

Теплоємність, ентальпія і ентропія кристалів моно- та дисахаридів

Д.Є. Сінат-Радченко, кандидат технічних наук, кафедра теплотехніки, Національний університет харчових технологій

А.В. Форсюк, кандидат технічних наук, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

В.Ф. Мокляк, кандидат технічних наук, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

На основі узагальнення експериментальних даних запропоновано розрахункові залежності для оцінки величини теплоємності, ентальпії та ентропії кристалів типових моно- та дисахаридів та їх ізомерів. Залежності справедливі в інтервалі температур $-40...+90^{\circ}\text{C}$.

Ключові слова: моносахариди, дисахариди, теплоємність, ентальпія, ентропія.

На основе обобщения опытных данных предложено расчетные зависимости для оценки величины теплоемкости, энтальпии и энтропии кристаллов типичных моно- и дисахаридов, а также их изомеров. Зависимости справедливы в интервале температур $-40...+90^{\circ}\text{C}$.

Ключевые слова: моносахариды, дисахариды, теплоемкость, энтальпия, энтропия.

The correlation for calculation of specific heat, enthalpy and entropy of typical mono- and disaccharides and their isomers have been presented basing upon the generalization of numerous experimental data. The equations are valid within a temperature interval $-40...+90^{\circ}\text{C}$.

Key words: monosaccharides, disaccharides, specific heat, enthalpy, entropy.

Моно та дисахариди, поширені в природі, мають багато ізомерів. Більшість з них має безколірні кристали легко розчинні у воді. Для розрахунку процесів, пов'язаних із зміною температури кристалів, необхідно знати їхні теплофізичні властивості в заданому інтервалі температур.

У першу чергу це теплоємність (питома, дійсна, масова ізобарна, Дж/(кг·К) [1]), даних про яку, особливо для ізомерів, у літературних джерелах мало. Значення теплоємності є лише для кількох сахаридів і одержано їх в різних, іноді невеликих, діапазонах температури. Точність наведених даних також різна [2]. Найкраще вивчена цукроза (сахароза), найбільше даних є для температури $t=20^{\circ}\text{C}$. Значення теплоємності та температури плавлення деяких моно- і дисахаридів наведено в **табл. 1**.

Для моносахаридів середнє з п'яти значення $c_{20}=1215,52$ Дж/(кг·К), для дисахаридів середнє з трьох значення $c_{20}=1215,01$ Дж/(кг·К) і середнє з восьми значень для п'яти моносахаридів та трьох дисахаридів величина дійсної теплоємності – $c_{20}=1215,39$ Дж/(кг·К).

Відхилення теплоємності від середніх значень невеликі, а залежність її від температури близька до прямолінійної. На основі узагальнення експериментальних даних в найбільш важливому діапазоні температур $-40...+90^{\circ}\text{C}$ для розрахунку

дійсної теплоємності моно та дисахаридів одержано залежність:

$$c_t = 1135 + 4t = 42,4 + 4T, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}),$$

де $T = t + 273,15$ – абсолютна температура, К. Середня теплоємність в інтервалі температур від 0°C до t :

$$c = 1135 + 2t = 42,4 + 2T, \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}),$$

а в інтервалі температур від t_1 до t_2 :

$$c = 1135 + 2(t_1 + t_2) = 42,4 + 2(T_1 + T_2), \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}).$$

При температурі $t=20^{\circ}\text{C}$ дійсна теплоємність $c_{20}=1215$ Дж/(кг·К), середня теплоємність в інтервалі температур від 0 до 20°C – 1175 Дж/(кг·К), а в інтервалі від 20 до 60°C – 1295 Дж/(кг·К).

Питома ентальпія h , Дж/кг, характеризує кількість теплоти, необхідну для нагрівання 1 кг речовини в ізобарному процесі від прийнятої початкової точки відліку, де ентальпія дорівнює нулю, до заданої температури (в теплотехніці це 0°C , в холодильній – -20°C). Враховуючи одержану розрахункову залежність для середньої теплоємності в інтервалі температур від 0°C до t одержимо формулу для розрахунку ентальпії:

Ізомер	Температура плавлення, °С	Теплоємність, Дж/(кг·К)
Моносахариди – C₆H₁₂O₆ (відносна молекулярна маса μ=180,2)		
α-D - галактоза	169	1199,45
D - глюкоза	149	1212,94
D - мантоза	132	1162,99
L - сорбоза	160	1250,40
D - фруктоза	104	1251,80
Дисахариди – C₁₂H₂₂O₁₁ (відносна молекулярна маса μ=342,3)		
лактоза	252	1189,82
D - мальтоза	108	1259,56
Цукроза (модифікація А)	184	1215,65
Цукроза (модифікація В)	170	1215,65

$$h = c \cdot t = (1135 + 2t)t, \text{ Дж/кг.}$$

Кількість теплоти в ізобарному процесі дорівнює зміні ентальпії об'єкту, що розглядається:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = (t_2 - t_1)[1135 + 2(t_2 - t_1)], \text{ Дж/кг.}$$

Ентальпія при 20 °С становитиме $h=23500$ Дж/кг, а зміна ентальпії при нагріванні кристалів від 20 до 60 °С становитиме $\Delta h=51800$ Дж/кг.

Ентропія характеризує інтенсивність коливального руху молекул цукру в кристалічній решітці. Коли амплітуда коливань перевищує певне значення, починається плавлення кристала. Питомо ентропія $s = c \cdot \ln(T/273,15)$, а зміна ентропії при зміні температури – $\Delta s = s_2 - s_1 = c \ln(T_2/T_1)$.

Ентропія при 20 °С становитиме $s=83$ Дж/(кг·К), а зміна ентропії при нагріванні кристалів від 20 до 60 °С становитиме $\Delta s=166$ Дж/(кг·К).

Теплоємність, ентальпія та ентропія – скалярні величини (тензори нульового рангу) на відміну, наприклад, від теплопровідності (тензор другого рангу, якому відповідають $3^2=9$ компонент), що може мати різні значення в різних напрямках кристалічної решітки [3].

Висновки

Запропоновані формули оцінки величини теплоємності, ентальпії та ентропії можуть використовуватись для кристалів моносахаридів (C₆H₁₂O₆), дисахаридів (C₁₂H₂₂O₁₁) і олігосахаридів, що складаються з залишків розглянутих моносахаридів, наприклад, для рафінози (включає залишки D – галактози, D – глюкози і D – фруктози).

Список використаних джерел

1. Сінат-Радченко Д.Е., Василенко С.М., Українець А.І., Сінат-Радченко П.Д. Фізико-хімічні властивості сировини і продуктів цукрового виробництва /Цукор України. – 2006.- №3. – с.24-27.
2. Васильев И.А., Петров В.М. Термодинамические свойства кислородосодержащих органических соединений: Справочник. – Л. : Химия, 1984. – 240 с.
3. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. – М. : Наука, 1979. – 640 с.

ЦІКАВІ НОВИНИ

Учені отримали пластмасу з відходів переробки цукрових буряків

Американські вчені заявили про можливість використання бурякового жому в якості сировини для виробництва біорозкладаної термопластичної упаковки

За даними досліджень, що опубліковані в журналі «Agricultural Research Magazine» (січень 2013 року), Служба сільськогосподарських досліджень США (ARS) розробила технологію виробництва пластика з бурякового жому з додаванням полімолочної кислоти (PLA) за допомогою двошнекового екструдера.

Додавання води та гліцерину призвело до утворення нового термопластичного композиційного матеріалу, який може зберігати свої механічні властивості подібно до використовуваних у виробництві упаковки для харчових продуктів полістиролу та поліпропілену.

Для виробництва кінцевої продукції новий матеріал може оброблятися методом екструзії або лиття під тиском.