

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра Механизации животноводства и переработки с/х
продукции

Процессы и аппараты перерабатывающих производств

Методические указания и задания для контрольной работы
для студентов направления **35.03.07 Технология производства и
переработки сельскохозяйственной продукции**

Новосибирск 2022 г.

Мезенов А.А. Процессы и аппараты перерабатывающих производств. Методические указания и задание на контрольную работу для студентов направления **35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции**, / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. институт. – Новосибирск, 2022. – 44с.

Даны методические указания и задание для контрольной работы по курсу "Процессы и аппараты перерабатывающих производств" и рекомендуемая литература для студентов направления **35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Требования к выполнению контрольной работы.....	6
Методические рекомендации к решению контрольной работы.....	8
Варианты заданий.....	20
Список литературы.....	24
Приложение.....	25

Введение

Дисциплина "Процессы и аппараты перерабатывающих производств" - общепрофессиональная дисциплина для направления **35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции**.

Цель и задачи дисциплины заключаются в подготовке выпускника к решению следующих профессиональных задач:

- анализ проблемных производственных ситуаций, связанных с гидромеханикой, тепло-массообменом в технологических средах;
- решение проблемных задач и вопросов, связанных с совершенствованием или созданием новых производств;
- поиск путей и новых способов решения нестандартных производственных задач, связанных с эксплуатацией тепломассообменной аппаратуры;
- анализ состояния и динамики показателей качества работы технологического оборудования;
- интенсификация реализуемых процессов путем использования современных представлений по гидромеханике и тепломассообмену.

знать:

- классификацию процессов пищевых технологий, основные закономерности их протекания;
- движущие силы технологических процессов;
- принципы подобию при переносе результатов, полученных на моделях, в производственные условия.
- основные типы аппаратов и других устройств для реализации заданных технологий;
- алгоритмы решения задач, связанных со скоростью технологических процессов.

уметь:

- анализировать факторы влияющие на протекание процессов;
- оценивать причины возникновения ситуаций при протекании процессов пищевых производств
- решать задачи на оценку материального и энергетического баланса;
- проводить лабораторные исследования с целью получения информации, отсутствующей в справочной литературе.

владеть:

- методикой поиска информации
- методикой обработки результатов исследования;
- алгоритмам решения задач по определению параметров аппаратов.

Требования к выполнению контрольной работы

В соответствии с индивидуальным заданием студент должен решить задачу. Данные для решения задачи выбираются студентом из таблицы по шифру.

При выполнении задания и оформлении работы необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) выписать условие задачи и исходные данные;
- 2) решение задачи следует сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором необходимо указать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда они взяты (из условия задачи, из справочника или были определены и т.д.);
- 3) размерности всех величин, подставляемых в расчетные формулы, должны быть выражены в системе СИ. Если исходная величина, взятая из справочников, выражена в другой размерности, последнюю надо перевести в систему СИ и только после этого подставлять эту величину в формулу;
- 4) после решения задачи должен быть выполнен краткий анализ полученных результатов.

5) контрольная работа выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ. Каждый лист пояснительной записки оформляется рамкой и основной надписью по форме 2 (высотой 40 мм) для первого или заглавного листа и форме 2а (высотой 15 мм) для последующих листов. Расстояние по бокам от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или

нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15-17 мм. Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным или рукописным способом.

Контрольная работа, выполненная не по своему индивидуальному заданию, к рассмотрению не принимаются.

Исходные данные для решения контрольной работы выбираются в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

Студенты, выполнившие и защитившие контрольную работу, допускаются к экзамену.

Методические рекомендации к решению контрольной работы

Рассчитать воздушную сушилку барабанного типа для высушивания влажного материала m_n (кг/ч). Начальная влажность материала - w_n (%), конечная - w_k %. Температура поступающего материала - t_n . Расчет произвести отдельно для летних и зимних условий.

В результате расчета определить:

1. Удельные и полные расходы воздуха и тепла.
2. Основные размеры и число оборотов барабана.
3. Продолжительность сушки.

Дать схематическое изображение процесса сушки на I-d-диаграмме. Выполнить эскиз барабана сушилки (в масштабе).

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

1. Определение влаги W , удаляемой в процессе сушки при изменении влажности материала от w_n до w_k (в процентах от общей массы)

Влага (кг/с) определяется по формуле:

$$W = m_n \frac{w_n - w_k}{100 - w_k},$$

где m_n - производительность по влажному материалу, кг/с.

2. Нахождение параметров воздуха

Из табл. 25 приложения для заданного географического пункта берется температура t_o (°C) и относительная влажность ϕ_o (%) атмосферного воздуха. По этим данным на I-d-диаграмме наносится точка А, характеризующая состояние атмосферного воздуха, и из диаграммы определяются влагосодержание d_o и энтальпия I_o (рис. 1).

Из точки А проводится линия постоянного влагосодержания $d_o = d_1 = \text{const}$ до пересечения с изотермой t_1 в точке В. Температура t_1 находится из табл. 26 приложения как предельная для данного материала температура сушильного агента. Из точки В проводится линия постоянной энтальпии $I_1 = \text{const}$ (линия теоретического процесса) до пересечения с изотермой t_2 , соответствующей температуре воздуха на выходе из сушилки (точка С'). Влагосодержание для этой точки - d'_2 .

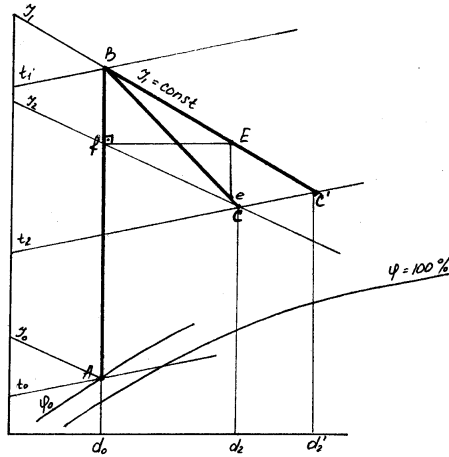


Рис. 1. Построение действительного процесса на I-d-диаграмме

3. Определение тепловых потерь

а) Удельные тепловые потери на нагревание материала (Дж/кг)

$$q_m = \frac{m_k c (\Theta_2 - t_H)}{W},$$

где m_k - количество высушенного материала, кг/с

$$m_k = m_n \frac{100 - w_n}{100 - w_k};$$

c - удельная теплоемкость высушенного материала, Дж/(кг·°K);

Θ_2 - максимальная температура нагрева материала, °C (берется из табл. 26 приложения).

Величина c (Дж/кг·°K) определяется с учетом влажности материала на выходе из сушилки по формуле:

$$c = c_v \frac{w_K}{100} + c_{cm} \frac{100 - w_K}{100},$$

где $c_{\text{в}}$ - удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°K);

$c_{\text{см}}$ - удельная теплоемкость абсолютно сухого материала, Дж/(кг·°K).

б) Удельные тепловые потери в окружающую среду. Величина этих потерь (Дж/кг) принимается в размере 4÷6 % от тепла, затрачиваемого в теоретической сушилке.

$$q_{\text{пот}} = (0,04 \div 0,06) q_{\text{т}},$$

где $q_{\text{т}}$ - удельный расход тепла в теоретической сушилке, Дж/кг.

$$q_{\text{т}} = \frac{I_1 - I_0}{d'_2 - d_0} \cdot 1000,$$

где I_0, I_1 - энтальпия воздуха в точках А и В, Дж/кг;

d_0, d'_2 - влагосодержание воздуха в точках А и С', г/кг.

4. Построение действительного процесса на I-d-диаграмме

Вычисляется степень покрытия тепловых потерь (Дж/кг) по формуле:

$$\Delta = t_{\text{н}} \cdot c_{\text{в}} - (q_{\text{м}} + q_{\text{пот}}),$$

где $c_{\text{в}}$ - удельная теплоемкость воды, Дж/(Кг·°K).

Определяется соотношение масштабов диаграммы:

$$m = \frac{M_i}{M_d} \cdot 1000,$$

где M_i - число единиц энтальпии на 1 мм диаграммы, Дж/кг;

M_d - число единиц влагосодержания в 1 мм диаграммы, г/кг.

На линии ВС теоретического процесса берется произвольная точка Е, измеряется расстояние Ef до линии АВ в миллиметрах и

вычисляется отрезок eE по формуле: $eE = Ef \frac{\Delta}{m}$.

В зависимости от знака Δ отрезок eE может получиться отрицательным или положительным. Если $\Delta < 0$, то отрезок откладывается вниз от точки E , если $\Delta > 0$ - вверх. Через точки B и E проводится линия действительного процесса до пересечения с изотермой t_2 в точке C . По точке C находятся параметры d_2 , I_2 отработанного воздуха.

5. Определение расходов воздуха и тепла

Удельный расход воздуха (кг/кг)

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_0}$$

Полный расход воздуха (кг/с)

$$L = l \cdot W$$

Удельный расход тепла (Дж/кг)

$$q = l(I_2 - I_0) + q_m + q_{\text{пот}} - c_v \cdot t_H$$

Полный расход тепла (Вт)

$$Q = q \cdot W$$

6. Определение основных размеров барабана

Диаметр барабана вычисляется по формуле:

$$D_b = \sqrt{\frac{4V_g}{\pi w_g}},$$

где V_g - секундный объем воздуха на выходе из сушилки, $\text{м}^3/\text{с}$

$$V_g = L \cdot V_0,$$

где V_0 - удельный объем воздуха на выходе из сушилки, $\text{м}^3/\text{кг}$ (принимается для точки C из табл. 27 приложения);

w_g - допустимая скорость воздуха на выходе из сушилки, $\text{м}/\text{с}$.

Для окончательного выбора диаметра барабана рекомендуется пользоваться нормами Главхиммаша, представленными ниже.

Д _б , м	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8
а	0,66	0,60	0,55	0,50	0,46	0,43	0,40	0,38	0,34

Длина барабана

$$L_{\delta} = \frac{V_{\delta}}{F},$$

где V_{δ} - объем барабана, м³

$$V_{\delta} = \frac{3600 \cdot W}{A},$$

где A - напряжение объема барабана по влаге, кг·м³/ч (принимается из табл. 26 приложения) в зависимости от свойств высушиваемого материала;

F - площадь сечения барабана, м².

По нормам отношение $\frac{L_{\delta}}{D_{\delta}}$ должно находиться в пределах

3,5÷7,0.

Скорость воздуха уточняется по формуле:

$$w'_{\text{в}} = \frac{V_{\delta}}{F}.$$

Скорость воздуха не должна превышать максимальную величину, указанную в табл. 26 приложения.

7. Определение продолжительности сушки

$$\tau = \frac{V_{\delta} \cdot \rho \cdot \beta}{G_{\text{сп}}},$$

где ρ - средняя насыпная плотность материала, кг/м³ (см. табл. 26 приложения);

β - степень заполнения барабана (табл. 26 приложения);
 G_{cp} - средняя масса материала, проходящего через барабан, кг/с.

$$G_{cp} = \frac{m_n + m_\kappa}{2}$$

8. Определение числа оборотов барабана (об/мин)

$$n = \frac{60 \cdot L_\delta}{a \cdot \tau \cdot D_\delta \cdot \operatorname{tg} \alpha},$$

где a - коэффициент, зависящий от диаметра и конструкции барабана (для распределительной насадки величина берется из таблицы нормалей Главхиммаша (стр. 74);
 α - угол наклона барабана, град.

На рис. 2 представлена диаграмма Рамзина для влажного воздуха.

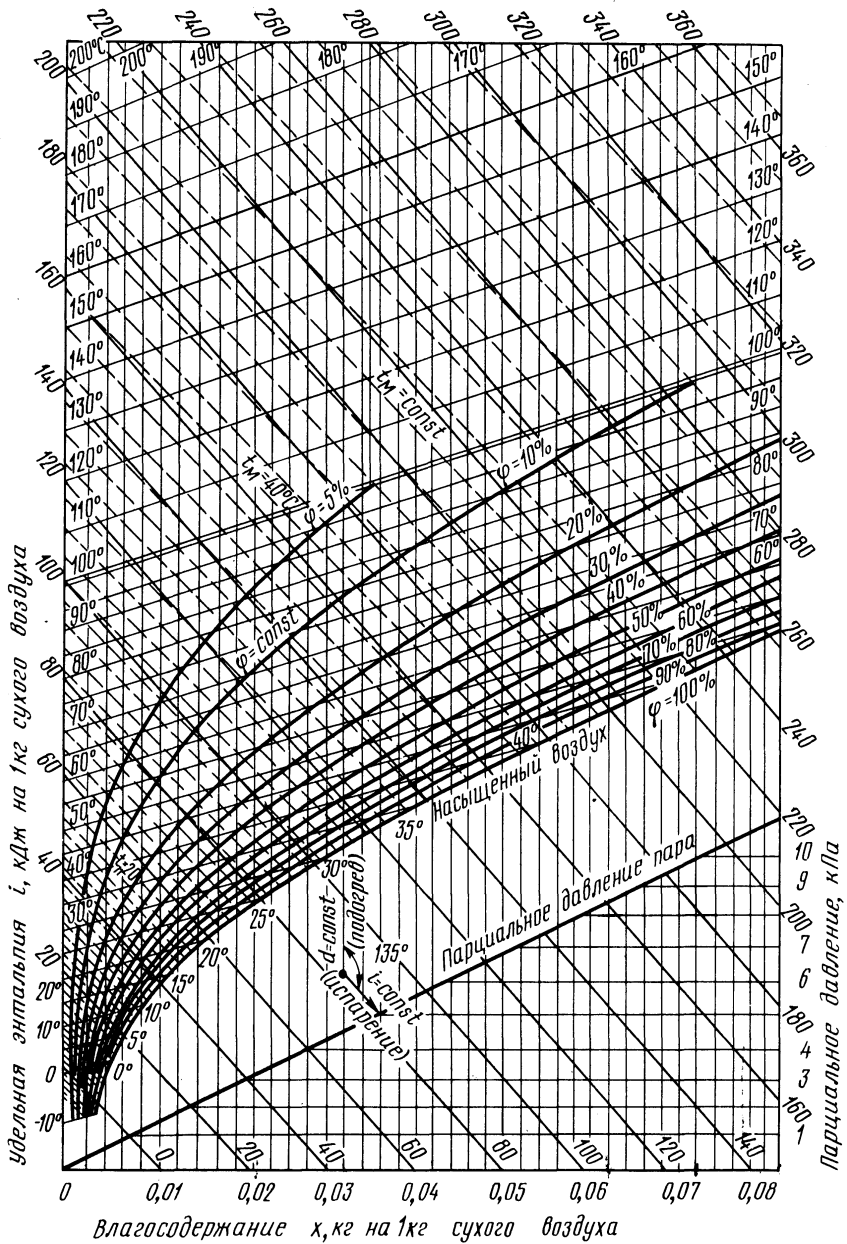


Рис. 2. Диаграмма Рамзина $i-x(d)$ для влажного воздуха

Вариант задания для выполнения контрольной работы выбирается из табл. 11.

Таблица 11

Варианты заданий

Номер вари- анта	Материал	m _н , кг/ч	Влажност ь		t _н , °C	Место установки
			w _н , %	w _к , %		
1	Пшеница	5900	17	12	18	Ростов-на-Дону
2	-//-	6600	22	15	26	Смоленск
3	-//-	6900	18	12	21	Владивосток
4	-//-	5400	19	14	19	Вологда
5	-//-	6400	17	13	22	Харьков
6	-//-	7400	19	14	30	Ташкент
7	-//-	7000	17	13	20	Астрахань
8	-//-	5800	22	15	25	Львов
9	-//-	7500	18	19	22	Тбилиси
10	-//-	6500	21	14	23	Саратов
11	-//-	7100	18	14	18	Ереван
12	-//-	5700	20	13	29	Ростов-на-Дону
13	-//-	7600	18	13	23	Баку
14	-//-	6200	17	12	24	Волгоград
15	-//-	5600	20	14	19	Херсон
16	Аммиачная селитра	7200	19	13	28	Киев
17	-//-	6700	21	14	25	Батуми
18	-//-	6000	18	13	20	Керчь
19	-//-	6300	19	14	24	Иваново
20	-//-	7300	20	14	26	Москва
21	-//-	6800	22	15	26	Николаев
22	-//-	5500	20	14	28	Екатеринбург
23	-//-	7800	17	12	21	Тамбов
24	-//-	6100	21	14	30	Казань
25	-//-	5800	18	13	29	Керчь
26	-//-	5400	17	12	21	Кишинев
27	-//-	6000	21	14	26	Тамбов
28	-//-	7000	16	12	23	Баку
29	-//-	6300	22	13	20	Киев

Продолжение табл. 11

Номер вари- анта	Материал	m _н , кг/ч	Влажност ь		t _н , °C	Место установки
			w _н , %	w _к , %		
30	-//-	7500	19	14	25	Минск
31	-//-	8400	20	12	27	Орел
32	-//-	6400	21	13	22	Алма-Ата
33	-//-	7500	17	10	20	Вологда
34	Ячмень	8000	18	12	26	Владимир
35	-//-	6700	16	11	23	Краснодар
36	-//-	6200	20	13	18	Брянск
37	-//-	5500	18	12	25	Калуга
38	-//-	5800	16	10	19	Харьков
39	-//-	6500	17	11	21	Екатеринбург
40	-//-	7000	19	12	24	Ашхабад
41	-//-	6000	22	14	27	Грозный
42	-//-	4800	16	9	17	Волгоград
43	-//-	4100	17	10	21	Калуга
44	-//-	4500	19	13	15	Н. Новгород
45	Сернокислый аммоний	3800	18	11	16	Баку
46	-//-	3600	20	15	22	Львов
47	-//-	4900	15	10	19	Иваново
48	-//-	4200	23	18	17	Ростов-на-Дону
49	-//-	3600	14	9	18	Грозный
50	-//-	4300	19	14	23	Ташкент
51	-//-	4600	21	15	20	Вологда
52	-//-	4400	17	13	19	Николаев
53	-//-	3700	19	15	24	Астрахань
54	-//-	4700	20	16	25	Челябинск
55	-//-	4000	16	10	20	Ереван
56	-//-	5000	17	12	19	Владивосток
57	Поваренная соль	8300	15	11	19	Керчь
58	-//-	8600	19	15	21	Челябинск
59	-//-	8400	13	9	16	Смоленск
60	-//-	7800	18	13	20	Днепропетровск

Продолжение табл. 11

Номер вари- анта	Материал	m _n , кг/ч	Влажность		t _n , °C	Место установки
			w _n , %	w _к , %		
61	-//-	8000	20	16	23	Ереван
62	-//-	8400	19	14	19	Рига
63	-//-	8200	17	11	18	Екатеринбург
64	-//-	8100	16	12	22	Баку
65	-//-	6700	15	10	18	Вологда
66	Кукуруза	7800	21	15	23	Челябинск
67	-//-	8200	19	16	21	Ашхабад
68	-//-	7000	14	9	19	Керчь
69	-//-	6600	18	13	20	Ташкент
70	-//-	7500	19	14	18	Минск
71	-//-	6800	17	12	22	Брянск
72	-//-	8000	15	10	19	Алма-Ата
73	-//-	7300	20	15	24	Тбилиси
74	-//-	6900	21	17	23	Владимир
75	-//-	7200	14	9	18	Саратов
76	Сахарный песок	8200	18	12	21	Казань
77	-//-	7600	15	11	19	Брянск
78	-//-	6900	17	13	20	Воронеж
79	-//-	6400	13	9	16	Владивосток
80	-//-	6000	15	12	23	Одесса
81	-//-	7200	21	17	24	Н. Новгород
82	-//-	6600	20	16	23	Орел
83	-//-	6700	19	15	22	Волгоград
84	-//-	6300	18	12	20	Киев
85	-//-	7100	19	13	22	Кишинев
86	-//-	8300	17	10	19	Керчь
87	-//-	6700	18	11	23	Краснодар
88	-//-	7500	16	9	19	Харьков
89	-//-	6300	13	10	20	Курск
90	-//-	6600	18	11	21	Тамбов
91	Свеклович- ный жом	7700	20	10	24	Минск

Окончание табл. 11

Номер вариант а	Материал	m _н , кг/ч	Влажность		t _н , °C	Место установки
			w _н , %	w _к , %		
92	-//-	8400	18	11	23	Николаев
93	-//-	6500	19	8	20	Астрахань
94	-//-	7800	18	11	23	Воронеж
95	Подсолнечны е семена	6200	19	9	24	Саратов
96	-//-	7500	22	15	23	Краснодар
97	-//-	8100	20	13	22	Львов
98	-//-	6400	15	8	18	Казань
99	-//-	6000	17	9	22	Одесса
100	-//-	7000	20	8	27	Минск

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: КолосС 2006 г.
2. Машины и аппараты пищевых производств в 2^х кн.: Под ред. Акад. В.А. Панфилова. М.: Высшая школа 2001г., 1400с.
3. Круглов Г.А. Теплотехника / Г. А. Круглов , Р. И. Булгакова, Е. С.Круглова. - М. ; СПб. ; Краснодар : Лань, 2010. - 207 с.
4. Гидравлика, гидромашины и гидроприво́ды: учеб. пособие для студ. вузов по инж. спец. / Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко, А.Н. Румянцева, С.П. Стесин: под ред. С.П. Стесина. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 336 с.
5. Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие/ Д.М. Бородулин, В.Н. Иванец; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2007. – 168 с.
6. Мефодьев М.Н., Харченко Г.М., Мезенов А.А. Процессы и аппараты пищевых производств в агропромышленном комплексе: лекционный курс / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. Ин-т. – Новосибирск, 2009. – 150 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Трубы стальные бесшовные горячекатаные (ГОСТ 8732-58)

Наружный диаметр d_n , мм	Толщина стенки, мм		Наружный диаметр	Толщина стенки, мм	
	от	до		от	до
25	2,5	8	63,6	3	14
28	2,5	8	68	3	16
32	2,5	8	70	3	16
38	2,5	8	73	3	19
42	2,5	10	76	3	19
45	2,5	10	83	3,5	19
50	2,5	10	89	3,5	24
54	3	11	95	3,5	24
57	3	13	102	3,5	24
60	3	14	108	4	28

Таблица 2

Число труб, размещаемых в трубной доске по шестиугольникам

Число труб по диагоналям 6-угольника	Число труб в пучке без учета сегмента	Общее число труб в пучке	ε	Число труб по диагоналям 6-угольника	Число труб в пучке без учета сегмента	Общее число труб в пучке	ε
3	7	7	0,90	23	397	439	0,54
5	19	19	0,80	25	469	517	0,53
7	37	37	0,72	27	547	613	0,52
9	61	61	0,68	29	631	721	0,51
11	91	91	0,65	31	721	823	0,51
13	127	127	0,62	33	817	931	0,50

Окончание табл. 2

Число труб по диагона- лям 6-уголь- ника	Число труб в пучке без учета сегме- нта	Обще е число труб в пучке	ε	Число труб по диагона- лям 6-уголь- ника	Число труб в пучке без учета сегме- нта	Обще е число труб в пучке	ε
15	169	187	0,60	35	919	1045	0,49
17	217	241	0,58	37	1027	1165	0,48
19	271	301	0,57	39	1141	1303	0,47
21	331	367	0,56	41	1261	1459	0,47

Таблица 3

Физические свойства воды на линии насыщения

t	P	ρ	c·10 ⁻³	λ·10 ²	α·10 ⁷	ν·10 ⁶	β·10 ⁴	σ·10 ³	Pr
0	1,01	999,9	4,21	55,0	1,32	1,789	0,63	75,5	13,67
10	1,01	999,7	4,19	57,5	1,37	1,306	0,70	74,1	9,52
20	1,01	998,2	4,19	60,0	1,43	1,006	1,82	72,6	7,02
30	1,01	995,7	4,18	61,8	1,49	0,805	3,21	71,2	5,42
40	1,01	992,2	4,18	63,5	1,53	0,659	3,87	69,6	4,31
50	1,01	988,1	4,18	64,7	1,57	0,556	4,49	68,6	3,54
60	1,01	983,2	4,18	66,0	1,61	0,478	5,11	66,1	2,98
70	1,01	977,8	4,19	66,7	1,63	0,415	5,70	64,3	2,55
80	1,01	971,8	4,20	67,5	1,66	0,365	6,32	62,6	2,21
90	1,01	965,3	4,21	68,0	1,68	0,326	6,95	60,70	1,95
100	1,01	958,4	4,22	68,2	1,69	0,295	7,52	58,8	1,75
110	1,43	951,0	4,23	68,5	1,70	0,272	8,08	56,9	1,60
120	1,99	943,1	4,25	68,5	1,71	0,225	8,64	54,8	1,47
130	2,69	934,8	4,27	68,5	1,72	0,233	9,19	52,9	1,36
140	3,61	926,1	4,29	68,5	1,73	0,217	9,72	50,7	1,26

Окончание табл. 3

t	P	ρ	$c \cdot 10^{-3}$	$\lambda \cdot 10^2$	$a \cdot 10^7$	$\nu \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^4$	$\sigma \cdot 10^3$	Pr
150	4,75	917,0	4,32	68,5	1,73	0,203	10,3	48,8	1,17
160	6,17	907,4	4,35	67,4	1,73	0,191	10,7	46,6	1,10
170	7,91	897,8	4,38	67,9	1,73	0,181	11,3	44,3	1,05
180	10,03	886,9	4,42	67,5	1,73	0,173	11,9	42,3	1,00
190	12,55	878,0	4,46	67,0	1,72	0,165	12,6	40,0	0,96
200	15,52	863,0	4,51	66,3	1,72	0,158	13,3	37,6	0,93

Данные в таблице:

t - температура, °C;

c - удельная теплоемкость, Дж/кг·K;

a - коэффициент температуропроводности, м²/с;

β - коэффициент объемного расширения, K⁻¹;

σ - коэффициент поверхностного натяжения, Н/м;

P - давление, бар;

ρ - плотность, кг/м³;

λ - коэффициент теплопроводности, Вт/м·K;

ν - кинематическая вязкость, м²/с;

Pr - критерий Прандтля.

Таблица 4

Плотность водных растворов этилового спирта при t 20 °C
в зависимости от концентрации

Содержание спирта, %	ρ_{20} , кг/м ³	Содержание спирта	ρ_{20} , кг/м ³
5	989,3	55	902,5
10	981,9	60	891,1
15	975,1	65	879,4
20	968,6	70	867,6
25	961,7	75	855,6
30	953,8	80	843,3
35	944,9	85	831,0
40	935,2	90	818,0

Окончание табл. 4

Содержание спирта, %	ρ_{20} , кг/м ³	Содержание спирта	ρ_{20} , кг/м ³
45	922,5	95	804,2
50	911,4	100	789,3

Плотность растворов спирта (кг/м³) при температуре t (°C) определяется по формуле:

$$\rho_t = \rho_{20} - 0,66(t - 20).$$

Таблица 5

Плотность водных растворов сахара при t 20 °C
в зависимости от концентрации

%	ρ , кг/м ³	%	ρ , кг/м ³	%	ρ , кг/м ³	%	ρ , кг/м ³
1	1004	19	1079	37	1163	54	1254
2	1008	20	1083	38	1163	55	1260
3	1012	21	1087	39	1174	56	1266
4	1016	22	1092	40	1179	57	1271
5	1020	23	1097	41	1184	58	1277
6	1024	24	1101	42	1189	59	1283
7	1028	25	1105	43	1194	60	1289
8	1034	26	1110	44	1199	61	1295
9	1036	27	1115	45	1205	62	1301
10	1040	28	1120	46	1210	63	1307
11	1044	29	1124	47	1215	64	1313
12	1048	30	1129	48	1221	65	1319
13	1053	31	1134	49	1226	66	1325
14	1057	32	1139	50	1232	67	1331
15	1061	33	1144	51	1237	68	1337
16	1065	34	1149	52	1243	69	1343
17	1070	35	1153	53	1249	70	1350
18	1074	36	1158				

Плотность раствора сахара (кг/м³) при температуре t (°C) определяется по формуле:

$$\rho_t = \rho_{20} - (0,4 - 0,0025 \cdot b) \cdot (t - 20),$$

где b - концентрация раствора, %.

Таблица 6

Плотность водных растворов глицерина, кг/м³

t, °C	Концентрация, % масс.									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	1026	1050	1074	1100	1127	1154	1181	1208	1235	1261
30	1021	1045	1068	1094	1121	1148	1175	1202	1228	1255
40	1016	1040	1063	1088	1115	1141	1168	1296	1222	1248
50	1011	1034	1057	1083	1109	1135	1162	1189	1215	1242
60	1005	1029	1052	1077	1103	1129	1155	1183	1208	1235
70	1000	1024	1046	1071	1096	1122	1149	1176	1202	1229
80	994	1018	1040	1065	1090	1116	1142	1169	1195	1222
90	988	1013	1035	1059	1084	1110	1136	1162	1189	1216
100	983	1007	1029	1053	1078	1104	1130	1156	1183	1209

Таблица 7

Плотность, коэффициенты теплопроводности, теплоемкости
и кинематическая вязкость растительных масел

t, °C	Подсолнечное				Хлопковое			
	ρ , кг/м ³	λ , Вт/м·К	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/кг·К	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	ρ , кг/м ³	λ , Вт/м·К	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/кг·К	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с
20	921	0,168	1,93		914	0,168	2,0	75,1
30	914	0,167	1,96	41,3	907	0,167	2,03	48,6
40	907	0,164	1,99	29,3	900	0,164	2,06	39,4
50	900	0,163	2,02	23,0	893	0,163	2,09	23,6
60	893	0,163	2,05	17,0	887	0,163	2,12	17,6
70	886	0,160	2,08	12,8	880	0,160	2,15	13,5
80	880	0,159	2,11	10,4	873	0,159	2,18	10,5
90	873	0,157	2,14	8,3	867	0,157	2,21	8,6
100	866	0,156	2,17	6,7	860	0,156	2,24	6,9
110	859	0,155	2,20	5,6	853	0,155	2,27	5,8

Таблица 8

Плотность 100 % уксусной кислоты, кг/м³

Температура, °С	Плотность, кг/м ³	Температура, °С	Плотность, кг/м ³
0	1070	80	983
20	1049	90	972
30	1039	100	960
40	1025	110	948
50	1017	120	936
60	1006	130	923
70	995	140	909

Плотность смеси определяется по формуле:

$$\rho_{см} = \frac{100 \cdot \rho_a \cdot \rho_b}{a \cdot \rho_b + b \cdot \rho_a},$$

где ρ_b, ρ_a - плотности чистых веществ, кг/м³; a, b - содержание компонентов в смеси, %.

Таблица 9

Плотности водных растворов соли NaCl в зависимости
от концентрации и температуры ρ , кг/м³

%	Температура, °C											
	0	10	20	25	30	40	50	60	80	100	120	140
1	1007	1007	1005	1004	1002	999	994	990	978	965	952	937
2	1015	1014	1012	1011	1009	1005	1001	996	985	971	956	941
4	1030	1029	1026	1025	1023	1019	1015	1010	998	985	971	955
6	1045	1044	1041	1039	1037	1033	1029	1024	1012	999	984	969
8	1061	1059	1055	1053	1051	1047	1043	1038	1026	1013	998	983
10	1076	1074	1070	1068	1066	1062	1067	1052	1040	1027	1013	998
12	1092	1089	1085	1083	1081	1076	1072	1066	1054	1042	1027	1012
14	1108	1104	1100	1098	1096	1091	1086	1081	1069	1056	1042	1027
16	1124	1120	1116	1114	1111	1106	1101	1096	1084	1071	1056	1041
18	1140	1136	1131	1129	1127	1122	1116	1111	1099	1086	1072	1056
20	1156	1152	1147	1145	1142	1137	1132	1126	1114	1101	1087	1071
22	1173	1168	1163	1161	1158	1153	1148	1142	1130	1117	1103	1086
24	1189	1185	1180	1177	1175	1169	1164	1158	1146	1133	1118	1102
26	1207	1202	1197	1194	1191	1186	1180	1174	1162	1149	1133	1118
28	1225	1219	1214	1211	1207	1203	1196	1190	1178	1165	1150	1134

Таблица 10

Плотности водных растворов соли CaCl_2 в зависимости от концентрации и температуры ρ , кг/м^3

%	Температура, °C																	
	-5	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
2		1017	1016	1014	1013	1012	1008	1004	999	994	988	981	974	967	959	951	942	933
4		1034	1033	1031	1030	1028	1024	1020	1015	1010	1004	998	991	984	976	968	960	952
6		1052	1050	1048	1047	1045	1041	1037	1032	1027	1021	1014	1008	1001	993	985	977	969
8	1070	1070	1068	1065	1064	1062	1058	1054	1049	1043	1038	1031	1025	1018	1011	1003	995	987
10	1089	1088	1086	1083	1081	1080	1076	1071	1066	1061	1055	1049	1043	1036	1028	1021	1013	1005
12	1108	1107	1104	1101	1099	1097	1093	1089	1084	1078	1073	1066	1061	1053	1046	1039	1031	1023
14	1127	1126	1123	1119	1118	1116	1111	1107	1101	1096	1090	1084	1079	1072	1064	1057	1050	1043
16	1147	1145	1142	1138	1136	1134	1130	1125	1120	1114	1109	1103	1097	1090	1083	1076	1069	1062
18	1167	1166	1161	1157	1155	1153	1149	1144	1138	1133	1127	1121	1116	1109	1102	1095	1088	1081
20	1187	1185	1181	1177	1175	1173	1168	1163	1158	1152	1147	1141	1135	1128	1121	1115	1108	1101
25	1237	1237	1233	1228	1226	1223	1218	1213	1207	1202	1196	1190	1184	1178	1173	1167	1161	1155
30		1292	1286	1281	1276	1276	1270	1265	1259	1253	1247	1241	1235	1229	1223	1216	1211	1204
35				1337	1334	1331	1325	1319	1313	1307	1301	1295	1289	1283	1277	1271	1265	1259

Таблица 11

Вязкость смесей этилового спирта с водой, СПЗ (мПа·с)

Темпе- ратура, °С	Содержание спирта, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	3,311	5,319	6,94	7,14	6,59	5,75	4,762	3,690	2,732	1,773
5	2,577	4,065	5,29	5,59	5,26	4,63	3,906	3,125	2,309	1,623
10	2,178	3,165	4,05	4,39	4,18	3,77	3,268	2,710	2,710	1,466
15	1,792	2,618	3,26	3,53	3,44	3,14	2,770	2,309	1,802	1,332
20	1,538	2,183	2,71	2,91	2,87	2,67	2,370	2,008	1,610	1,200
25	1,323	1,815	2,18	2,35	2,40	2,24	2,037	1,748	1,424	1,096
30	1,160	1,553	1,87	2,02	2,02	1,95	1,767	1,531	1,279	1,003
35	1,006	1,332	1,53	1,72	1,72	1,66	1,329	1,355	1,147	0,914
40	0,907	1,160	1,568	1,482	1,499	1,447	1,344	1,203	1,035	0,834
45	0,812	1,015	1,189	1,239	1,294	1,271	1,189	1,081	0,939	0,764
50	0,734	0,907	1,050	1,132	1,155	1,127	1,062	0,968	0,848	0,702
55	0,665	0,814	0,929	0,998	1,020	0,997	0,943	0,867	0,764	0,644
60	0,609	0,736	0,834	0,834	0,913	0,902	0,856	0,798	0,704	0,592
65	0,554	0,666	0,752	0,802	0,818	0,806	0,766	0,711	0,641	0,551
70	0,514	0,608	0,683	0,727	0,740	0,729	0,695	0,650	0,589	0,504
75	0,476	0,559	0,624	0,663	0,672	0,663	0,636	0,600	0,546	0,471
80	0,430	0,505	0,567	0,601	0,612	0,604	-	-	-	-

Таблица 12

Вязкость водных растворов сахара μ , СПЗ = 1 мПа·с

Кон- цент- рация	Температура, °С														
	30	40	50	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130
16	1,24	1,02	0,84	0,70	0,66	0,63	0,57	0,52	0,51	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	0,41
18	1,37	1,11	0,91	0,77	0,70	0,65	0,60	0,55	0,52	0,52	0,49	0,46	0,45	0,44	0,43
20	1,51	1,21	0,93	0,82	0,74	0,69	0,64	0,59	0,55	0,53	0,50	0,47	0,46	0,45	0,44
30	2,44	1,9	1,5	1,22	1,12	1,02	0,92	0,81	0,77	0,71	0,67	0,62	0,56	0,51	0,47
40	4,47	3,32	2,56	2,02	1,78	1,62	1,46	1,32	1,22	1,10	1,04	0,96	0,82	0,72	0,64
50	10,3	7,2	5,02	3,2	3,5	3,0	2,8	2,38	2,18	1,92	1,76	1,56	1,32	1,10	0,97
60	34,0	21,4	14,3	9,84	8,34	7,17	6,20	5,32	4,75	4,10	3,72	3,18	2,52	1,90	1,45
62	49,5	30,3	19,6	13,2	11,4	9,3	8,3	6,9	6,1	5,2	4,6	4,0	3,155	2,40	1,85
64	71,5	42,1	26,5	17,5	14,8	12,0	10,6	8,9	7,3	6,4	5,2	4,9	3,8	3,0	2,25
66	93,0	55,5	31,1	21,8	18,1	15,0	12,7	10,5	9,0	7,7	6,4	5,8			
68	139	77,0	41,3	26,5	21,0	17,6	14,45	12,35	10,4	8,8	7,5	6,6			
70	161	95,0	51,0	31,0	24,7	19,9	17,1	13,5	11,5	9,8	8,4	7,5			
72	374	180	97	50	39,9	32,1	28,6	21,8							
74	670	301	151	86	53,5	53,4	49,2	37,5							
76	1260	520	249	133	97,5	78,0	67,5	52,0							
78		1030	470	288	167	131	113	78							
80		2260	929	423	310	220	190	125							
82		5450	2050	866	634	414	251	222							
84			5160	1820	1070	858	681	434							

Коэффициент теплопроводности растворов солей (Вт/(м·°K))

$$\lambda = \lambda_{\text{в}} \cdot (1 - b \cdot \alpha \cdot 10^{-5}),$$

где $\lambda_{\text{в}}$ - коэффициент теплопроводности воды при данной температуре, Вт/(м·°K);

b - концентрация, %;

α - растворенное вещество (см. табл. 13).

Таблица 13

Данные для расчета

Растворенное вещество	CaCl ₂	NaCl
α	309	248

Коэффициент теплопроводности сахарных растворов (Вт/(м·°K))

$$\lambda = K \cdot \lambda_{\text{в}} \cdot (1 - 556 \cdot 10^{-5} \cdot b),$$

где $\lambda_{\text{в}}$ - коэффициент теплопроводности воды при данной температуре, Вт/(м·°K)

b - концентрация, %;

K - безразмерный коэффициент (см. табл. 14).

Таблица 14

Данные для расчета

K	1,0	0,95	0,890	0,834	0,777	0,720	0,660	0,605
%	0	10	20	30	40	50	60	70

Удельная теплоемкость растворов солей и щелочей
(кДж/(кг·°K))

$$c = c_c \cdot \frac{b}{100} + c_b \cdot \frac{100 - b}{100},$$

где c_b - удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°K);

b - концентрация раствора, %.

Удельная теплоемкость растворов сахара (кДж/(кг·°K))

$$c = 4,19 - (2,52 - 0,0075 \cdot t) \cdot \frac{b}{100},$$

где t - температура, °C;

b - концентрация, %.

Таблица 15

Удельная теплоемкость сухих веществ

Растворенное вещество	NaCl	CaCl ₂
c , кДж/(кг·°K)	0,87	0,685

Динамические коэффициенты вязкости жидких веществ
и водных растворов в зависимости от температуры

Вещество	Динамический коэффициент вязкости, мПа (сП)										
	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	80 °C	100 °C	120 °C	
Глицерин, 100 %	12 100	3950	1480	600	3,30	180	102	35	13	5,2	
Глицерин, 50 %	12	8,5	6,05	4,25	3,5	2,6	2	1,2	0,73	0,45	
Укс. к-та, 100 %	-	-	1,22	1,04	0,9	0,79	0,7	0,56	0,46	0,37	
Укс. к-та, 50 %	4,35	3,03	2,21	1,7	1,35	1,11	0,92	0,65	0,5	0,4	
Этил. спирт, 100 %	1,78	1,46	1,19	1,0	0,825	0,70	0,59	0,43	0,32	0,24	
Этил. спирт, 80 %	3,69	2,71	2,01	1,53	1,2	0,97	0,79	0,57	0,52	0,43	
Этил. спирт, 60 %	5,75	3,77	2,67	1,93	1,45	1,13	0,9	0,6	0,45	0,34	
Этил. спирт, 40 %	7,14	4,39	2,91	2,02	1,48	1,13	0,89	0,6	0,44	0,34	
Этил. спирт, 20 %	5,32	3,17	2,18	1,55	1,16	0,91	0,74	0,51	0,38	0,3	

Таблица 17

Коэффициент объемного расширения жидких веществ
и водных растворов в зависимости от температуры

Вещество	$\beta \cdot 10^3$							
	-20 °C	0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C	120 °C
Кальций хлористый, 25 % р-р	0,35	0,35	0,39	0,43	0,46	0,49	0,51	0,55
Уксусная кислота	-	1,05	1,07	1,11	1,14	1,18	1,23	1,3
Этиловый спирт	1,03	1,05	1,08	1,13	1,22	1,33	1,44	1,87
Глицерин, 50 %	-	-	0,53	-	-	-	-	-
Глицерин, 100 %	-	-	0,53	-	-	-	-	-

Коэффициенты теплопроводности некоторых жидкостей λ , ккал/м·ч·°C

Вещество	Температура, °C						
	0	20	40	60	80	100	120
Уксусная к-та, 50 %	0,1	0,15	0,145	0,142			
Уксусная к-та, 100 %	0,155	0,15	0,145	0,143			
Глицерин, 100 %	0,235	0,240	0,242	0,243	0,245	0,250	0,255
Глицерин, 50 %	0,33	0,365	0,375	0,420			
Спирт этил., 20 %	0,38	0,410	0,44	0,465	0,490		
Спирт этил., 40 %	0,30	0,33	0,33	0,355	0,410		
Спирт этил., 60 %	0,215	0,245	0,27	0,30	0,325		
Спирт этил., 80 %	0,223	0,225	0,226	0,226	0,225	0,225	0,225
Спирт этил., 100 %	0,160	0,155	0,150	0,147			

Пересчет в СИ: 1 ккал/м·ч·°C = 1,163 Вт/(м·K).

Средняя удельная теплоемкость некоторых жидкостей
 c , кДж/(кг·°K)

Жидкость	Температура, °C							
	20	40	50	60	70	80	90	100
Спирт этил., 100 %	2,48	2,72	2,84	2,96	3,08	3,21	3,36	3,51
Спирт этил., 80 %	2,83	3,01	3,11	3,22	3,33	3,43	3,53	3,64
Спирт этил., 60 %	3,14	3,31	3,40	3,48	3,54	3,60	3,69	3,77
Спирт этил., 40 %	3,51	3,64	3,66	3,69	3,75	3,81	3,89	3,94

Жидкость	Температура, °С							
	20	40	50	60	70	80	90	100
Спирт этил., 20 %	3,85	3,90	3,91	3,93	3,95	3,98	4,02	4,06
Уксусная к-та, 100 %	1,99	2,10	2,15	2,21	2,26	2,31	2,36	2,42
Уксусная к-та, 50 %	3,10	3,14	3,16	3,18	3,22	3,26	3,28	3,30
Глицерин, 50 %	3,56	3,52	3,52	3,52	-	-	-	-
Глицерин, 100 %	3,20	2,42	2,50	2,55	2,60	2,70	2,73	2,80

Пересчет в СИ: $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{К}) = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{К})$.

Таблица 20

Физические свойства молока и сливок

$t, ^\circ\text{C}$	Плотность ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Удельная теплоёмкость c , $\text{Дж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{К}$	Удельная теплопроводность λ , $\text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{К}$	Коэффициент динамической вязкости $\mu \cdot 10^6$, $\text{Па} \cdot \text{с}$	Коэффициент кинематической вязкости $\nu \cdot 10^6$, $\text{м}^2/\text{с}$	Критерий Прандтля Pr
МОЛОКО						
20	1029	3913	0,495	1790	1,74	14,2
25	1027	3918	0,512	1541	1,50	11,8
30	1025	3922	0,523	1333	1,30	9,95
40	1021	3934	0,552	1041	1,02	7,50
45	1019	3918	0,570	937	0,92	6,10
50	1017	3897	0,581	854	0,84	5,50
55	1014	3876	0,593	771	0,76	5,00
60	1011	3855	0,605	708	0,70	4,50
65	1009	3858	0,605	656	0,65	4,10
70	1006	3855	0,616	624	0,62	3,90
75	1003	3855	0,628	582	0,58	3,60
80	1000	3855	0,640	560	0,56	3,43

$t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho, \text{кг/м}^3$	Удельная теплоёмкость $c, \text{Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$	Удельная теплопроводность $\lambda,$	Коэффициент динамической вязкости $\mu \cdot 10^6, \text{Па} \cdot \text{с}$	Коэффициент кинематическ ой вязкости $\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Критерий Прандтля Pr
СЛИВКИ						
20	994	4022	0,371	17728	11,8	148,00
25	992	4106	0,321	8824	8,9	114,75
30	998	3855	0,324	6916	7,0	81,50
35	985	3687	0,329	5417	5,5	64,35
40	983	3570	0,334	4227	4,3	47,20
45	982	3612	0,340	4124	4,2	36,00
50	981	3599	0,345	2548	2,6	26,00
55	980	3599	0,351	2519	2,57	25,55
60	970	3603	0,358	2503	2,57	25,10
65	971	3603	0,3675	2466	2,54	23,10
70	965	3603	0,381	2451	2,54	23,10
75	964	3603	0,390	2449	2,54	23,00
80	962	3603	0,398	2453	2,55	23,00

Таблица 21

Вязкость водных растворов неорганических веществ μ , мПа·с

Вещество	Концентрация, %	Температура, $^\circ\text{C}$					
		-10	0	10	20	30	40
NaCl	5		1,86	1,39	1,07	0,87	0,71
	10		2,01	1,51	1,19	0,95	0,78
	15	3,37	2,27	1,69	1,34	1,07	0,89
	20	4,08	2,67	1,99	1,86	1,24	1,03
	25	5,19	3,31	2,38	1,86	1,46	1,20
CaCl ₂	5		1,93	1,41	1,10	0,90	0,72
	10		2,17	1,58	1,27	1,00	0,80
	15	4,1	2,58	1,87	1,52	1,21	0,98
	20	4,9	3,14	2,32	1,89	1,50	1,21
	25	6,3	4,03	3,05	2,54	1,92	1,52
	30	9,1	5,8	4,4	3,6	2,9	2,3
	35	14,2	8,9	6,6	5,1	4,2	3,32
	40				8,9	6,9	5,1

	Концентрация, %	Температура, °С					
		50	60	70	80	90	100
NaCl	5	0,60	0,51	0,45	0,40	0,35	0,32
	10	0,67	0,57	0,51	0,45	0,41	0,37
	15	0,75	0,64	0,56	0,50	0,45	0,41
	20	0,87	0,74	0,64	0,87	0,51	0,47
	25	1,05	0,91	0,77	0,67	0,60	0,54
CaCl ₂	5	0,62	0,52	0,46	0,41	0,36	0,32
	10	0,68	0,59	0,51	0,45	0,40	0,36
	15	0,84	0,72	0,63	0,54	0,47	0,42
	20	1,05	0,90	0,79	0,68	0,58	0,51
	25	1,31	1,14	0,98	0,84	0,73	0,63
	30	1,90	1,58	1,35	1,15	0,97	1,82
	35	2,80	2,32	1,95	1,65	1,45	1,20
	40	4,25	3,51	2,93	2,47	2,05	1,65

Таблица 22

Коэффициенты теплопроводности некоторых материалов, Вт/(м·°К)

Наименование материала	λ
Алюминий	200
Асбест	0,116
Асбозурит	0,178
Латунь	85
Медь	380
Накипь котельная	1,4÷3,1
Ньювелъ	0,093
Свинец	35
Совелит	0,10
Сталь, чугун	45
Сталь нержавеющая	17
Стекло	0,75
Стекловата	0,035÷0,070
Шлаковая вата	0,07

Таблица 23

Значение нормальной депрессии
для водных растворов различных веществ, °С

Растворе нное веществ о	Концентрация, %										
	10	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70
NaCl	1,9	4,9	9,6								
CaCl ₂	1,5	4,5	10,5	14,3	19	24,3	30	36,5	43,0		
Сахар	0,2	0,4	0,7	0,9	1,2	1,5	2,0	2,6	3,8	4,2	5,4

Таблица 24

Поправочный коэффициент в формуле Тищенко

Абсолютное давление	η
0,06	0,64
0,08	0,66
0,1	0,69
0,15	0,73
0,2	0,76
0,3	0,81
0,4	0,85
0,5	0,89
0,6	0,91
0,8	0,96
1,0	1,00

Таблица 25

Средняя температура и относительная влажность
атмосферного воздуха в различных районах СНГ

Наименование пункта	Январь		Июль	
	t, °С	ϕ , %	t, °С	ϕ , %
Алма-Ата	-8,6	87	22,1	56
Астрахань	-7,1	91	23,2	58
Ашхабад	-0,4	84	29,6	41
Баку	3,4	82	23,3	65
Батуми	6,3	78	23,1	84

Наименование пункта	Январь		Июль	
	t, °C	φ, %	t, °C	φ, %
Брянск	-8,8	88	18,2	74
Владивосток	-13,7	74	20,6	77
Ворошиловград	-7,0	84	22,2	69
Владимир	-11,7	84	18,3	69
Вологда	-12,0	85	17,0	70
Воронеж	-9,8	90	20,0	62
Волгоград	-9,9	85	20,7	50
Грозный	-4,9	88	23,9	70
Днепропетровск	-6,0	88	22,3	60
Екатеринбург	-16,2	84	17,2	70
Ереван	-5,8	89	25,0	50
Иваново	-12,0	90	18,8	71
Казань	-13,6	86	19,9	63
Калуга	-9,7	89	18,4	68
Керчь	-1,3	88	23,4	68
Киев	-6,0	89	19,3	69
Кишинев	-4,3	88	21,6	62
Краснодар	-2,1	90	23,7	67
Курск	-9,3	88	19,4	67
Львов	-4,0	87	18,1	74
Минск	-6,8	88	17,5	78
Н. Новгород	-12,2	89	19,4	68
Николаев	-4,0	88	23,1	68
Одесса	-3,1	88	22,6	61
Орел	-9,6	92	18,6	77
Рига	-5,1	86	17,9	75
Ростов-на-Дону	-6,1	89	23,7	59
Саратов	-11,3	84	23,1	53
Смоленск	-8,4	88	17,6	78
Тамбов	-11,1	88	20,0	68
Ташкент	-1,3	81	25,8	46
Тбилиси	-1,0	80	24,6	51
Харьков	-7,7	88	20,6	65
Херсон	-3,4	89	23,3	62
Челябинск	-16,2	84	18,6	72

Таблица 26

Параметры сушки и характеристика различных материалов

Материал	t_1	t_2	Θ_2	A	w_b	$c_{\text{сух}}$	ρ	β	α
Аммиачная селитра	100÷120	60	55	4÷6	1,5÷2,0	1600	800÷850	0,14	4
Кукуруза	150	55	50	20	2,5÷3,0	1550	600÷850	0,18	4
Поваренная соль	150÷200	45	40	7÷9	1,5÷2,0	900	700÷750	0,14	4
Подсолнечные семена	200÷220	60÷70	50÷65	20	1,8÷2,0	1520	440÷460	0,15	3
Пшеница ($w_n < 20\%$)	120	55	50	20	2,0÷2,5	1650	750÷850	0,15	3
Пшеница ($w_n > 20\%$)	140	55	50	20	2,0÷2,5	1650	750÷850	0,15	3
Сахарный песок	100÷125	70÷80	70÷80	7	0,8÷1,0	1100	790	0,15	4
Свежловичный жом	400	100	90	100÷120	1,8÷2,2	1340	220÷600	0,18	4
Сернокислый аммоний	120	65	55	9÷11	1,5÷2,0	1380	900÷1000	0,14	4
Ячмень ($w_n < 20\%$)	130	50	45	15÷20	1,8÷2,3	1750	800÷850	0,16	3
Ячмень ($w_n > 20\%$)	150	55	50	15÷20	1,8÷2,3	1750	800÷850	0,16	3

Данные в таблице:

t_1 - предельная температура сушильного агента, °C;

t_2 - температура сушильного агента на выходе из сушилки, °C;

Θ_2 - предельная температура нагрева материала, °C;

A - напряжение барабана по влаге, кг/(м³·ч);

w_b - допустимая скорость агента на выходе из сушилки, м/с;

$c_{\text{сух}}$ - удельная теплоемкость абсолютно сухого материала, Дж/(кг·°K);

ρ - насыпная плотность материала, кг/м³;

β - коэффициент заполнения барабана;

α - угол наклона барабана, град.

Таблица 27

Объем влажного воздуха на 1 кг сухого воздуха V_0 , м³/кг

$\begin{matrix} \phi \\ t \end{matrix}$	10	20	30	40	50	60	70	80
40	0,912	0,919	0,925	0,933	0,940	0,947	0,954	0,962
45	0,928	0,937	0,947	0,956	0,966	0,976	0,986	0,996
50	0,945	0,958	0,979	0,983	0,996	1,01	1,02	1,04
55	0,963	0,979	0,996	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09
60	0,982	1,00	1,02	1,05	1,07	1,09	1,12	1,15
65	1,00	1,08	1,08	1,09	1,12	1,15	1,19	1,22
70	1,02	1,06	1,09	1,13	1,17	1,22	1,27	1,32
75	1,05	1,09	1,14	1,25	1,31	1,38	1,31	1,46
80	1,07	1,13	1,19	1,26	1,34	1,43	1,63	1,65
85	1,10	1,17	1,26	1,36	1,46	1,59	1,75	1,94
90	1,13	1,22	1,33	1,47	1,63	1,83	2,08	2,42
95	1,16	1,28	1,43	1,62	1,86	2,19	2,65	3,35
100	1,20	1,35	1,55	1,81	2,17	2,72	3,63	5,45

Таблица 28

Удельная теплота парообразования, кДж/кг

Вещество	Температура, °C							
	0	20	40	60	80	100	120	140
Уксусная кислота	-	352	365	375	384	390	405	396
Этиловый спирт	920	910	900	877	850	810	760	710

Таблица 29

Равновесные составы фаз бинарных смесей
при атмосферном давлении

Компоненты		X, моль %	Y, моль %	t, °C
A	B			
Вода $m_f = 18$	Уксусная кислота $m_b = 60$	0	0	118,7
		15	26,2	111,8
		25	40,0	108,9

Окончание табл. 29

Компоненты		X, моль %	Y, моль %	t, °C
А	В			
Вода $m_f = 18$	Уксусная кислота $m_b = 60$	40	57,0	105,7
		50	66,0	104,3
		60	74,0	103,1
		70	81,5	102,0
		80	87,8	101,1
		90	98,7	100,5
		100	100,0	100,0
Этиловый спирт $m_a = 46,1$ $a_m = 95,6 \%$ $x_m = 89,4 \%$ $t_m = 78,15 \text{ } ^\circ\text{C}$	Вода $m_b = 18$	0	0	100,0
		1,9	17,0	95,5
		7,2	38,9	89,0
		9,7	43,8	86,7
		12,4	47,0	85,3
		16,6	50,9	84,1
		23,4	54,5	82,7
		32,7	58,3	81,5
		39,7	61,2	80,7
		50,8	65,6	79,8
		57,3	68,4	79,3
		67,6	73,9	78,7
		74,7	78,2	78,4
		89,4	89,4	78,15
		100,0	100,0	78,3

Таблица 30

Насыщенный пар и вода на линии насыщения (по давлению)

P	t	ρ_v	ρ_n	i'	i''	r
0,04	28,98	995,9	0,02873	121,4	2554	2438
0,045	31,03	995,3	0,03211	130,0	2557	2427
0,050	38,88	994,7	0,03547	137,8	2561	2423
0,055	34,59	994,2	0,03880	144,9	2564	2419
0,060	36,18	993,6	0,04212	151,5	2567	2415
0,065	37,65	993,1	0,04542	157,7	2570	2412
0,070	39,03	992,5	0,04871	163,4	2572	2409
0,075	40,32	992,0	0,05198	168,8	2574	2405
0,080	41,54	991,5	0,05525	173,9	2576	2402
0,085	42,69	991,0	0,05849	178,7	2578	2399

P	t	ρ_B	ρ_n	i'	i''	r
0,090	43,79	990,6	0,06172	183,3	2580	2397
0,095	44,84	990,2	0,06473	187,7	2582	2394
0,10	45,84	989,8	0,06812	191,9	2584	2392
0,11	47,72	989,0	0,07462	199,7	2586	2388
0,12	49,45	988,2	0,08097	207,0	2591	2384
0,13	51,07	987,5	0,08726	213,8	2594	2380
0,14	52,58	986,8	0,09354	220,1	2596	2376
0,15	54,00	986,1	0,09880	226,1	2599	2373
0,16	55,34	985,5	0,1060	236,9	2603	2366
0,17	56,61	984,9	0,1123	237,2	2604	2365
0,18	57,82	984,3	0,1185	241,9	2605	2363
0,19	58,98	983,7	0,1247	246,7	2607	2360
0,20	60,08	983,1	0,1308	251,4	2609	2358
0,21	61,14	982,5	0,1369	255,9	2611	2355
0,22	62,16	982,0	0,1430	260,2	2613	2353
0,23	63,14	981,5	0,1491	264,3	2614	2350
0,24	64,08	981,0	0,1551	268,2	2616	2348
0,25	64,99	980,5	0,1612	272,0	2618	2346
0,26	65,88	980,0	0,1673	275,7	22620	2344
0,27	66,73	979,5	0,1733	279,3	2621	2342
0,28	67,55	979,0	0,1793	282,7	2623	2430
0,29	68,35	978,5	0,1853	286,0	2624	2336
0,30	69,12	978,1	0,1913	289,3	2625	2336
0,32	70,60	977,3	0,2032	295,5	2627	2332
0,34	72,02	976,5	0,2151	301,5	2630	2338
0,36	73,36	975,8	0,2269	307,1	2632	2325
0,38	74,64	975,0	0,2387	312,5	2634	2322
0,40	75,88	974,2	0,2504	317,7	2636	2318
0,45	78,75	972,5	0,2797	329,6	2641	2311
0,50	81,35	970,9	0,3087	340,6	2645	2304
0,55	83,74	969,4	0,3375	350,7	2649	2298
0,60	85,95	968,0	0,3661	360,0	2653	2293
0,65	88,02	966,6	0,3946	368,6	2657	2288
0,70	89,87	965,3	0,4230	376,8	2660	2283
0,75	91,80	964,1	0,4512	384,5	2663	2278
0,80	93,52	962,9	0,4792	391,8	2665	2273
0,85	95,16	961,8	0,5071	398,7	2668	2269
0,90	96,72	960,7	0,5350	405,3	2670	2265

P	t	ρ_B	ρ_n	i'	i''	r
0,95	98,21	959,6	0,5627	411,4	2673	2261
1,00	99,64	958,5	0,5903	417,4	2675	2258
1,1	102,32	956,7	0,6453	428,9	2679	2250
1,2	104,81	954,9	0,6999	439,4	2683	2244
1,3	107,14	953,2	0,7545	449,2	2667	2238
1,4	109,33	951,4	0,8080	458,5	2690	2232
1,5	111,38	949,9	0,8627	467,2	2693	2226
1,6	113,38	948,4	0,9164	475,4	2695	2221
1,7	115,17	947,0	0,9690	483,2	2699	2216
1,8	116,94	946,6	1,029	490,7	2702	2211
1,9	118,62	944,2	1,076	497,9	2704	2206
2,0	120,23	942,9	1,129	504,8	2707	2202
2,1	121,78	941,5	1,182	511,4	2709	2198
2,2	123,27	940,4	1,235	517,8	2711	2193
2,3	124,74	939,3	1,287	524,0	2713	2189
2,4	126,09	938,1	1,340	529,8	2715	2185
2,5	127,43	987,0	1,392	535,4	2717	2182
2,6	128,73	935,8	1,440	540,9	2719	2178
2,7	129,98	934,7	1,496	546,2	2721	2175
2,8	131,2	933,7	1,548	551,4	2722	2171
2,9	132,39	932,7	1,599	551,5	2724	2167
3,0	133,54	931,7	1,651	561,4	2725	2164
3,1	134,66	930,7	1,703	566,3	2727	2161
3,2	135,75	929,8	1,754	571,1	2728	2157
3,3	135,82	928,8	1,805	575,7	2730	2154
3,4	137,86	927,9	1,857	580,2	2731	2151
3,5	138,89	927,0	1,908	584,5	2732	2148
3,6	139,87	926,1	1,959	588,7	2734	2145
3,7	140,84	925,2	2,010	592,8	2735	2141
3,8	141,79	924,4	2,061	596,8	2736	2139
3,9	142,71	923,6	2,112	600,8	2737	2136
4,0	143,62	922,8	2,163	604,7	2738	2133
4,1	144,51	922,0	2,213	608,5	2740	2131
4,2	145,39	921,2	2,264	612,3	2741	2129
4,3	146,25	920,4	2,315	616,1	2742	2126
4,4	147,09	919,6	2,366	619,8	2743	2123
4,5	147,92	918,8	2,416	623,4	2744	2121
4,6	148,73	918,5	2,467	626,9	2755	2118

P	t	$\rho_{\text{в}}$	$\rho_{\text{п}}$	i'	i''	r
4,7	149,53	917,3	2,517	630,3	2746	2116
4,8	150,31	916,5	2,568	633,7	2747	2113
4,9	151,08	915,8	2,618	636,9	2748	2111
5,0	151,84	915,1	2,669	640,1	2749	2109
5,2	153,32	913,7	2,769	646,5	2750	2104
5,4	154,76	912,4	2,869	625,7	2752	2099
5,6	156,16	911,0	2,969	658,8	2764	2095
5,8	157,52	909,7	3,069	664,7	2755	2090
6,0	158,84	908,5	3,169	670,5	2757	2086
6,2	160,12	907,2	3,268	667,0	2758	2086
6,4	161,37	906,0	3,367	681,5	2760	2078
6,6	162,59	904,8	3,467	686,9	2761	2074
6,8	163,39	903,6	3,566	692,1	2762	2070
7,0	164,96	902,4	3,666	697,2	2764	2067
7,2	166,10	901,2	3,765	702,2	2765	2063
7,4	167,21	900,1	3,864	707,1	2766	2059
7,6	168,30	899,0	3,968	711,8	2767	2055

Данные в таблице:

P - абсолютное давление, бар;

t - температура, °C;

$\rho_{\text{в}}$ - плотность кипящей воды, кг/м³;

$\rho_{\text{п}}$ - плотность сухого насыщенного пара, кг/м³;

i' - энтальпия кипящей воды, кДж/кг;

i'' - энтальпия сухого насыщенного пара, кДж/кг;

r - скрытая теплота парообразования, кДж/кг.