

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ
ТЕРМОИНДИКАТОРОВ ПРИ СМЕШИВАНИИ ХЖК С
РАЗНЫМИ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ИНТЕРВАЛАМИ**

В. Ф. Горностаев, Р. Ш. Назыров

Тверской государственной университет,
кафедра общей физики

Проведены исследования по получению новых температурных интервалов термоиндикаторов на основе холестерических жидких кристаллов (ХЖК) путем смешивания образцов с различными интервалами в разных весовых пропорциях. Предложена эмпирическая формула для получения новых температурных интервалов вновь синтезируемых образцов.

Ключевые слова: *холестерические жидкие кристаллы, термоиндикаторы*

**STUDY OF COLOUR TEMPERATURE DEPENDENCE OF
THERMOINDICATORS WITH MIXED CLC HAVING DIFFERENT
TEMPERATURE INTERVALS**

V. F. Gornostaev, R. Sh. Nazzyrov

Tver State University,
Chair of General Physics

A study is made of the formation of new thermoindicator temperature intervals by mixing cholesteric liquid crystals (CLC) in different mass proportions. An empirical formula for the estimation of the temperature intervals of freshly synthesized samples is proposed.

Keywords: *cholesteric liquid crystals, thermoindicators*

Часто при проведении научных исследований, а также в технике (например, в термографии [1]) или в медицинской практике [2, 3] при диагностике различных заболеваний, необходимы такие образцы термоиндикаторов (ТИ), которые имели бы заданные температурные интервалы.

С этой целью в данной работе ставилась задача синтеза новых термоиндикаторов на основе ХЖК путем смешивания образцов с различными цветотемпературными интервалами и определения для них новых границ. Образцы ТИ любезно предоставила нам И. И. Горина (ИК РАН). Экспериментальная установка принципиально не отличалась от описанной в работе [4].

Для исследования брали образцы с различными границами температурных интервалов и в первую очередь проверяли их исходные паспортные данные. Затем смешивали пары образцов с отличными границами температурных интервалов. Смешивание производилось механически в весовых пропорциях 1:1; 1:2; 1:3; 2:1; 3:1 при комнатной температуре. Исследования показали, что в полученных смесях распределение цветовой гаммы от температуры, $\lambda(T)$, подчиняется той же самой закономерности, что и в исходных образцах. В качестве примера приведён график, представленный на рис. 1.

При проведении эксперимента по синтезу термоиндикаторов с новыми температурными интервалами были получены результаты, представленные в таблице.

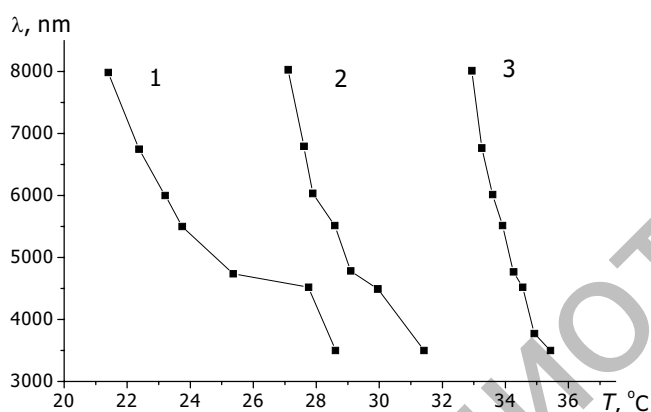


Рис. 1. Зависимости $\lambda(T)$ длины волны рассеянного света от температуры. Термоиндикаторы ТИМ-6 (кривая 1), смесь ТИМ-6 и ТГМА-2 в соотношении 1:1 (2), ТГМА-2 (3)

Таблица 1. Характеристики термоиндикаторов и их смесей. Ожидаемые значения температурных интервалов смесей заключены в фигурные скобки

Название	Паспортные интервалы, °C	1 : 2	2 : 1	1 : 3	3 : 1
ТГМА-1	37.9...40.5	34.5...37.1	36.1...38.9	34.1...36.7	36.6...39.2
ТГМА-2	32.9...35.4	{34.6...37.1}	{36.2...38.8}	{34.2...36.7}	{36.7...39.2}
ТГМА-1	37.9...40.5	33.8...37.5	35.9...39.1	33.4...37.2	36.3...39.5
ТГМА-4	31.8...36.0	{33.8...37.5}	{35.9...39.0}	{33.3...37.1}	{36.4...39.4}
ТГМА-2	32.9...35.4	32.1...35.8	32.5...35.6	32.0...35.8	32.7...35.5
ТГМА-4	31.8...36.0	{32.2...35.8}	{32.5...35.6}	{32.1...35.9}	{32.6...35.6}

Из таблицы видно, что полученные границы интервалов цветотемпературных характеристик практически совпадают (в пределах точности измерений) с ожидаемыми, о чем свидетельствуют графики зависимости $\lambda(T)$, изображенные на рис. 2 и 3.

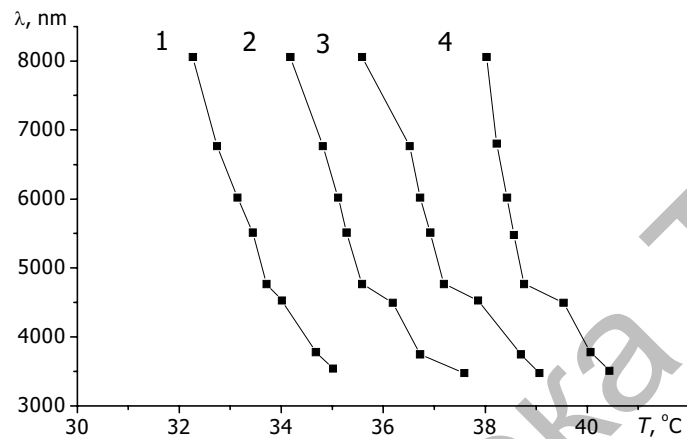


Рис. 2. Зависимости $\lambda(T)$ длины волны рассеянного света от температуры. Термоиндикаторы ТГМА-4 (кривая 1), смеси ТГМА-1 и ТГМА-4 в соотношениях 1:2 (2) и 2:1 (3), ТГМА-1 (4)

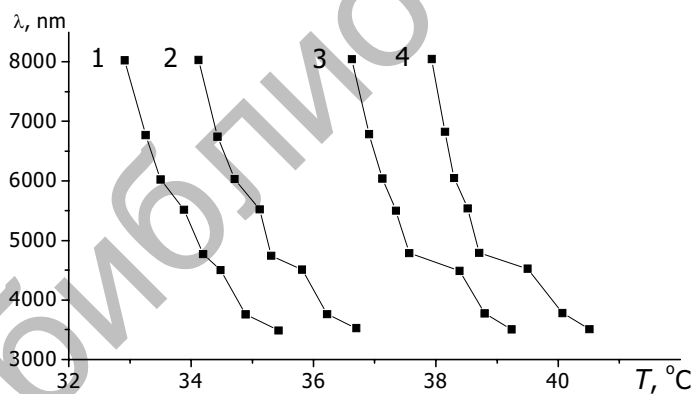


Рис. 2. Зависимости $\lambda(T)$ длины волны рассеянного света от температуры. Термоиндикаторы ТГМА-2 (кривая 1), смеси ТГМА-1 и ТГМА-2 в соотношениях 1:3 (2) и 3:1 (3), ТГМА-1 (4)

Полученные новые температурные интервалы для смесей термоиндикаторов можно описать эмпирической зависимостью

$$T_{\text{смеси}} = \frac{T_1 n_1 + T_2 n_2}{n_1 + n_2},$$

где $T_{смеси}$ – предполагаемая температура для любой фиксированной длины волны полученной смеси; T_1 и T_2 – исходные температуры для любой фиксированной длины волны первого и второго термоиндикаторов соответственно; n_1 и n_2 – массовые доли исследуемых образцов.

Отсюда видно, что предполагаемая $T_{смеси}$ является средним арифметическим T_1 и T_2 . Например, при смешивании два образца термоиндикаторов (ТГМА-1 и ТГМА-2) в соотношении 1 : 1, $T'_{смеси}$ для нижней границы интервала равна

$$T'_{смеси} = \frac{37,9^0 \cdot 1 + 32,9^0 \cdot 1}{1 + 1} = \frac{70,8^0}{2} = 35,4^0.$$

$T''_{смеси}$ для верхней границы интервала равна

$$T''_{смеси} = \frac{40,5^0 \cdot 1 + 35,4^0 \cdot 1}{1 + 1} = \frac{75,9^0}{2} \approx 37,9^0.$$

При смешивании одной части одного образца ($n_1=1$) с двумя частями другого ($n_2=2$) (см. таблицу), $T'_{смеси}$ для нижней границы интервала равна

$$T'_{смеси} = \frac{37,9^0 \cdot 1 + 32,9^0 \cdot 2}{1 + 2} = \frac{103,7^0}{3} \approx 34,6^0.$$

$T''_{смеси}$ для верхней границы интервала равна

$$T''_{смеси} = \frac{40,5^0 \cdot 1 + 35,4^0 \cdot 2}{1 + 2} = \frac{111,3^0}{3} = 37,1^0.$$

При смешивании, например, трех частей ($n_1=3$) одной компоненты и одной части ($n_2=1$) другой компоненты (см. таблицу), температура соответствующей границы интервала смещается в сторону температуры первой компоненты:

$$T_{смеси} = \frac{32,9^0 \cdot 3 + 31,8^0 \cdot 1}{3 + 1} = \frac{130,5^0}{4} = 32,6^0.$$

Таким образом, видно, что проявляется закономерность среднеарифметического. Ожидаемые температурные интервалы смесей термоиндикаторов, рассчитанные по формуле, в пределах точности измерений совпадают с экспериментально полученными. Настоящие результаты хорошо коррелируют с данными работы [5].

Заключение. При смешивании пар образцов ХЖЛ в массовых долях 1:1; 1:2; 1:3; 2:1; 3:1 с различными температурными интервалами получаются образцы с новыми температурными интервалами, определяемыми как среднее арифметическое исходных интервалов:

$$T_{\text{смеси}} = \frac{T_1 n_1 + T_2 n_2}{n_1 + n_2}.$$

Цветотемпературные характеристики смесей имеют такой же вид, как и у исходных компонент термоиндикаторов. Новые термоиндикаторы, полученные в результате проведенной работы, можно использовать в дальнейшем для практических целей.

Список литературы

1. Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов М. "Наука", Главная редакция физ-мат. литературы, 1983.
2. Пятая конференция соц. стран по ЖК: Тез.докл. Одесса, 1983. Т.2, Ч.2.С118.
3. Розенфельд Л.Г., Терновой Н.К. и др. // Основы клинической дистанционной термодиагностики. Киев, 1988. С.37.
4. Горностаев В.Ф., Петруничев В.В. // Ученые записки. Тверь, 1996. Т.1. С.140.
5. Kazawaguchi H., Wada M. Helical twisting power in cholesteric liquid crystal mixtures. II. Theoretical treatment // Japan J. Appl. Phys. 1975. V.14. P.657-660.

Об авторах:

ГОРНОСТАЕВ Виктор Фёдорович - кандидат физ.-мат наук, доцент кафедры общей физики ТвГУ, *email*: Victor.Gornostaev@tversu.ru;

НАЗЫРОВ Рашид Шамильевич - научный сотрудник кафедры общей физики ТвГУ.