

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕМАТИКО-ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ

Д. Ю. Кулемина, В. Г. Гилев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Введение. Нематико-холестерические смеси (НХС) жидких кристаллов (ЖК) – это растворы холестерических жидких кристаллов в нематическом кристалле. Эти смеси обладают спиральной закрученностью своей структуры, и в зависимости от концентрации холестерика в нематике изменяются параметры структуры [1–3]. Именно такие смеси могут быть использованы для «управления» различными теплофизическими характеристиками ЖК [4].

В настоящей работе проведено экспериментальное исследование теплофизических характеристик (температура фазовых переходов (ФП), теплоемкость и энтальпия ФП) НХС и установлены эмпирические зависимости, с помощью которых можно прогнозировать эти свойства.

Объект исследования. Объектом исследования является нематико-холестерическая смесь. В качестве НЖК использован метоксибензилиденбутиланилин (МВВА), в качестве ХЖК – холестерил-пропионат (ХП). В работе исследовались смеси с массовым содержанием ХП: 5, 10, 15 и 20 процентов. Для приготовления раствора необходимой концентрации, массовая добавка ХП рассчитывалась по формуле:

$$\Delta m_x = \frac{m_{i-1}(\varphi_i - \varphi_{i-1})}{1 - \varphi_i} \quad (1)$$

где φ_i и φ_{i-1} – концентрации нового и предыдущего растворов соответственно, m_{i-1} – масса предыдущего раствора, Δm_x – массовая добавка холестерика. Затем порошок ХП засыпался в пробирку с МВВА или с предыдущим раствором, которая помещалась в рабочую полость ультразвуковой ванны с температурой 50 – 60°C, где перемешивалась до получения однородного изотропного раствора. В день эксперимента НХС снова переводилась в состояние ИЖ и в таком виде помещалась в тигель.

Экспериментальная установка. Основу экспериментальной установки составляет дифференциальный сканирующий калориметр DSC 204 F1 Phoenix (рис. 1). Прибор позволяет проводить классические ДСК-измерения, а также измерения удельной теплоемкости конденсированных сред в интервале температур от -180 до 700 °С с погрешностью в среднем $\pm 3\%$. Рисунок 2 иллюстрирует принцип работы прибора. Тигель с образцом и тигель с эталоном помещаются на нагреватели прибора. С помощью программного обеспечения задается скорость изменения температуры. Программа следит за тем, чтобы скорость нагревания была абсолютно одинаковой в течение всего эксперимента так, чтобы два разных тигля нагревались точно с одина-

ковой скоростью. В силу того, что один тигель пустой, а другой содержит образец, для нагревания с одинаковой скоростью нагревателям необходимо выделять разное количество теплоты. И именно насколько больше тепла он должен выделять измеряется в ДСК-приборе. Таким образом, ДСК-кривая представляет собой график зависимости разности теплот образца в зависимости от температуры.



Рис.1. Внешний вид калориметра 204 FI Phoenix

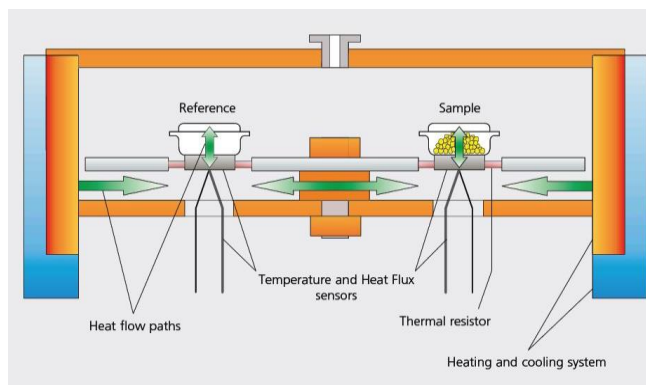


Рис. 2. Принцип работы ДСК калориметра теплового потока

Результаты измерений. Типичная ДСК-кривая, измеренная для раствора НЖК с концентрацией 15%, показана на рис. 2.

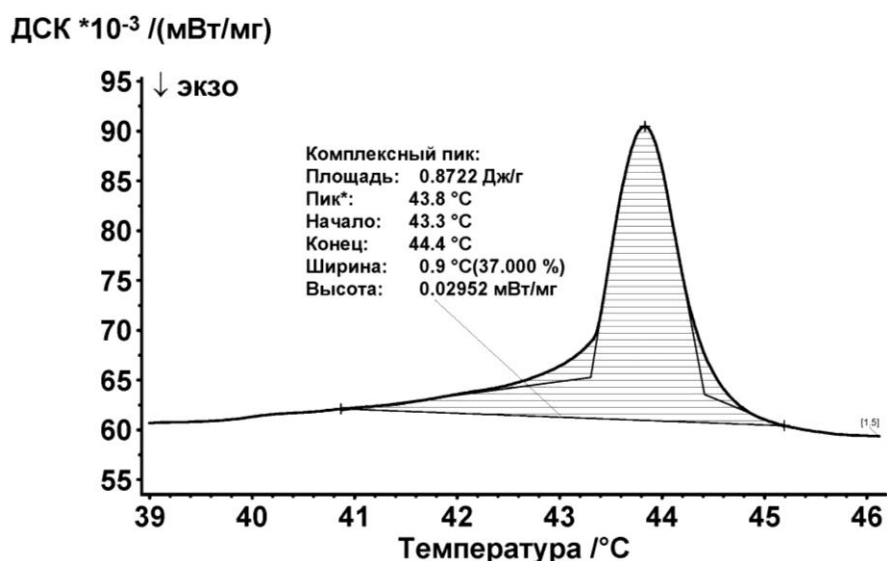


Рис. 2. ДСК-кривая для 15% НЖС

Непосредственную информацию, которую можно получить из ДСК-кривых это: температура фазового перехода 1 рода – определяется как температура начала пика; удельная теплота фазового перехода – определяется как площадь пика. На рис. 2 пик соответствует фазовому переходу из жидкокристаллической в изотропную фазу. На рис. 3 показано семейство ДСК-кривых растворов с различной концентрацией. Видно, что по мере увеличения концентрации холестерика, температура фазового перехода и теплота перехода уменьшаются.

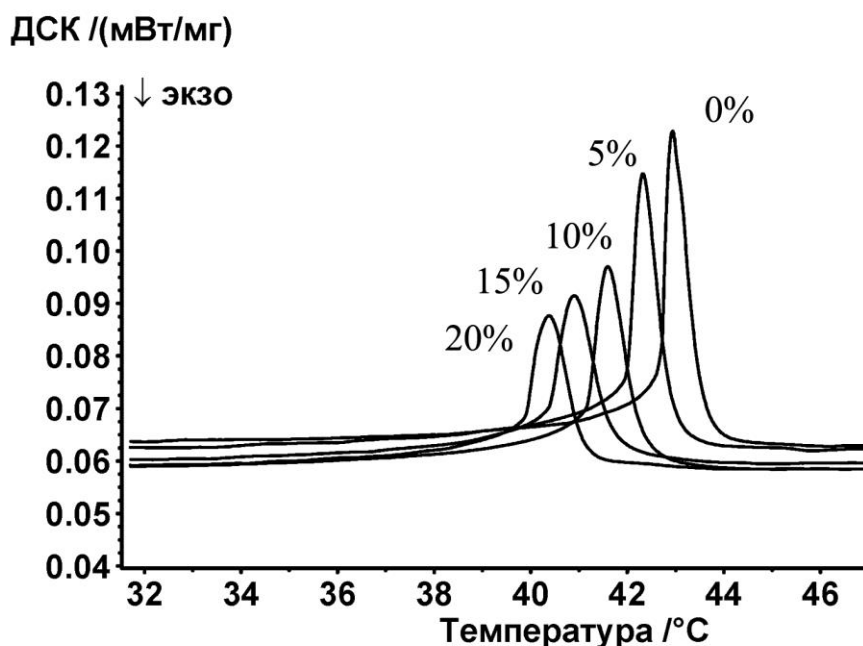


Рис. 3. ДСК-кривые НХС

ДСК-кривая также служит основой для расчета теплоемкости и энтальпии фазового перехода. В таблице представлены сводные результаты измерений и расчетов теплофизических свойств НХС различной концентрации холестерина в нематике.

Таблица. Сводные результаты расчетов

Р-р	φ, %	Пик, °С	Начало, °С	Конец, °С	Ср, Дж/(г*К)			Н, Дж/г
					Начало	Пик	Изотроп	
МВВА	0	43.7	43.3	44.2	2.345	3.628	1.855	0.604
1	5	42.3	42.0	42.9	2.303	3.478	1.894	0.561
2	10	41.6	41.1	42.3	2.115	2.940	1.781	0.526
3	15	40.9	40.3	41.7	2.090	2.767	1.815	0.505
4	20	40.4	39.8	41.1	2.032	2.640	1.786	0.450
ХП	100	112.4	112.0	112.9	2.520	3.897	2.167	1.615

Список литературы

1. Жен де П. Физика жидких кристаллов. М.: Мир, 1977. 400 с.
2. Чандрасекар С. Жидкие кристаллы. Мир, Москва. 1980. 380 с.
3. Блинов Л. М. Жидкие кристаллы: Структура и свойства. М.: Книжный дом «Либроком», 2013. 480 с.
4. Пирожков Б. И., Вольхин И. Л. Поглощение звука в нематико-холестерических смесях жидких кристаллов // Вестник Пермского университета. Серия: Физика. 2010. Вып. 1. С. 22–25.