	48	53	58	60	63	65	68	70	72	73	74	6	54	56	58	59	61	62	63	64	65	66																									
3,1	—	18	28	34	41	45	49	54	57	60	63	66	68	70	72	73	6,2	52	54	56	58	60	61	62	63	64	65																									
3,2	—	16	26	32	39	43	48	53	55	59	62	65	67	69	71	72	6,4	51	53	55	56	58	60	61	62	63	64	65																								
3,3	—	14	24	30	37	42	47	52	54	58	61	64	66	68	70	70	6,6	49	51	53	55	57	59	60	61	62	63	64																								
3,4	—	12	23	29	36	41	46	50	53	57	60	63	65	67	69	70	6,8	48	50	52	54	56	58	59	60	61	62	63	64																							
3,5	—	—	21	27	34	39	44	48	52	55	59	62	64	66	68	69	7	46	49	51	53	55	57	58	59	60	61	62	61	62																						
3,6	—	—	20	26	33	38	43	47	51	54	58	61	63	65	67	68	7,2	45	47	50	52	54	56	57	58	59	60	61	62	61	62																					
3,7	—	—	18	24	31	36	41	46	50	53	57	60	62	64	66	68	7,4	44	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	61	62	61	62																				
3,8	—	—	16	23	30	35	40	44	48	52	56	59	61	63	65	67	7,6	42	45	48	50	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	61	62																			
3,9	—	—	15	22	29	33	39	43	47	51	54	57	60	62	64	66	7,8	41	44	47	49	51	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	61	62																		
4	—	—	—	19	26	30	36	41	45	48	52	55	58	61	62	64	66	8	40	43	46	48	50	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62																		
4,2	—	—	—	16	24	27	33	39	42	46	50	53	56	59	61	63	65	8,2	38	41	44	46	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62																	
4,4	—	—	—	13	21	25	31	36	40	44	48	51	54	57	59	61	63	8,4	37	40	43	45	48	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62																
4,6	—	—	—	11	19	22	28	33	38	42	46	50	53	55	58	60	63	8,6	35	38	41	43	45	47	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62														
4,8	—	—	—	9	17	20	25	31	36	40	44	48	51	54	56	58	60	8,8	34	37	40	42	44	46	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62													
5	—	—	—	—	—	—	22	28	34	38	42	46	50	52	54	56	58	9	33	36	39	41	43	45	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62												
5,2	—	—	—	—	—	—	19	26	31	36	40	44	48	50	52	51	53	9,2	31	34	37	40	42	44	46	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62												
5,4	—	—	—	—	—	—	17	23	29	34	38	42	46	48	50	53	55	9,4	30	33	36	39	41	43	45	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62											
5,6	—	—	—	—	—	—	14	20	27	32	36	40	44	47	49	52	54	9,6	29	32	35	38	40	42	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62										
5,8	—	—	—	—	—	—	12	18	25	30	34	38	42	46	48	51	53	9,8	28	31	34	37	40	42	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62										
6	—	—	—	—	—	—	—	16	23	28	32	36	41	44	47	49	52	10	27	30	33	36	39	41	43	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62									
6,2	—	—	—	—	—	—	—	13	21	26	30	34	39	42	45	47	50	10,2	26	29	32	35	38	40	42	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62								
6,4	—	—	—	—	—	—	—	11	18	24	28	32	37	41	44	46	49	10,4	25	28	31	34	37	39	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62							
6,6	—	—	—	—	—	—	—	9	16	22	26	31	36	40	43	45	48	10,6	24	27	30	33	36	38	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62					
6,8	—	—	—	—	—	—	—	7	14	20	24	29	34	38	41	44	47	10,8	22	26	29	32	35	37	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62				
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	21	25	28	31	34	36	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62			
7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,2	20	23	27	30	33	36	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62			
7,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,4	20	23	27	30	33	35	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62		

Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C											Психромет- рическая разница (в °C)	Температура сухого термометра в °C															
	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10		+12	+14	+16	+18	+20											
7,6	-	-	-	-	-	-	-	-	8	14	18	24	29	33	36	39	11,6	19	22	22	22	29	32	34	36	38	40	42
7,8	-	-	-	-	-	-	-	-	6	12	16	22	27	31	35	38	11,8	17	21	25	28	31	33	35	37	39	41	44
8	-	-	-	-	-	-	-	-	4	10	15	20	25	30	34	36	12	16	20	24	27	30	32	34	36	38	40	44
8,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	18	24	28	32	35	12,2	15	19	23	26	29	31	33	35	37	39	42
8,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	16	23	27	31	33	12,4	13	18	22	25	28	30	32	34	36	38	41
8,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	21	25	30	32	12,6	12	17	21	24	27	29	31	33	35	37	40
8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	19	24	29	31	12,8	10	16	20	23	26	28	31	33	35	37	40
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	18	23	27	30	13	9	15	19	22	25	27	30	32	34	36	39
9,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	21	26	29	32	13,2	-	14	18	21	24	26	29	31	33	35	38
9,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	20	24	27	30	13,4	-	13	17	20	23	26	28	30	32	34	37
9,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	18	23	26	29	13,6	-	12	16	19	22	25	28	30	32	34	37
9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	17	21	25	28	13,8	-	11	15	18	21	24	27	29	31	33	36
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	16	20	24	27	14	-	10	14	17	20	23	26	28	30	32	35
10,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	18	22	26	29	14,2	-	16	19	22	25	27	29	31	33	35	38
10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	17	21	25	28	14,4	-	-	15	18	21	24	26	28	30	32	35
10,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	15	19	23	26	14,6	-	-	14	17	20	23	25	27	29	31	34
10,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	14	18	22	25	14,8	-	-	13	17	20	23	25	27	29	31	34
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	13	17	21	24	15	-	-	12	16	19	22	24	26	28	30	33
11,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	16	20	24	27	15,2	-	-	16	19	22	25	27	29	31	33	36
11,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	15	19	23	26	15,4	-	-	15	18	21	24	26	28	30	32	35
11,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	14	18	22	25	15,6	-	-	14	17	20	23	25	27	29	31	34
11,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	13	17	21	24	15,8	-	-	13	16	19	22	24	26	28	30	33
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	11	15	19	22	16	-	-	12	15	18	21	23	25	27	29	32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Относительная влажность 24%

Пример. Температура сухого термометра 20°C
 Психрометрическая разница 10°C

Температура сухого термометра в °С

Психрометрическая
разница
(в °С)

+ 90	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 88	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 86	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 84	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 82	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 80	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 78	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 76	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 74	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 72	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 70	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 68	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 66	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 64	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 62	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 60	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 58	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 56	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 54	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 52	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 50	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 48	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 46	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 44	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 42	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
+ 40	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98

0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5
5,5
6
6,5
7
7,5
8
8,5
9
9,5
10
10,5
11
11,5

Температура сухого термометра в °C

Психрометрическая разница (в °C)	+ 40	+ 42	+ 44	+ 46	+ 48	+ 50	+ 52	+ 54	+ 56	+ 58	+ 60	+ 62	+ 64	+ 66	+ 68	+ 70	+ 72	+ 74	+ 76	+ 78	+ 80	+ 82	+ 84	+ 86	+ 88	+ 90
24	—	—	—	10	12	14	16	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	31	32	32	33	34	35
24,5	—	—	—	—	11	13	15	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	31	32	33	34
25	—	—	—	—	10	12	14	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	29	30	30	31	32	33
26	—	—	—	—	8	10	12	14	15	16	18	19	20	22	23	23	25	26	27	28	28	29	29	30	31	32
27	—	—	—	—	—	—	8	10	12	13	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	27	28	29	30
28	—	—	—	—	—	—	—	8	10	11	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29
29	—	—	—	—	—	—	—	7	8	9	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
30	—	—	—	—	—	—	—	—	8	9	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	12	13	14	15	16	17
39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	12	13	14	15
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	12	13	14

Примечание. Температура сухого термометра 60°C
 Психрометрическая разница 10°C
 Относительная влажность 58%.

Производительность калориферов Юнкерса
(Нагревательная среда — пар 3 атм.)

№ модели	30°C			35°C			40°C			45°C		
	м³/час	Кал	Сопотив- ление (в мм вод. ст.)	м³/час	Кал	Сопотив- ление (в мм вод. ст.)	м³/час	Кал	Сопотив- ление (в мм вод. ст.)	м³/час	Кал	Сопотив- ление (в мм вод. ст.)
Н=1	3 550	33 000	11	2 600	28 000	6	2 000	24 500	4	1 570	22 000	3
Н=2	7 000	65 000	11	5 000	54 000	6	3 900	48 000	4	3 000	42 000	3
Н=3	9 500	88 500	11	7 000	75 500	6	5 300	65 500	4	4 200	58 400	3
Н=4	12 700	118 000	11	9 300	101 000	6	7 100	87 500	4	5 600	78 000	3
Н=5	16 200	149 000	11	12 000	128 000	6	9 000	110 000	4	7 200	99 000	3
Н=6	19 000	175 000	11	14 000	150 000	6	10 600	130 000	4	8 400	117 000	3
БН=1	3 675	51 000	16	3 000	46 000	11	2 500	42 000	8	2 100	38 000	6
БН=2	7 800	100 000	16	5 900	91 000	11	4 900	83 000	8	4 000	73 000	6
БН=3	9 900	137 000	16	8 100	126 000	11	6 750	115 000	8	5 650	104 000	6
БН=4	13 200	182 000	16	10 800	156 000	11	9 000	151 000	8	7 550	139 000	6
БН=5	16 900	236 000	16	13 800	211 000	11	11 500	195 000	8	9 560	177 000	6
БН=6	19 800	274 000	16	16 200	252 000	11	13 500	230 000	8	11 300	208 000	6

Габаритные размеры calorиферов системы Юнкерса

Таблица VII.

№ модели	Р а з м е р ы (в мм)					Число секций
	А высота	Б ширина	В глубина	Диаметр штуцеров		
				для пара	для конденсата	
Н=1	700	340	330	25	20	2
Н=2	900	450	330	32	25	3
Н=3	900	560	330	38	32	4
Н=4	1 200	560	330	38	32	4
Н=5	1 200	670	330	51	38	5
Н=6	1 200	790	330	51	38	6
БН=1	700	340	350	32	25	2
БН=2	900	450	350	38	32	3
БН=3	900	560	350	51	38	4
БН=4	1 200	560	350	51	38	4
БН=5	1 200	670	350	63	51	5
БН=6	1 200	790	350	76	51	6
МН=1	700	340	280	25	20	2
МН=2	900	450	280	25	20	3
МН=3	900	560	280	32	25	4
МН=4	1 200	560	280	32	25	4
МН=5	1 200	670	280	38	32	5
МН=6	1 200	790	280	38	32	6

Центробежные вентиляторы „Сирокко“ с крылом на одной оси с мотором
(Мотор заводов Мосэлектротрома)

№ вентилятора	Тип мотора	Диаметр крыла (в мм)	Производительность (в м³/мин)	Статическое сопротивление (в мм вод. ст.)	Число оборотов мотора	Мощность мотора	Способ соединения
2	ТА=12/4	255	50	25	1450	1	Крыло насажено на конец мотора
2 1/2	ТА=21/4	320	60	50	1450	2	Этот агрегат выполняется также с промежуточным подшипником и жесткой муфтой
2 1/2	ТА=22/4	320	90	50	1450	3	
2 1/2	ТА=12/6	320	60	20	950	0,75	
3	ТА=21/8	380	75	20	720	1	Этот агрегат выполняется также с промежуточным подшипником и жесткой муфтой
3	ТА=21/6	380	90	25	950	1,5	
3	ТА=22/6	380	120	25	950	2,2	
3	ТА=32/4	380	150	75	1450	7,5	
3 1/2	ТА=31/6	445	125	40	950	3,5	Этот агрегат выполняется также с промежуточным подшипником и жесткой муфтой
3 1/2	ТА=32/6	445	178	40	950	5	
3 1/2	ТА=42/4	445	200	100	1450	15	
4	ТА=41/6	510	240	50	950	7,5	

Центробежные вентиляторы „Сирокко“ высокого давления. Таблица производительности при разном статическом давлении

Статическое давление (в мм вод. ст.)	м ³ /мин	Число оборотов (в мин.)	л. с.	м ³ /мин	Число оборотов (в мин.)	л. с.
Вентилятор № 2—диаметр колеса 254 мм				Вентилятор № 2½—диаметр колеса 318 мм		
50	6,5	1800	0,2	12	1400	0,25
100	9,5	2500	0,5	14	2050	0,65
150	11	3050	0,81	20	2500	1,5
200	13	3450	1,3	23	2830	2,2
250	—	—	—	26	3200	3,0
300	—	—	—	—	—	—
350	—	—	—	—	—	—
400	—	—	—	—	—	—
Вентилятор № 3—диаметр колеса 381 мм				Вентилятор № 3½—диаметр колеса 415 мм		
50	18	1200	0,4	28	1000	0,62
100	26	1608	1,2	38	1450	1,75
150	32	2050	2,0	47	1750	3,2
200	36	2400	3,3	55	2020	5,0
250	42	2650	4,6	59	2250	6,8
300	45	2800	6,5	65	2400	9,0
350	48	2900	8,0	71	2480	12,0
400	—	—	—	77	2650	14,0
Вентилятор № 4—диаметр колеса 508 мм				Вентилятор № 5—диаметр колеса 635 мм		
50	35	900	0,8	47,5	700	1,1
100	48	1250	2,3	73	1000	3,3
150	61	1540	4,2	82	1225	5,6
200	70	1770	6,5	94,5	1420	8,6
250	80	1970	9,0	106	1580	12
300	85	2000	12	116	1635	18
350	90,5	2170	15	128	1760	20
400	99	2325	18	136	1890	24
Вентилятор № 6—диаметр колеса 762 мм				Вентилятор № 7—диаметр колеса 889 мм		
50	76	600	1,8	129	515	3
100	107	840	4,8	182	720	8
150	130	1020	8,8	224	875	15
200	150	1180	14	255	1000	23
250	170	1310	19	283	1120	32
300	185	1360	26	312	1235	42
350	198	1470	32	340	1325	53
400	213	1580	39	363	1420	65

Таблица X

Центробежные вентиляторы „Сирокко“ нормального типа низкого давления. Таблица производительности при работе против сопротивления перед или за вентилятором

Сопро- тивле- ние (в мм вод. ст.)	Вентилятор № 1— диаметр колеса 127 мм			Вентилятор № 1½— диаметр колеса 190 мм			Вентилятор № 2— диаметр колеса 204 мм		
	Число об/мин.	м³/мин	А. с.	Число об/мин.	м³/мин	А. с.	Число об/мин.	м³/мин	А. с.
10	1 600	6	0,04	1 000	13	0,05	750	27	0,15
15	2 000	8	0,06	1 400	22	0,13	1 000	33	0,25
20	2 400	11	0,12	1 600	24	0,25	1 200	46	0,55
25	3 000	15	0,23	2 000	35	0,54	1 500	62	1,08
30	3 200	13	0,24	2 100	34	0,60	1 600	60	1,10
40	3 400	13	0,25	2 500	33	0,73	1 700	58	1,29
50	3 600	13	0,30	2 400	33	0,78	1 800	56	1,48
60	4 000	15	0,50	2 700	38	1,34	2 000	62	2,00
75	4 400	17	0,67	2 900	38	1,52	2 200	72	3,00
100	5 200	24	1,12	3 400	40	1,90	2 600	88	4,5
	Вентилятор № 2½— диаметр колеса 318 мм			Вентилятор № 3— диаметр колеса 381 мм			Вентилятор № 3½— диаметр колеса 445 мм		
10	600	37	0,20	500	55	0,30	450	83	0,45
15	800	55	0,46	700	87	0,72	600	106	1,31
20	1 000	78	0,91	800	108	1,15	700	140	1,55
25	1 200	96	1,48	1 000	144	2,06	850	179	2,75
30	1 250	90	1,60	1 050	140	2,35	900	179	3,00
40	1 350	84	1,82	1 100	135	3,00	950	178	4,00
50	1 400	82	2,12	1 200	130	3,50	1 050	177	4,50
60	1 600	90	3,00	1 300	140	6,66	1 150	190	6,33
75	1 750	100	4,16	1 450	150	4,30	1 260	200	8,45
100	2 000	120	5,96	1 700	190	8,70	1 500	235	13,36

Сопротивление (в мм вод. ст.)	Число об./мин.	м³/мин	л. с.	Число об./мин.	м³/мин	л. с.	Число об./мин.	м³/мин	л. с.
Вентилятор № 4— диаметр колеса 508 мм				Вентилятор № 5— диаметр колеса 635 мм			Вентилятор № 6— диаметр колеса 762 мм		
10	400	103	0,47	300	150	0,74	250	220	1,12
15	500	131	1,30	400	220	1,65	350	350	2,62
20	600	186	1,95	500	300	3,28	400	425	4,49
25	750	240	3,64	600	313	5,92	500	575	8,24
30	800	236	4,00	625	330	6,14	535	560	9,11
40	850	232	5,00	650	350	7,33	570	550	11,86
50	900	228	5,33	700	380	8,08	600	538	12,84
60	1 000	245	8,00	775	400	12,00	650	590	18,00
75	1 000	280	11,50	875	430	17,60	725	650	25,50
100	1 300	344	16,72	1 000	480	24,60	850	780	38,44
Вентилятор № 7— диаметр колеса 889 мм				Вентилятор № 8— диаметр колеса 1016 мм			Вентилятор № 9— диаметр колеса 1143 мм		
10	225	340	1,64	200	430	2,32	175	550	2,90
15	300	430	3,14	250	530	4,21	225	720	5,76
20	350	600	6,15	300	730	8,14	275	980	10,24
25	425	750	10,82	375	980	14,51	325	1 300	19,49
30	450	750	11,95	400	950	15,82	350	1 250	20,68
40	500	740	15,25	425	920	19,51	375	1 200	24,51
50	525	730	20,25	450	900	22,14	400	1 150	29,25
60	550	785	25,00	500	1 000	30,00	425	1 200	35,50
75	625	860	33,80	550	1 100	41,40	500	1 400	53,96
100	750	940	51,60	650	1 460	68,96	600	1 700	89,08
Вентилятор № 10— диаметр колеса 1 270 мм				Вентилятор № 11— диаметр колеса 1 397 мм			Вентилятор № 12— диаметр колеса 1 524 мм		
10	150	600	3,16	137	750	3,70	125	880	4,20
15	200	870	6,81	187	900	7,80	175	1 400	11,70
20	350	1 283	13,75	225	1 550	16,74	200	1 700	17,28
25	200	1 395	19,25	275	1 960	28,95	250	2 207	32,96
30	325	1 385	23,50	292	1 900	31,50	265	2 200	35,00
40	337	1 350	26,34	310	1 850	36,33	280	2 150	43,39
50	350	1 292	29,65	325	1 800	42,60	300	2 100	53,00
60	400	1 600	49,00	350	1 900	50,00	325	2 300	65,00
75	437	1 750	66,32	400	2 150	82,43	362	2 600	98,32
100	500	2 100	109,04	450	2 500	132,00	425	2 900	155,92

Винтовые вентиляторы для непосредственного соединения с мотором

№ вентилятора	Диаметр (в мм)	Производительность		Сопротивление (в мм)	Число об/мин.	Расход сил
		при свободном входе и выходе	при сопротивлении			
2	254	22—24	15—16	3,2—3,5	1400—1500	0,05—0,06
		14—16	10—11	1,4—1,6	900—1000	0,01—0,02
		11—12	7,5—8	0,8—0,9	700—750	0,007—0,0125
2½	318	44—45	30—31	5,6—6	1400—1500	0,15—0,166
		25—28	19	2,1	900—1000	0,04—0,063
		22—23	15—16	1,4—1,5	700—750	0,018—0,02
3	381	77—83	52—56	7,1—8,3	1400—1500	0,3—0,4
		49—54	34—36	3,2—3,9	900—1000	0,1—0,15
		38—39	26—27	1,8—2	700—750	0,04—0,05
3½	445	121—124	84—86	10,3—12,9	1400—1425	0,625—0,75
		79—87	54—59	3,9—5,6	900—1000	0,2—0,25
		62—36	42—45	2,4—2,8	700—750	0,1—0,125
		53	35	1,6	600	0,07
		43	29	1,4	500	0,05
4	508	180—190	125—132	13,5—13,7	1400—1425	1,365—2
		115—121	81—85	5,6—6	900—950	0,4—0,45
		90—96	62—67	3,2—3,5	700—750	0,2—0,25
		77	55	2,4	600	0,15
		64	43	1,6	500	0,07
		56	38	1,2	425	0,05
		84	33	0,9	375	0,035
5	635	350—360	246—254	22,4—23,4	1400—1450	4—5
		227—240	157—166	8,2—9,5	900—950	1—1,25
		175	123	5,6	700	0,5
		152	105	3,9	600	0,35
		162	8	2,4	500	0,2

№ вентиля- тора	Диаметр (в мм)	Производительность		Сопротив- ление (в мм)	Число об/мин.	Расход сил
		при свобод- ном входе и выходе	при сопро- тивлении			
6	762	107	74	1,8	425	0,125
		94	65	1,5	375	0,08
		391—436	273—304	12,7—16,0	900—1000	2,5—3,5
		305—326	212—227	7,1—8,3	700—750	1,2—1,5
		240—250	166—173	4,8—5,2	550—575	0,6
		196—207	136—144	3,15—3,5	460—475	0,35—0,45
		185	128	2,75	425	0,3
		163	111	2	375	0,2
7	889	624—659	434—458	17,6—20	900—950	5,2—6
		486—502	336—350	10,3—11,5	700—725	2,5—2,75
		381—416	260—280	6,3—7	550—600	1,25—1,5
		329	229	5	475	0,73
		248	193	3,2	400	0,45
		243	169	2,4	350	0,35
		722	505	14,3	700	4,5
		591—617	415—433	9,15—9,5	575—600	1,7
8	1016	490	342	6	475	1,4
		380	270	4	370	0,75
		1026—1063	720—771	16—19,2	700—725	8—10
		830	570	11,25	570	5
		733	515	8,7	500	3,25
		1402—1450	972—1008	22—23	400—725	12—15
		1162—1222	803—839	14,3—15,9	575—600	6,88—7,75
		1001	699	10,3	500	4,5
11	1397	1535—1604	1067—1110	18,00—20	575—600	11,25—12
		1337	931	13	500	6,5
12	1524	2002	1397	20	575	17,5
		1656	1155	14,3	475	9

Таблица производительности винтовых вентиляторов (для ременной передачи) при работе против сопротивления

№ венти- лятора	0 мм вод. ст.			2,5 мм вод. ст.			5 мм вод. ст.			7,5 мм вод. ст.			10 мм вод. ст.		
	Производи- тельность (в м³/мин)	Число об/мин.	А. с.	Производи- тельность (в м³/мин)	Число об/мин.	А. с.	Производи- тельность (в м³/мин)	Число об/мин.	А. с.	Производи- тельность (в м³/мин)	Число об/мин.	А. с.	Производи- тельность (в м³/мин)	Число об/мин.	А. с.
2	16	1 000	0,02	13	1 200,0	0,05	19	1 700,0	0,09	23	2 100,0	0,15	27	2 400	0,22
2 1/2	28	900	0,05	21	1 000,0	0,06	28	1 300,0	0,12	38	1 700,0	0,26	44	2 000	0,42
3	43	800	0,07	30	800,0	0,07	40	1 100,0	0,20	54	1 450,0	0,43	60	1 600	0,45
3 1/2	62	700	0,10	42	700,0	0,10	56	950,0	0,23	73	1 225,0	0,47	84	1 400	0,62
4	77	600	0,15	54	600,0	0,15	76	850,0	0,36	94	1 050,0	0,55	108	1 200	0,85
5	127	500	0,20	88	500,0	0,20	114	650,0	0,43	148	850,0	0,79	175	1 000	1,50
6	174	400	0,25	120	400,0	0,25	166	550,0	0,63	219	725,0	1,29	242	800	1,70
7	208	300	0,25	169	350,0	0,34	229	475,0	0,73	297	625,0	1,62	336	700	2,50
8	284	275	0,34	215	300,0	0,40	289	400,0	0,85	378	525,0	1,65	433	600	3,00
9	365	250	0,45	280	275,0	0,54	325	375,0	1,31	488	475,0	2,48	564	550	3,50
10	448	225	0,53	348	250,0	0,65	452	325,0	1,27	594	425,0	2,89	699	500	4,50
11	534	200	0,66	419	225,0	0,81	555	300,0	1,50	698	375,0	2,85	839	450	5,00
12	609	175	0,40	487	200,0	1,00	669	275,0	1,89	882	362,0	4,32	974	400	5,25
14	829	150	0,63	678	175,0	1,15	920	237,5	2,55	1 210	312,5	6,04	1 355	350	7,40
16	1 034	125	0,67	869	150,0	1,30	1 158	200,0	2,80	1 519	262,5	7,22	1 736	300	9,40
18	1 175	100	0,69	1 065	137,5	1,78	1 340	187,5	4,42	1 956	237,5	8,61	2 226	275	13,80

Таблица значений $\left(1 - 0,0125 \frac{h}{p_1}\right) \frac{2}{k} = A$ для сухого насыщенного пара

$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A
0,0	1,0000	2,0	0,9562	4,0	0,9134	6,0	0,8717	8,0	0,8310	10,0	0,7905
1	0,9980	1	0,9541	1	0,9110	1	0,8700	1	0,8290		0,7885
2	0,9960	2	0,9521	2	0,9090	2	0,8677	2	0,8270	2	0,7865
3	0,9936	3	0,9500	3	0,9070	3	0,8656	3	0,8250	3	0,7845
4	0,9910	4	0,9480	4	0,9050	4	0,8635	4	0,8230	4	0,7826
5	0,9885	5	0,9455	5	0,9030	5	0,8614	5	0,8210	5	0,7806
6	0,9867	6	0,9432	6	0,9010	6	0,8592	6	0,8190	6	0,7786
7	0,9843	7	0,9413	7	0,8990	7	0,8570	7	0,8170	7	0,7766
8	0,9823	8	0,9390	8	0,8970	8	0,8550	8	0,8145	8	0,7746
9	0,9803	9	0,9370	9	0,8950	9	0,8530	9	0,8124	9	0,7726
1,0	0,9780	3,0	0,9350	5,0	0,8924	7,0	0,8510	9,0	0,8104	11,0	0,7705
1	0,9760	1	0,9325	1	0,8904	1	0,8490	1	0,8084	1	0,7700
2	0,9735	2	0,9310	2	0,8884	2	0,8467	2	0,8064	2	0,7690
3	0,9716	3	0,9285	3	0,8860	3	0,8445	3	0,8044	3	0,7680
4	0,9694	4	0,9260	4	0,8840	4	0,8430	4	0,8024	4	0,7666
5	0,9673	5	0,9240	5	0,8820	5	0,8410	5	0,8005	5	0,7650
6	0,9650	6	0,9220	6	0,8800	6	0,8390	6	0,7985	6	0,7640
7	0,9626	7	0,9200	7	0,8780	7	0,8370	7	0,7965	7	0,7625
8	0,9606	8	0,9185	8	0,8760	8	0,8350	8	0,7945	8	0,7610
9	0,9582	9	0,9168	9	0,8740	9	0,8330	9	0,7925	9	0,7600

Таблица значений $\left(1 - 0,0125 \frac{h}{p_1}\right) \frac{2}{k} = A$ для перегретого пара

$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A	$\frac{h}{p_1}$	A
0,0	1,000	2,0	0,962	4,0	0,924	6,0	0,887	8,0	0,850	10,0	0,814
1	0,998	1	0,960	1	0,922	1	0,885	1	0,849	1	0,813
2	0,996	2	0,958	2	0,920	2	0,883	2	0,847	2	0,811
3	0,994	3	0,956	3	0,919	3	0,882	3	0,845	3	0,809
4	0,992	4	0,954	4	0,917	4	0,880	4	0,843	4	0,807
5	0,99	5	0,952	5	0,915	5	0,878	5	0,841	5	0,805
6	0,988	6	0,950	6	0,913	6	0,876	6	0,840	6	0,803
7	0,986	7	0,949	7	0,911	7	0,874	7	0,838	7	0,802
8	0,985	8	0,948	8	0,909	8	0,872	8	0,836	8	0,800
9	0,983	9	0,945	9	0,908	9	0,870	9	0,834	9	0,798
1,0	0,981	3,0	0,943	5,0	0,906	7,0	0,869	9,0	0,833	11,0	0,797
1	0,979	1	0,941	1	0,9035	1	0,867	1	0,830		
2	0,977	2	0,939	2	0,902	2	0,865	2	0,828		
3	0,975	3	0,937	3	0,900	3	0,863	3	0,827		
4	0,973	4	0,935	4	0,898	4	0,862	4	0,826		
5	0,971	5	0,934	5	0,896	5	0,859	5	0,823		
6	0,969	6	0,932	6	0,8945	6	0,858	6	0,821		
7	0,967	7	0,930	7	0,8925	7	0,856	7	0,820		
8	0,966	8	0,928	8	0,8905	8	0,854	8	0,818		
9	0,964	9	0,926	9	0,889	9	0,852	9	0,816		

Таблица значений x для перегретого пара

$\frac{h}{p_1}$	x	$\frac{h}{p_1}$	x	$\frac{h}{p_1}$	x
0,00	1,000	4,00	0,967	8,00	0,934
0,25	0,998	4,25	0,965	8,25	0,932
0,50	0,996	4,50	0,963	8,50	0,930
0,75	0,994	4,75	0,961	8,75	0,927
1,00	0,992	5,00	0,959	9,00	0,925
1,25	0,990	5,25	0,957	9,25	0,923
1,50	0,988	5,50	0,954	9,50	0,921
1,75	0,985	5,75	0,952	9,75	0,919
2,00	0,983	6,00	0,950	10,00	0,917
2,25	0,981	6,25	0,948	10,25	0,915
2,50	0,979	6,50	0,946	10,50	0,913
2,75	0,977	6,75	0,944	10,75	0,911
3,00	0,975	7,00	0,942	11,00	0,909
3,25	0,973	7,25	0,940	11,25	0,907
3,50	0,971	7,50	0,938	—	—
3,75	0,969	7,75	0,936	—	—

Таблица XVI

Таблица значений $p_1^{15/100}$ (насыщенный пар)

p_1	$p_1^{15/100}$	p_1	$p_1^{15/100}$	p_1	$p_1^{15/100}$	p_1	$p_1^{15/100}$
1,0	1,0	4,0	1,915	7,0	2,49	10,0	2,94
1	1,05	1	1,94	1	2,50	1	2,955
2	1,089	2	1,96	2	2,51	2	2,97
3	1,13	3	1,98	3	2,53	3	2,98
4	1,17	4	2,00	4	2,55	4	2,995
5	1,21	5	2,03	5	2,57	5	3,01
6	1,25	6	2,05	6	2,58	6	3,02
7	1,282	7	2,07	7	2,595	7	3,03
8	1,318	8	2,09	8	2,61	8	3,04
9	1,352	9	2,10	9	2,63	9	3,06
2,0	1,384	5,0	2,12	8,0	2,65	11,0	3,08
1	1,416	1	2,14	1	2,66	1	3,09
2	1,447	2	2,16	2	2,675	2	3,10
3	1,477	3	2,18	3	2,69	3	3,11
4	1,507	4	2,20	4	2,705	4	3,12
5	1,536	5	2,22	5	2,72	5	3,14
6	1,565	6	2,24	6	2,74	6	3,16
7	1,59	7	2,26	7	2,755	7	3,18
8	1,622	8	2,28	8	2,77	8	3,19
9	1,648	9	2,30	9	2,78	9	3,20
3,0	1,674	6,0	2,32	9,0	2,80	12,0	3,20
1	1,700	1	2,335	1	2,815	—	—
2	1,724	2	2,35	2	2,83	—	—
3	1,75	3	2,37	3	2,84	—	—
4	1,776	4	2,385	4	2,855	—	—
5	1,800	5	2,40	5	2,87	—	—
6	1,824	6	2,42	6	2,88	—	—
7	1,846	7	2,435	7	2,90	—	—
8	1,871	8	2,45	8	2,91	—	—
9	1,895	9	2,47	9	2,93	—	—

$\frac{h}{p_1}$	x	$\frac{h}{p_1}$	x	$\frac{h}{p_1}$	x	$\frac{h}{p_1}$	x	$\frac{h}{p_1}$	x
0,000	1,000	2,000	0,982	4,000	0,964	6,000	0,945	8,000	0,927
0,125	0,999	125	0,981	125	0,963	125	0,944	125	0,926
0,25	0,998	250	0,980	250	0,961	250	0,943	250	0,925
0,375	0,997	375	0,978	375	0,960	375	0,942	375	0,924
0,50	0,996	500	0,977	500	0,959	500	0,941	500	0,923
0,625	0,995	625	0,976	625	0,958	625	0,940	625	0,922
0,75	0,994	750	0,975	750	0,957	750	0,939	750	0,921
0,875	0,993	875	0,974	875	0,956	875	0,938	875	0,919
1,000	0,992	3,000	0,973	5,000	0,955	7,000	0,936	9,000	0,918
125	0,990	125	0,972	125	0,953	125	0,935	125	0,917
250	0,989	250	0,970	250	0,952	250	0,934	250	0,916
375	0,988	375	0,969	375	0,951	375	0,933	375	0,915
500	0,986	500	0,968	500	0,950	500	0,932	500	0,914
625	0,985	625	0,967	625	0,949	625	0,931	625	0,913
750	0,984	750	0,966	750	0,948	750	0,930	750	0,911
875	0,983	875	0,965	875	0,947	875	0,928	875	0,910

Элементарный состав рабочей массы топлива и рабочая теплопроизводительность

Виды топлива	Содержание рабочей массы (в %)						Пизная рабочая калорийность (в кал/кг)	Содержание летучих (в %)	Эквивалент условного топлива
	Углерод С	Водород Н	Кислород и азот О + N	Влажность	Зольность А	Сера S			
Дрова сухонутной доставки .	39,2	4,92	34,28	20	1,6	—	3 400	60	—
„ „ „ .	36,6	4,5	32,4	25	1,5	—	3 100	56	0,45
„ „ „ .	34,22	4,28	30,08	30	1,42	—	2 875	52	0,41
„ сплавные	36,0	4,5	31,5	25	3,0	—	3 070	56	—
„ „	33,12	4,20	29,80	30,0	2,8	—	2 780	51	—
Торф машинно-формовочного Моск. склада	41,21	4,12	25,83	26,11	2,73	—	3 550	—	—
Гидроторф Московской обл. .	33,85	3,35	20,68	39,72	2,4	—	2 820	—	—
Сфагновый торф хорош. разл., Тверь	43,3	3,86	20,8	25	2,04	—	3 585	52	0,43
Торф смешанный, Ярославль .	41,7	3,7	24,6	25	5,0	—	3 520	—	—
Торф осоковый хорош. разл., Минск.	42,4	4,3	23,3	25	5,0	—	3 760	52	0,43
Бурый уголь	51,7	4,4	18,9	20	5,0	—	4 675	40	—
„ „	25,55	5,52	19,31	60	30,0	—	2 000	20	—
Подмосковный Богхед	49,25	2,14	9,73	16	15,0	4,0	5 170	63	—
Подмосковный курной уголь марки:									
К (крупный 50 мм)	38,4	2,86	10,74	30,0	15,0	3,0	3 440	30	0,42
О (орешек 25—50 мм)	37,0	2,75	10,25	30,0	17,0	3,0	3 300	—	0,40
РНМ (рядовой с мелк.)	35,1	2,6	9,8	32	17,0	3,5	3 150	—	0,37
М (мелкий от 0 до 25 мм) . .	30,6	2,28	8,62	33,0	21,5	4,0	2 740	—	0,31

Виды топлива	Содержание рабочей массы (в %)						Нижняя рабочая калорийность (в ккал/кг)	Содержание летучих (в %)	Эквивалент условного топлива
	Углерод С	Водород Н	Кислород и азот О+N	Влажность	Зольность А	Сера S			
Донецкий каменный уголь марки:									
ПЖ (паровичный жирный)	73,44	4,33	4,90	3,5	12,05	1,78	6950	23	0,98
ПС (" спекающ.)	75,83	3,85	3,68	3,0	11,5	2,14	7150	14	1,02
Д (длиннопламенный)	56,2	4,02	10,15	11,0	15,15	3,48	5450	36	0,68
Донецкий антрацит марки:									
АП (плит. 125 мм)	85,4	1,75	1,75	4,5	4,8	1,8	7350	4	1,00
АК (крупный орех от 25 до 125 мм)	82,78	1,72	1,72	4,5	17,6	1,76	7150	3,9	0,97
АМ (мелкий орех 12—25 мм)	77,28	1,59	1,59	4,5	13,4	1,64	6650	3,6	0,84
АШ (штыб, от пыли до 7 мм)	68,21	1,37	1,37	6,0	21,6	1,45	5800	—	0,50
Уральский егоршинский антрацит	74,00	2,80	3,2	5,0	14,5	0,5	6600	—	—
Уральский троцкий антрацит	76,64	0,56	2,8	9,0	10,5	0,5	6200	—	—
Уральский кизеловский каменный уголь	58,8	4,2	7,0	6,0	20,0	4,0	5700	—	—
Уральский челябинский бурый уголь	51,10	2,8	16,1	15,0	14,0	1,0	4300	—	—
Уральский богословский бурый уголь	33,03	1,97	14,3	33,0	17,0	0,7	2600	—	—
Кузнецкий кольчугинский каменный уголь	73,90	4,85	9,25	6,0	4,5	1,0	7070	—	—
Кузнецкий кемеровский каменный уголь, Сибирь	73,97	4,39	6,70	6,0	8,5	0,5	7000	—	—
Кузнецкий суджанский каменный уголь	75,37	3,65	3,98	8,0	8,5	0,5	7000	—	—
Мазут	84,51	12,2	0,99	2,0	0,3	—	9820	75	1,50

Химический состав топлива, теплопроводная способность, теоретический расход воздуха, объем продуктов горения при теоретически необходимом объеме воздуха

Наименование топлива	Химический состав (в весовых процентах)						Вес 1 м³ в насыщенном виде (в кг)	Низшая теплотворная способность (в Ккал)	Теоретически необходимый объем воздуха при 0° С (в м³)	(Объем продукта горения от 1 кг топлива при теоретически необходимом объеме воздуха (в м³))	
	Углерод С	Водород Н ₂	Кислород О ₂	Азот N ₂	Сера	Золь А					Вода W
Дрова											
Сосна 1½-годовой сушки	43,33	4,97	34,39	Около 1	—	2,36	18,00	380	3360	3,71	4,46
Ель 1½ "	39,43	5,11	35,05	" 1	—	2,41	18,00	325	3307	3,65	4,42
Осина 1½ "	39,52	4,96	35,07	" 1	—	1,45	20,00	365	3249	3,61	4,39
Ольха 1½ "	39,50	4,77	31,73	" 1	—	2,00	20,00	385	3214	3,57	4,30
Береза 1½ "	39,50	4,96	34,04	" 1	—	1,50	20,00	465	3286	3,63	4,38
Дуб 1½ "	59,00	4,68	33,52	" 1	—	2,80	20,00	550	3186	3,54	4,30
Торф сухой											
Мховый	42,70	4,08	25,00	0,93	0,17	2,11	25,00	90 400	3491	4,01	4,72
Луговой низменный	34,90	3,24	20,90	2,04	2,12	11,80	25,00	90 400	3887	3,24	3,95
Бурый уган											
Егогословские (Северный Урал)	41,55	2,52	17,00	1,71	—	12,03	25,19	600—700	3330	3,74	4,32
Челябинские (Южный Урал)	59,17	3,49	17,27	1,27	0,87	3,90	13,04	600—700	5122	5,50	6,05

Наименование топлива	Химический состав (в весовых процентах)						Вес 1 м ³ в насыщ.	Низшая тепло- творная способ- ность (в Ккал)	Теоретически не- обходимый объем воздуха при 0°С (в м ³)	Объем продук- тов горения от 1 кг топлива при теоретическом объе- ме воздуха (в м ³)
	Химический состав (в весовых процентах)									
	Углерод С	Водород Н ₂	Кислород О ₂	Азот N ₂	Сера S	Зола А					Вода W
Каменные угли										
Подмосковные (Боксед)	64,60	6,80	11,00	1,00	0,70	7,60	8,30	6 775	7,10	8,17
Лисичанские (Донбас)	69,2	5,13	13,00	1,00	0,63	4,69	6,03	6 629	7,03	7,49
Журицкие (Кузнецкий Бассейн)	70,30	4,70	18,10	1,10	0,30	1,20	4,30	6 483	6,78	7,26
Ткварчельские (Абхазия)	78,60	5,38	7,00	0,72	0,98	6,37	0,96	7 686	8,04	8,62
Юзовские (Донбас)	85,70	4,68	4,00	1,00	0,74	3,33	0,55	8 169	8,57	8,93
Кардиф (Англия)	88,60	4,18	2,72	0,97	0,82	2,64	0,06	8 282	8,75	9,13
Донецкий ПЖ	—	—	—	—	—	12,05	3,50	6 950	—	—
" ПС	—	—	—	—	—	11,50	3,00	7 150	—	—
" Д	—	—	—	—	—	15,15	11,00	5 450	—	—
Жидкое										
Мазут бакинский	88,60	11,70	1,20	—	—	—	0,50	10 450	10,64	11,2

Примечания. 1) Теплотворные способности исчислены по форме Германского о-ва надзора за паровыми котлами
 2) Таблица взята у проф. Аше Б. М. „Отопление и вентиляция“, стр. 234.

Таблица XX

Вид топлива	Содержание рабочей массы (в %)						Низшая рабочая калорийность (в ккал/кг)	Содержание ле- гучих (в %)
	Углерод	Водород	Кислород и азот	Вода	Зола	Сера		
Донецкий антрацит АС	93,8	1,95	2,25	6,7	13,4	1,7	6 450	3,5
АСШ	93,2	1,85	2,95	7,1	12,9	2,0	6 320	4,0
Донецкий антрацит штыб	93,2	1,85	2,95	7,4	16,0	1,7	6 035	4,0
АЗШ	93,2	1,85	2,95	6,8	11,1	1,7	6 550	4,0
Донецкий антрацит штыб	93,2	1,85	2,95	7,4	16,0	1,7	6 040	4,0
Донецкий антрацит штыб	93,2	1,85	2,95	7,4	16,0	1,7	6 040	4,0
(в среднем) АШ	93,2	1,85	2,95	7,4	16,0	1,7	6 040	4,0

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
I. Сырье	4
1. Требования, предъявляемые к качеству сырья	4
2. Хранение сырья	21
II. Сушка	34
1. Подготовка сырья к сушке	34
2. Теория сушки	81
Физические свойства воздуха	81
Основные свойства тепла	92
Топливо и его горение	102
Сущность процесса сушки	111
3. Расчет сушильной установки	117
4. Сушилки	157
5. Техника сушки	178
6. Контрольно-измерительные приборы	195
7. Фабрикат	217
III. Контроль качества продукции и расчет выходов	229
IV. Утилизация отходов	246
1. Виды утилизации	246
2. Крахмальное производство	249
Приложения	254





Редактор Г. М. Суходолов

Техн. редактор Н. Г. Кошелев.

Спец. редактор проф. А. А. Камснев

Подписано к печати 19/IX 1938 г.

Сдано в производство 30/XII 1937 г.

Издат. № 88

Статформат 62×94 1/16 доля

Индекс изд-ва ГПИ—11—10

18 печатных листов

Заказ № 4495.

23,09 авт. листов 57 600 знаков 1 п. листе

Уполн. Главлита РСФСР Б-37085

Тираж 5000 экз.

Типография изд-ва „Власть Советов“ Москва, ул. Куйбышева, 1

0-45

-155036--

Цена 4 р. 50 коп.

Переплет 75 коп.

1938

RLST



0000000090760