

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕМАТИКО-ХОЛЕСТЕРИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ

А. В. Нечаева

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

Экспериментально исследованы кривые течения и температурные зависимости вязкости метоксибензилиден-бутиланилина, в качестве нематического жидкого кристалла и холестерил-миристата, в качестве холестерического жидкого кристалла, а также их смеси. При малых концентрациях холестерика (< 4 масс.%), реологические свойства смеси подобны нематическим жидким кристаллам, выше - холестерическим. Показано, что температура перехода в изотропное состояние смесей до 12 масс.% практически не зависит от концентрации холестерика.

**Ключевые слова:** жидкий кристалл, вязкость, концентрация, температура перехода.

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION REOLOGICAL PROPERTIES OF NEMATIO-CHOLESTERIC MIXTURES

A. V. Nechaeva

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

The flow curves and temperature dependences of the viscosity of methoxybenzylidene-butyl aniline, as a nematic liquid crystal and cholesteryl myristate, as a cholesteric liquid crystal, as well as mixtures thereof, were experimentally studied. At low concentrations of cholesteric (<4 mass.%), the rheological properties of the mixture are similar to nematic liquid crystals, higher cholesteric. It is shown that the temperature of the transition to the isotropic state of mixtures to 12 mass% is practically independent of the concentration of cholesteric.

**Keywords:** liquid crystal, viscosity, concentration, the transition temperature.

Жидкие кристаллы (ЖК) – это агрегатное состояние вещества, промежуточное между кристаллическим твёрдым телом и аморфной жидкостью. Они обладают подвижной структурой, изменяющейся под воздействием сравнительно слабых внешних факторов, что ведёт к изменению макроскопических физических свойств образцов. Из-за лёгкости управления их свойствами, ЖК получили широкое применение в самых различных областях науки и техники [1].

В данной работе исследуются нематико-холестерические смеси (НХС): растворы холестерика в нематике. В качестве нематика использовался нематический жидкий кристалл МББА (метоксибензилиден-бутиланилин), а в качестве холестерического жидкого кристалла – холестерил-миристат (ХМ).

В процессе приготовления растворов, порошок ХМ засыпался в пробирку с МББА или с предыдущим раствором, которая помещалась в рабочую полость ультразвуковой ванны Digital Ultrasonic Cleaner CD 4820, где смесь

диспергировалась до получения однородного раствора при температуре 60 °С. Для исследования были приготовлены смеси с массовым содержанием ХМ: 2, 4, 7, 9 и 12 процентов.

Исследования выполнены на ротационном реометре Physica MCR 501 (Anton Paar Ltd). Для определения реологических характеристик исследуемых образцов использовалась система «конус-плита». Диаметр конуса  $d = 25$  мм, угол  $\alpha = 1,001^\circ$ . Такая геометрия обеспечивает однородность градиента скорости в измерительном зазоре. Для поддержания и изменения температурного режима использовалось специальное температурное устройство Н-PTD 200 на основе эффекта Пельтье.

В ходе эксперимента на рабочую поверхность плиты реометра помещалось около 0.07 мл образца. Далее задавались начальное и конечное значения скорости сдвига, время эксперимента, необходимый температурный режим и метод испытания (вращение или осцилляции).

Обработка результатов измерений осуществлялась с помощью программной оболочки реометра, которая содержит все необходимые опции для обработки полученных результатов.

На рис. 1 приведены типичные кривые течения (зависимости касательных напряжений  $\tau$  от скорости сдвига  $\dot{\gamma}$ ) НХС, измеренные для разных концентраций холестерил-миристата. При малом содержании ХМ, смесь в реологическом плане ведет себя подобно чистому нематикку: кривые течения имеют линейный характер, характерный для ньютоновской жидкости.

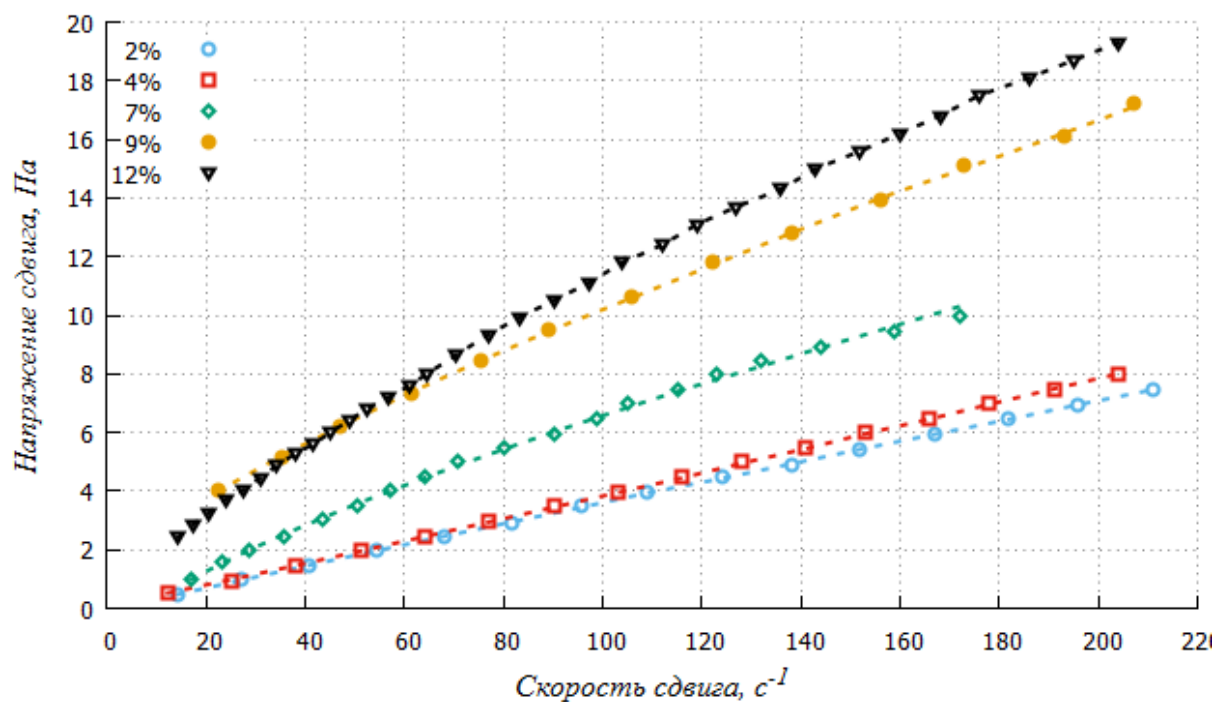


Рис. 1. Кривые течения НХС с разным содержанием ХМ

Для смеси с содержанием более 4 масс.% течение растворов становится неньютоновским.

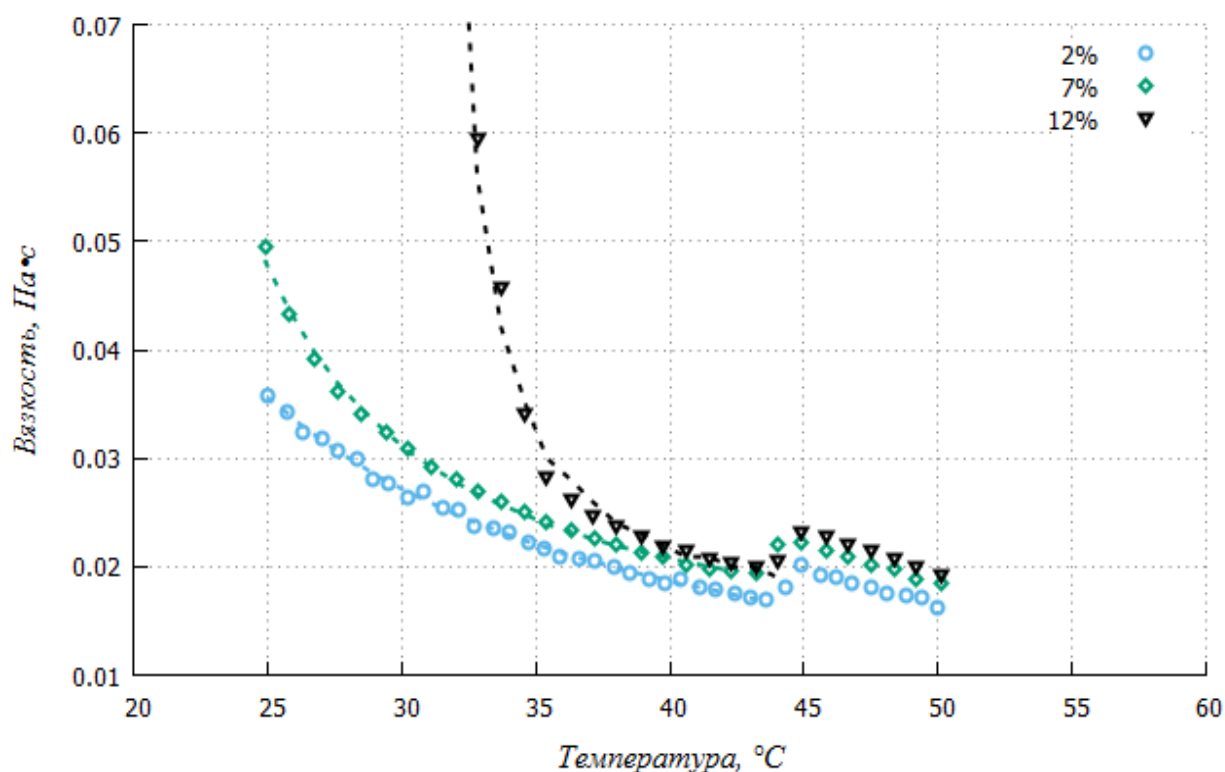
Обработка результатов измерений показала, что наилучшая аппроксимация кривых течения обеспечивает модель Гершеля-Балкли (Herschel-Bulkley)[2]:  $\tau = a + b\dot{\gamma}^p$ , которая описывает кривую течения материала с напряжением текучести  $a$  и разжижением при сдвиге при напряжениях, превышающих предел текучести. Показатель степени  $p$  является мерой отклонения от ньютоновского реологического закона.

Аппроксимирующие уравнения кривых течения представлены в табл. 1. Отметим, что перемена знака при свободном члене свидетельствует об изменении направления закручивания структуры [3].

**Табл. 1.** Результаты аппроксимации кривых течения нематико-холестерических смесей уравнением Гершеля-Балкли

Концентрация НХС, масс.%	Аппроксимация кривой течения
2	$\tau = -0.0954 + 0.0451 \cdot \dot{\gamma}^{0.9571}$
4	$\tau = 0.1165 + 0.0292 \cdot \dot{\gamma}^{1.0525}$
7	$\tau = -1.1778 + 0.2844 \cdot \dot{\gamma}^{0.7178}$
9	$\tau = 1.1236 + 0.2630 \cdot \dot{\gamma}^{0.7697}$
12	$\tau = 0.3907 + 0.3076 \cdot \dot{\gamma}^{0.7299}$

Типичные температурные зависимости вязкости нематико-холестерических смесей показаны на рис. 2.



**Рис. 2.** Температурная зависимость вязкости НХС

Вязкость растворов ХМ велика при низких температурах, быстро снижается с ростом температуры, но показывает скачкообразное увеличение при переходе в изотропную фазу с дальнейшим снижением по мере роста температуры. Излом на кривых  $\eta(T)$  соответствует фазовому переходу в изотропное состояние.

Числовые значения температур перехода в изотропную фазу, определенные на основе температурных зависимостей вязкости исходных образцов и смесей НХС, приведены в табл. 2.

**Табл. 2.** Сводная таблица значений температуры просветления в зависимости от вещества

Вещество и % содержание ХМ	Температура фазового перехода, °С
МББА, 0%	46.0
НХС, 2%	44.9
НХС, 4%	45.0
НХС, 7%	44.9
НХС, 9%	44.9
НХС, 12%	44.9
ХМ, 100%	84.7

Анализ данных, приведенных в табл. 2, показывает, что по мере увеличения концентрации холестерина, температура фазового перехода смесей практически не меняется и в целом соответствует границе области жидкокристаллической фазы чистого МБВА (~45 °С). В то же время реологические характеристики образцов (вязкость, кривые течения) изменяются кардинальным образом, приобретая, постепенно, реологические свойства холестерина, в том числе и вязкоупругость. Это позволяет получить модельные среды для изучения законов неньютоновского течения в лабораторном масштабе температур.

### Список литературы

1. Чандрасекар С. Жидкие кристаллы. М.: Мир, 1980. 344 с.
2. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии. М.: КолосС, 2003. 312 с.
3. Блинов Л. М. Жидкие кристаллы: Структура и свойства. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 480 с.