

Некоторые термодинамические термические коэффициенты сахарных растворов

Д. Е. СИНАТ-РАДЧЕНКО
КТИПП

Коэффициент изобарного термического расширения β_p , K^{-1} , характеризует относительное изменение удельного объема v , $m^3 \cdot kg^{-1}$, раствора сахарозы в случае изменения его температуры T ($T=t+273,15 K$) на 1 К при неизменном давлении p , Па, $\beta_p = (\partial v / \partial T)_p / v$. Зависимость $\beta_p = f(CB, t)$ при $p=0,1$ МПа (рис. 1) получена нами на основе данных плотности растворов сахарозы [1].

На рис. 1 видно, что с повышением СВ значения β_p растворов с разной t сближаются и для пересыщенных растворов сахарозы (коэффициент пересыщения $\Pi > 1$) $\beta_p = (40 \pm 7) \cdot 10^{-5} K^{-1}$. При $CB = const$ с повышением t β_p растет. Так как линии, обозначающие $\beta_p = f(t)$, представляют собой слабо изогнутые кривые, для небольших интервалов t значения β_p можно брать при средней для рассматриваемого интервала температуре t_m . Например, если температура сиропа с $CB=65\%$ (плотность и β_p раствора при одинаковых СВ почти не зависят от доброкачественности раствора) изменяется от $t_1=75^\circ C$ до $t_2=85^\circ C$, то $t_m=0,5(t_1+t_2)=$

$=80^\circ C$, а $\beta_p=48,5 \cdot 10^{-5} K^{-1}$. Объем сиропа при нагреве увеличивается по сравнению с первоначальным в $1+\beta_p(t_2-t_1)=1+48,5 \times 10^{-5} (85-75)=1,00485$ раза, т. е. возрастает на 0,485%. В аналогичных условиях объем очищенного диффузионного сока с $CB=13\%$ (при $80^\circ C$ для него $\beta_p=60 \times 10^{-5} K^{-1}$) возрастает на 0,6%.

Данные о β_p используются в расчетах теплообмена при свободной конвекции и ламинарном режиме вынужденного движения растворов сахарозы. При $t=10-120^\circ C$, $p=0,1$ МПа и $CB=12-90\%$ с предельной относительной погрешностью $\delta\beta_p=8\%$ и среднеквадратичным значением относительной погрешности аппроксимации $S\beta_{p1} = 0,13\%$ для сахарных растворов

$$\begin{aligned} \beta_p \cdot 10^5 = & -6,410439 + 1,125829t - \\ & -2,908794 \cdot 10^{-3}t^2 + (0,9290535 - \\ & -1,811269 \cdot 10^{-2}t + 3,964198 \cdot 10^{-5}t^2)CB + \\ & + (-5,263942 \cdot 10^{-3} + 7,890212 \cdot 10^{-5}t - \\ & -1,252039 \cdot 10^{-7}t^2)CB^2 \end{aligned}$$

С ростом p величина β_p при $t > 45^\circ C$ снижается (при $t < 45^\circ C$ повышается) и, например, для диффузионного сока с $CB=13\%$ при $80^\circ C$ и 25 МПа составляет $57,8 \cdot 10^{-5}$ вместо $60 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ при 0,1 МПа.

Коэффициент изотермической сжимаемости β_T , Mpa^{-1} , (рис. 2) характеризует обратимое относительное уменьшение объема раствора сахарозы в случае повышения давления на 1 МПа при постоянной температуре $\beta_T = -(\partial v / \partial p)_T / v$. С повышением p уменьшается v (этим объясняется знак минус), а значения β_T растворов сахарозы снижаются сначала более резко, а затем все меньше и меньше [2, 3]. Под воздействием p изменяются структура (сокращается объем пустот, молекулы располагаются более компактно, может произойти деформация молекул и внешних электронных оболочек атомов) и свойства (например, повышается вязкость) раствора.

Значения β_T (на рис. 2 штрихами показаны участки кривых, полученные графической экстраполяцией в большом масштабе и нескольких системах координат) нужны для учета сжимаемости раствора, например, при его сгущении с помощью обратного ос-

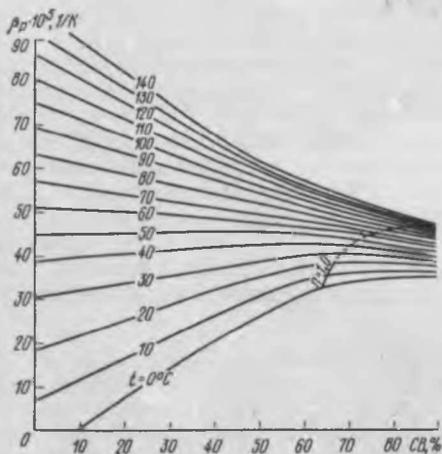


Рис. 1 Коэффициент изобарного термического расширения сахарных растворов при $p=0,1$ МПа

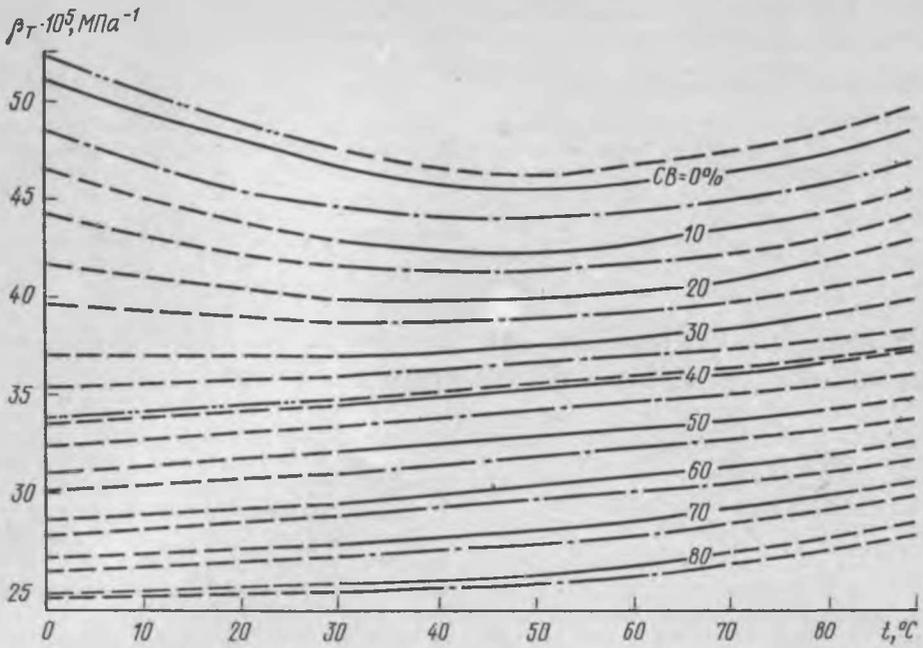


Рис. 2. Коэффициент изотермической сжимаемости сахарных растворов при p , МПа:
 — 0—10; —▲— 10—20; —■— 0—0,1

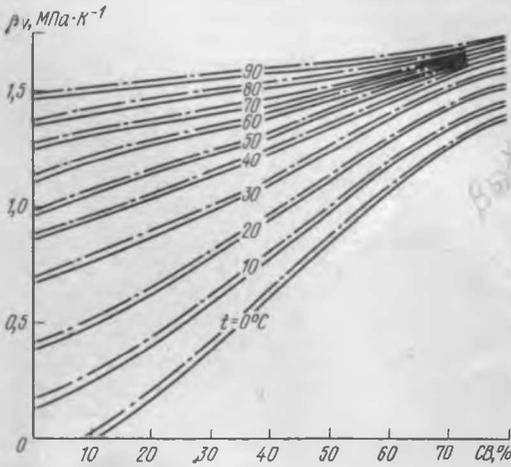


Рис. 3. Изохорная упругость сахарных растворов при p , МПа:
 — 0—10; — - - - 10—20

моса. При температуре 80°C и $p = 0,1$ МПа в сиропе с $CB = 65\%$ значение $\beta_T = 30,3 \times 10^{-5}$ МПа $^{-1}$, а для диффузионного сока с $CB = 13\%$ эта величина будет 42×10^{-5} МПа $^{-1}$. При $p \leq 100$ МПа, $CB = 0-80\%$, $t = 40-90^\circ\text{C}$ и для $t = 0-40^\circ\text{C}$ при $CB \geq 30\%$ с $\delta\beta_T = 10\%$ у сахарных растворов $\beta_T \cdot 10^5 = 36 - 0,25CB - 0,001p (130 - CB) \pm 0,03T$.

С увеличением CB раствора сахарозы при постоянных температуре и внешнем давлении снижаются парциальные объем и сжимаемость воды и повышаются парциальные объем и сжимаемость сахарозы.

Из-за малой сжимаемости растворы сахарозы имеют большую изохорную упругость β_v , МПа \cdot К $^{-1}$ (рис. 3), которая характеризует изменение давления раствора по мере изменения температуры при постоянном объеме $\beta_v = \beta_p / \beta_T = (\partial p / \partial T)_v$. Как видно из рис. 3, значения β_v растут с повышением t , CB и p .

Подогреватели диффузионного сока и сиропа рассчитаны на давление в продуктовой камере до 0,6 МПа. Если в нарушение инструкций по эксплуатации теплообменной аппаратуры трубчатый подогреватель сиропа ($CB = 65\%$) отключить на входе и выходе сиропа, не выключив обогрев, сироп окажется в замкнутом постоянном объеме и при повышении температуры сиропа, например от 79 до 81°C , давление в сиропной камере (без учета упругости материала стенок камеры) повысится на $\beta_v(t_2 - t_1) = 1,6(81 - 79) = 3,2$ МПа. В аналогичных условиях p в соковом пространстве подогревателя диффузионного сока возрастет на $1,4(81 - 79) = 2,8$ МПа. В обоих случаях из-за несоблюдения инструкций по эксплуатации возникнут аварийные ситуации.

Таким образом, представленные выше данные о термических коэффициентах растворов сахарозы позволяют более четко представлять, прогнозировать и учитывать

поведение растворов в изменяющихся условиях работы сахарного завода.

Список использованной литературы

1. Сінат-Радченко Д. Е. Густина цукрових розчинів та утфелів. — Харчова промисловість, 1973, вип. 16, с. 68—71.

2. Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. акад. И. К. Кикоина. — М.: Атомиздат, 1976, с. 71, 83.

3. The physico — chemical constants of binary systems in concentrated solutions. Vol. 4/By Jean Timmermans. — New York — London Interscience Publishers, INC; Interscience Publishers LTD, 1960, p. 291.