

УДК 532.783

ВЯЗКОСТЬ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

Беляев В. В.

Впервые проведено совместное рассмотрение данных по динамической, кинематической и вращательной вязкости нематических жидкокристаллических (НЖК) веществ, относящихся к 320 химическим классам. Дан сравнительный анализ методов измерения вязкости НЖК, обсуждены границы применимости различных способов описания ее температурной зависимости. В таблицах приведены данные, позволяющие рассчитать с хорошей точностью для большинства мезогенных веществ значение вязкости при любой температуре, относящейся к нематическому диапазону. Проанализировано влияние молекулярного строения НЖК на величину их вязкости и на ее температурную зависимость, приведены сведения о вязкости применяемых в практике советских и зарубежных жидкокристаллических материалов.

Библиография — 158 ссылок.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Методы измерения коэффициентов вязкости нематических жидких кристаллов	1602
II. Температурная зависимость вязкости нематических жидких кристаллов	1603
III. Таблицы вязкости нематических жидких кристаллов	1604
IV. Связь молекулярного строения нематических жидких кристаллов с их вязкостью	1656

В настоящее время благодаря своим уникальным оптическим свойствам и малому энергопотреблению нематические жидкие кристаллы (НЖК) нашли широкое применение в устройствах обработки и отображения информации. Одной из важных характеристик НЖК, определяющих их быстродействие в рабочем диапазоне температур, является вязкость. Для НЖК измеряется как динамическая вязкость η (или кинематическая ν), описывающая течение жидкости в нематической и изотропной фазах, так и вращательная вязкость γ_1 , не имеющая аналога в изотропных жидкостях и связанная с диссипацией энергии при переориентации директора НЖК (директор — единичный вектор, указывающий направление длинных осей молекул НЖК). Вопросам вязкости жидких кристаллов (ЖК) посвящены работы [1, 2], но приведенный в них материал слишком скуден, чтобы можно было обсуждать не только связь величины вязкости с молекулярным строением НЖК, но и вид температурной зависимости вязкости, знание которого необходимо для разработки ЖК материалов, обладающих хорошим быстродействием при низких температурах.

В данном обзоре впервые систематизируются данные о связи химического строения НЖК с их вязкостью, причем температурная зависимость различных НЖК рассматривается с единой точки зрения. Приве-

денные в таблицах данные представляют интерес для специалистов, занимающихся жидкостями, и могут служить основой для целенаправленного исследования и поиска новых нематических, смектических, полимерных и лиотропных жидких кристаллов.

1. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЯЗКОСТИ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

Для многих ЖК соединений обычно измеряют только динамическую η или кинематическую $\nu = \eta/\rho$ (ρ — плотность НЖК) вязкость. Однако в настоящей работе основной упор делается на вращательную вязкость γ_1 , величина которой определяет времена электрооптического отклика. В [3, 4] показано, что существует связь между величинами вращательной вязкости γ_1 и вязкости, измеряемой капиллярными методами, приближенно описываемая соотношениями

$$\gamma_1 \approx a\eta + b, \quad (1)$$

$$\gamma_1 \approx a(\eta_3 - \eta_2) + b, \quad (2)$$

где a , b — слабо зависящие от температуры коэффициенты, η_2 , η_3 — коэффициенты вязкости Мезовича [2]. Эти зависимости подтверждаются одновременными измерениями вязкости γ_1 и η или η_2 , η_3 для набора НЖК веществ, относящихся к разным химическим классам [4, 5]. Для сравнения в таблицах в ряде случаев одновременно приведены величины γ_1 и η или их отношение γ_1/η .

В зависимости от типа вискозиметра измеряется динамическая η (вискозиметр Убеллоде) или кинематическая ν (вискозиметр Оствальда) вязкость. Для измерения вращательной вязкости γ_1 разработаны оригинальные методики, сводящиеся к одному из трех типов: метод вращающегося магнитного поля, динамика перехода Фредерикса, спектр светорассеяния на термических флуктуациях директора.

В первом методе вращение магнитного поля приводит к вращению директора НЖК, причем второе вращение при достаточно малых угловых скоростях происходит с задержкой по фазе [2, 6]. Измерив эту задержку, например, с помощью крутильных весов [7], можно определить величину γ_1/ρ или γ_1/χ_a (χ_a — анизотропия диамагнитной проницаемости). Ошибки, возникающие при таком методе измерения, подробно исследованы в [7]. Чтобы измерить величину γ_1 с точностью 0,1%, в [4, 7] были использованы образцы около 60 см³, что далеко не всегда возможно, особенно при исследовании новых веществ. Уменьшение объема образца приводит, как правило, к занижению измеряемой величины (сравни, например, [4] и [8]).

Значительно меньшее количество веществ (до 30 мг) требуется при измерении величины γ_1 по динамике перехода Фредерикса. В этом случае по характерному времени релаксации определяется отношение γ_1/K_{22} [9] или η_s/K_{11} [10, 11] (K_{11} , K_{22} — коэффициенты упругости НЖК, $\eta_s = \gamma_1 - \alpha_3^2/\eta_2$ — вязкость, описывающая скорость релаксации деформации поперечного изгиба, α_3 — коэффициент вязкости Лесли. При непосредственном измерении величины γ_1/K_{22} исследуют временную зависимость вращения коноскопической фигуры, образующейся при просвечивании сходящимся пучком света ЖК-ячейки, находящейся в продольном магнитном поле (поле параллельно подложкам, но перпендикулярно директору). Из-за сложностей в определении угла вращения коноскопической фигуры и величины K_{22} этот метод не нашел распространения. Более широкое распространение получил метод измерения η_s/K_{11} по оптическому [10] или емкостному [11] отклику планарно ориентированной ячейки после выключения поперечного электрического поля. Вследствие соотношения $|\alpha_3| \ll \gamma_1$, η_1 [12] выполняется $\eta_s \approx \gamma_1$ с точностью 1÷2%, что перекрывается точностью измерения величины η_s этим методом (7÷10%). Одновременно с величиной γ_1 в этой же ячейке можно измерить величину двулучепреломления Δn и коэффициента упругости K_{11} (при известной величине диэлектрической анизотропии

Δε). Метод измерения величины γ_1 по релаксации деформации образца, помещенного в сильное магнитное поле (до 0,8 Т) приведен в [13]. Точность метода 6%. Недостатком его является необходимость знать величину χ_a .

Термические флуктуации директора ЖК приводят к рассеянию света, значительно превышающему таковое в изотропных жидкостях. По полуширине спектра рассеяния можно определить вязкоупругое отношение γ_1/K_{22} или η_s/K_{11} , а, зная интенсивность рассеянного света и показатели преломления НЖК, — и сами коэффициенты вязкости γ_1 или η_s [2, 14, 15]. Из-за необходимости смотреть рассеяние под малыми углами, где значительно рассеяние на неоднородностях ориентации ЖК, непосредственное измерение величины γ_1 затруднено или вообще невозможно. Поэтому чаще измеряют величину η_s/K_{11} при следующей геометрии наблюдения: поляризация падающего света параллельна директору и перпендикулярна поляризации рассеянного света, а угол рассеяния составляет $30 \div 40^\circ$ [14]. Хотя соответствующий метод достаточно сложен (требуется спектроскопия оптического смещения, корреляция сигналов) у него есть такое существенное достоинство, как отсутствие деформации образца, что важно при исследовании НЖК с сильным поперечным межмолекулярным взаимодействием.

Значения γ_1 , приведенные в таблицах, получены с использованием всех основных методов. Как показано в [16], результаты измерений величины γ_1 различными методами хорошо согласуются.

II. ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

Температурная зависимость вязкости изотропной жидкости обычно хорошо описывается законом Аррениуса

$$\eta = a \exp(E/kT), \quad (3)$$

где a — константа, E — энергия активации, k — постоянная Больцмана, T — температура. В предположении отсутствия межмолекулярного взаимодействия эта зависимость описывается формулой Фульчера — Таммана

$$\eta = b \exp[B/(T - T_0)], \quad (4)$$

где b , B — константы, $(T - T_0)/B$ — флуктуационный свободный объем, $T_0 \approx T_g + 50$, T_g — температура стеклования жидкости. Для описания изменения вязкости γ_1 вблизи температуры перехода НЖК — изотропная жидкость (T_{NI}) в предэкспоненциальный множитель вводится зависимость от параметра порядка S :

$$\gamma_1 = aS^x \exp(E/kT). \quad (5)$$

В [16] показано, что для ЖК веществ с удлинённой цепью сопряжения (бифенилы, фенилпиримидины, фенилбензоаты и т. д.) $x=1$, а для ЖК веществ, молекулы которых содержат фрагмент с насыщенными связями (фенилциклогексаны, фенилбициклооктаны и т. д.) $x=2$.

В [17] найдены границы применимости активационной модели и модели свободного объема. Первая справедлива для всех НЖК с небольшим интервалом мезофазы (до 40°) при температурах $T > 20^\circ \text{C}$, вторая — для НЖК с малой энергией активации ($E < 0,45 \text{ эВ} = 4,95 \cdot 10^3 \text{ К}$), а также для НЖК со значительным (свыше 60°) интервалом мезофазы, достигающим области пониженных температур (до 0°C и ниже). В этой же работе показано, что величина γ_1 определяется плотностью молекулярной упаковки, а температурная зависимость γ_1 (энергия активации в (5)) — энергией межмолекулярного взаимодействия, порядок величины которой равен энтальпии плавления НЖК и определяется наличием или отсутствием фрагмента с насыщенными связями (циклогексанового или бициклооктанового).

В [18] предложено теоретическое описание температурной зависимости вращательной вязкости на основе молекулярно-статистического

подхода, сочетающее особенности активационной модели и модели свободного объема:

$$\gamma_1(T, S) = gS^2 \exp[\epsilon S/kT + \theta S^2/(T - T_0)], \quad (6)$$

где g — слабо зависящий от температуры параметр, ϵS — высота потенциала Майера — Заупе, θ — определяемый физическими свойствами вещества параметр, T_0 — температура замерзания движения директора; при аппроксимации зависимости $\gamma_1(T, S)$ для какого-либо вещества пренебрегают первым или вторым слагаемым аргумента экспоненты. Выбор аппроксимации определяется шириной нематического интервала.

Сравнительный математический анализ пригодности различных моделей для описания зависимости вращательной вязкости от температуры и параметра порядка проведен в [16, 17]. Наилучшее согласие рассчитанных кривых и экспериментальных точек и наибольшие коэффициенты корреляции для большинства веществ получены при описании зависимости $\gamma_1(T)$ соотношением вида (5). Для некоторых производных циклогексана и бициклооктана наименьшее отклонение получилось при аппроксимировании результатов по модели свободного объема с учетом параметра порядка S . Зависимости вида (6) дают, как правило, худшее согласие с экспериментальными результатами, хотя, как было отмечено в [17], теория [18] позволяет объяснить изменение величины γ_1 в гомологическом ряду ЖК веществ и пропорциональность $E \sim T_{NI}$ для веществ со сходным типом межмолекулярного взаимодействия.

Поэтому в большинстве случаев экспериментальные зависимости аппроксимировались кривыми вида (5) с учетом конкретной молекулярной структуры вещества ($x=1$ или 2). Для ряда веществ отсутствовали значения S , но были известны величины двулучепреломления Δn , что позволило использовать аналогичные аппроксимации, поскольку $\Delta n \sim S$ [2, 16]. При отсутствии данных, позволяющих судить о температурной зависимости параметра порядка S , применялась простая аппроксимация вида (3). Для некоторых производных циклогексана и бициклооктана использовали аппроксимацию, соответствующую модели свободного объема с учетом изменения величины S .

В целом в таблицах предпринята попытка проанализировать температурные зависимости вращательной вязкости НЖК, относящихся к разным химическим классам, применяя для их описания единый подход. Аппроксимации строились на основе данных, приведенных в таблицах или на графиках в оригинальных работах. Лишь в некоторых случаях (как правило, при наличии значения γ_1 или η , приведенного только при одной температуре) дополнительная математическая обработка оригинальных результатов не производилась.

III. ТАБЛИЦЫ ВЯЗКОСТИ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

Таблицы построены так, чтобы по значениям приведенных в них параметров можно было бы получить значения γ_1 (или η , ν) при любой температуре, при которой данное вещество является нематиком. Кроме специально оговоренных случаев, все использовавшиеся аппроксимации имели аррениусовский вид

$$\ln A = \ln A_0 + E/T, \quad (a, b, c)$$

В аппроксимации (a) буквой A обозначена вращательная вязкость γ_1 , или ее кинематический аналог γ_1/ρ (ρ — плотность НЖК), а также динамическая η или кинематическая вязкость $\nu = \eta/\rho$. При описании температурной зависимости вращательной вязкости по формуле (b) буквой A обозначено отношение γ_1/S или $\gamma_1/\Delta n$ (учитывается $\Delta n \sim S$), а по формуле (c) — отношение γ_1/S^2 или $\gamma_1/(\Delta n)^2$. Величина вязкости выражена в единицах СИ: в 0,1 Па·с = 1 Пз (γ_1 , η) или 10^{-4} м²/с = 1 Стокс (γ_1/ρ , ν).

Порядок расположения жидкокристаллических веществ по химическим классам приблизительно соответствует порядку, принятому в известных демусовских таблицах для жидких кристаллов [19]. Для веществ, относящихся к одному химическому классу, например, основа-

Таблица 1

Вязкость нематических ЖК

Номер соединения	Название	Структурная формула	Аппроксимация	Вязкость η^* , 10^{-1} Па·с (γ_1, η), 10^{-4} М ² /с ($\gamma_1/\rho, \nu$)	$\ln A_0$	E , 10^3 К	T_{NI}^{*2} , К	S или Δn *3	Ссылки	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	4- <i>n</i> -пентил-4'- <i>n</i> -бутоксиназобензол	<chem>C5H11-c1ccc(cc1)/N=N/c2ccc(cc2)OC4H9</chem>	<i>a</i>	γ_1 (71,6° C)=0,37	-16,45	5,33	359,9		[3]	
2	4,4'-ди- <i>n</i> -алкилазоксисбензолы	<chem>CnH2n+1-c1ccc(cc1)N(=O)c2ccc(cc2)CnH2n+1</chem> $n=4$	<i>b</i>	γ_1 (25° C)=0,48	-21,8	6,50	304,1	S (294,1 K)= =0,4956 [22]	[9]	См. табл. 2
3	4,4'-ди- <i>n</i> -алкоксиазоксисбензолы	<chem>CnH2n+1O-c1ccc(cc1)N(=O)c2ccc(cc2)OCnH2n+1</chem> $n=1$ (<i>n</i> -азоксинаннзол)	<i>a</i>	γ_1 (120° C)=0,070	-17,72	5,92	408,5	S (398,5 K)= =0,5784	[23]	См. табл. 3
4	4-алкил-4'-алкоксиазоксисбензолы	<chem>CnH2n+1-c1ccc(cc1)N(=O)c2ccc(cc2)OCmH2m+1</chem> $n=4, m=1$ (N 4; БМАОБ) $n=5, m=4$ $n=4, m=1$ (66%), $n=2, m=1$ (34%)	<i>b</i> <i>a</i>	γ_1 (25° C)=1,89 γ_1 (25° C)=1,575 γ_1 (40° C)=1,57 η (20° C)=0,306	-14,46 -14,01	4,55 4,53	347,9 348 376,5 346	S (298,2 K)= =0,7182 [24]	[4] [25] [3] [27]	$n=5, m=1$: $T_g=198,7$ K [26]
5	4- <i>n</i> -бутил-4'-(алкоксибензилиден)анилины	<chem>CnH2n+1O-c1ccc(cc1)C=Nc2ccc(cc2)C4H9</chem> $n=1$ (МББА) $n=1$ (36%), $n=2$ (40%), $n=4$ (24%)	<i>b</i>	γ_1 (25° C)=1,09 η (20° C)=0,425	-18,92	5,82	318,3 336	S (308,3 K)= =0,54 [28]	[4] [27]	См. табл. 4
6	4-метоксбензилиден-4'-аминофенилацетаты	<chem>CH3O-c1ccc(cc1)C=Nc2ccc(cc2)C(=O)CnH2n+1</chem> $n=1$	<i>b</i>	γ_1 (90° C)=0,394	-17,81	6,26	382,20	S (363,09 K)= =0,5954 [28]	[29]	См. табл. 5
7	4-бутен-1-ил-4'-(метоксбензилиден)анилин	<chem>CH3O-c1ccc(cc1)C=Nc2ccc(cc2)C=CC</chem>		η (133° C)=0,30			411,2		[30]	

Таблица 1 (продолжение)

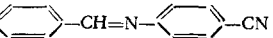
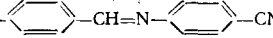
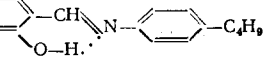
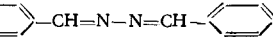
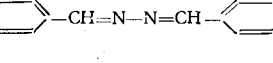
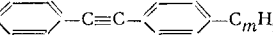
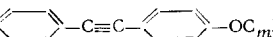
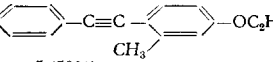
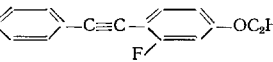
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	4-циан-4'-(<i>n</i> -алкил-бензилиден)анилины	C_nH_{2n+1} -  -CN $n=5$ (40%), $n=7$ (60%)		γ_1 (25° C)=3,60, $\gamma_1/\eta=5,36$ при $T=0,92 T_{NI}$		5,36	343,9		[5]	$E=\partial\gamma_1/\partial(T^{-1})$ при $T=$ $=0,92 T_{NI}$
9	4-циан-4'-(<i>n</i> -алкоксибензилиден)анилины	$C_nH_{2n+1}O$ -  -CN $n=6$ $n=8$	a	γ_1 (60° C)=0,90 γ_1 (88° C)=1,0	-15,05	5,05	373,1 379		[31] [32]	
10	4-метоксисалицилиден-4'-бутиланилин	CH_3O -  -C4H9 O-H.	b	γ_1 (44° C)=1,33 γ_1 ($T=0,95 T_{NI}$)= =0,983	-22,37	7,349	338,15	$S(0,95 T_{NI})=$ =0,60	[28]	
11	ди-4-метоксибензальазин	CH_3O -  -OCH3	a	γ_1/ρ (174° C)=0,0444	-10,62	5,44	452		[33]	
12	ди-4-ацетоксибензальазин	CH_3CO -  -OC(=O)CH3	a	γ_1/ρ (174° C)=0,107	-11,97	6,41	465		[33]	
13	4- <i>n</i> -алкил-4'-алкилтоланы	C_nH_{2n+1} -  -CmH2m+1 $n=3, m=4$ (50%); $n=2, m=5$ (50%)							[27]	См. соединение 14
14	4- <i>n</i> -алкил-4'-алкокситоланы	C_nH_{2n+1} -  -OCmH2m+1 $n=4, m=2$ (50%); смесь № 13 (50%); $n=4, m=2$ (30%), $n=5, m=1$ (40%), $n=5, m=2$ (30%) $n=5, m=4$		η (20° C)=0,164 η (20° C)=0,191 γ_1 (60° C)=0,48			320 345 356,6	Δn (25° C)= =0,231 Δn (25° C)= =0,297	[27] [27] [3]	См. табл. 6
15	4- <i>n</i> -алкил-4'-этоксиди-2'-метилтола-ны	C_nH_{2n+1} -  -OC2H5 CH3		η (20° C)=[0,329]			321	Δn (20° C)= =0,264	[34]	
16	4- <i>n</i> -алкил-4'-этоксиди-2'-фтортоланы	C_nH_{2n+1} -  -OC2H5 F		η (20° C)=[0,244]			331,5	Δn (20° C)= =0,278	[34]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	4'- <i>n</i> -алкилфенил-4- <i>n</i> -алкилбензоат	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-C_mH_{2m+1}$ $n=3, m=5$ n, m не обозначены		η (20° C)=[0,23] η (25° C)=[0,19] η (20° C)=0,46, η (0° C)=1,78			293 332	$\Delta n=0,171$	[35] [36] [37]	
18	4- <i>n</i> -алкоксифенил-4'- <i>n</i> -алкилбензоаты	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-OC_mH_{2m+1}$ $n=5, m=4$ $n=4, m=2$ (45,45 мол. %); $n=6, m=2$ (45,45 мол. %);	<i>a</i> <i>b</i>	γ_1 (54,7° C)=0,38 γ_1 (25° C)=2,20	-24,18 -16,7	7,61 5,82	320,8	$\Delta n(T=$ $=0,95 T_{NI})=$ $=0,126$	[3] [16, 39]	См. табл. 7
		$C_6H_{13}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-CN$ (9,1 мол. %) $n=5, m=2$ (24,0 мол. %); $n=3, m=4$ (16,0 мол. %); $n=4, m=6$ (60,1 мол. %)	<i>a</i>	η (25° C)=0,38	-14,5	4,05	324,6		[38]	
19	4'-бутилфенил-4- <i>n</i> -алкоксибензоат	$C_nH_{2n+1}O-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-C_4H_9$ $n=5$ (60%), $n=7$ (40%) n не приведено		ν (20° C)=0,85 η (20° C)=(0,66)			331 343		[40] [36]	
20	4'- <i>n</i> -пентилоксифенил-4- <i>n</i> -октилоксибензоат	$C_8H_{17}O-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-OC_5H_{11}$		γ_1 (66,3° C)=0,953			357,5	S (339,5 K)= =0,6098 [24]	[7]	$\gamma_1(T)=1,994 \cdot$ $\cdot 10^3 \cdot (1+T/$ $/357,65)^{0,2783} \cdot$ $\cdot \exp [590,24/$ $/(T-214,0)] \sim$ $\sim \rho S^2 \exp [B/$ $/(T-T_0)]$
21	4'-фторфениловый эфир 4-бутилбензойной кислоты	$C_4H_9-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-F$		η (20° C)=[0,23]			[233]		[41]	
22	4'-цианфенил-4-алкилбензоаты	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-CN$ $n=5$ (40 мол. %), $n=7$ (60 мол. %)		γ_1 (25° C)=4,10, $\gamma_1/\eta=5,21$ при $T=0,92 T_{NI}$		6,48	329,4		[5]	$E=\partial \gamma_1/\partial (T^{-1})$ при $T=0,92 T_{NI}$ $n=7: T_g=214$ K [42]; $n=2,$ $n=4: T_g=219$ K [26]

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23	3'-фтор-4'-цианфенил-4-алкилбензоат	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{F})(\text{CN})$ $n = 3$ $n = 7$		η (20° C)=[0,38] γ_1 (25° C)=3,3			[355] 301,7		[43] [44]	$\Delta\epsilon$ =[45,5] $\Delta\epsilon$ =49,7
24	3'-хлор-4'-цианфенил-4-пропилбензоат	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{Cl})(\text{CN})$		η (20° C)=[1,56]					[45]	$\Delta\epsilon$ =[41]
25	3'-фтор-4'-цианфенил-4-(β-метоксиметил)бензоат	$\text{CH}_3\text{OCH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{F})(\text{CN})$		η (20° C)=[0,95]			(300,9)		[45]	$\Delta\epsilon$ =[60]
26	3'-фтор-4'-цианфенил-4-(β-алкоксиэтокс)бензоат	$C_nH_{2n+1}\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{F})(\text{CN})$ $n = 2$ $n = 4$		η (20° C)=[0,83] η (20° C)=[1,08]			[281,3] [259,9]		[43]	$\Delta\epsilon$ =[48,9] $\Delta\epsilon$ =[34,3]
27	3'-хлор-4'-цианфенил-4-(β-бутоксизетокс)бензоат	$C_4H_9\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{Cl})(\text{CN})$		η (20° C)=[1,58]			[219,2]		[43]	$\Delta\epsilon$ =[30,8]
28	3'-фтор-4'-цианфенил-4-фторбензоат	$\text{F}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{F})(\text{CN})$		η (20° C)=[0,42]			[285,3]		[46]	
29	3'-фтор-4'-цианфенил-4-хлорбензоат	$\text{Cl}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{F})(\text{CN})$		η (20° C)=[0,68]			[306,3]		[46]	
30	4'-(β-цианэтил)фенил-4-н-октилоксибензоат	$C_8H_{17}\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN}$		ν (54° C)=0,79			331,2		[47]	
31	4'-(дицианоэтил)фенил-4-н-гептаилоксибензоат	$C_7H_{15}\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{C}(\text{CN})_2$		ν (80° C)=0,63			375,2		[47]	
32	4'-нитрофенил-4-н-октилоксибензоат	$C_8H_{17}\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NO}_2$		γ_1 (69° C)=0,32					[48]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
33	4-алкилфенил-4'-алкилциклогексанкарбоксилаты	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-C_mH_{2m+1}$ $n = m = 5$ n, m не приведены		ν (20° C)=0,13 η (20° C)=(0,18)			320 313		[49] [36]	
34	4- <i>n</i> -алкил-2-фторо-фенил-4'-алкилциклогексан-1'-карбоксилаты	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-C_mH_{2m+1}$ F		η (20° C)=0,22			308		[36]	
35	4-алкоксифенил-4'-алкилциклогексан-1'-карбоксилаты	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{OC}_mH_{2m+1}$ $n = 4, m = 2$ $n = 3, m = 4$ (60 мол.%; $n = 3, m = 2$ (40 мол.%) $n = 4, m = 2$ (45,45 мол.%; $n = 6, m = 2$ (45,45 мол.%)	a	γ_1 (22° C)=1,20 γ_1 (25° C)=1,34	—15,53	4,68	348,7 347,3		[50] [5]	См. табл. 8 $n=5, m=1$: $T_g=197$ K [42] $E=\partial\gamma_1/\partial(T^{-1})$ при $T=$ $=0,92 T_{NI}$
		$C_6H_{13}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$ (9,1 мол.%) $(n+m)_{\text{CP}} = 5,88$ (в смеси) $(n+m)_{\text{CP}} = 10,00$ (в смеси) $n = 5, m = 1$ $n = 3, m = 2$ $n = 4, m = 2$	c	γ_1 (25° C)=1,34	—6,40	3,45	346,8	Δn (0,95 T_{NI})= =0,073	[16, 39]	
				η (25° C)=0,16 η (25° C)=0,51 ν (20° C)=0,17 ν (20° C)=0,14 ν (20° C)=0,17			344 351 348		[51] [51] [49] [49] [49]	
36	4-алкоксифенил-4'-(пентен-1-ил)циклогексан-1'-карбоксилаты	$CH_2=CH-C_2H_5-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{OC}_nH_{2n+1}$ $n = 2$ $n = 3$	a a	γ_1 (22° C)=1,20 γ_1 (22° C)=1,08	—17,50 —18,94	5,27 5,67	331,5 318,0	$\Delta n=0,065$ $\Delta n=0,061$	[48] [48]	
37	4-алкилфенил-4'-этилциклогексан-1'-карбоксилаты	$C_2H_5-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-C_nH_{2n}-CH=CH_2$ $n = 1$ $n = 2$		η (22° C)=0,225 γ_1 (22° C)=1,25 η (22° C)=0,315			353,2 334,6	$\Delta n=0,062$ $\Delta n=0,068$	[52] [52]	

Таблица 1¹ (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
38	4-фторфенил-4'-пропилциклогексан-1'-карбоксилат	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{F}$	η (20° C)=0,082						[53]	
39	3,4-дифторфенил-4'-пентилциклогексан-1'-карбоксилат	$C_5H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{F}$ F	η (20° C)=[0,194]				(258)		[54]	$\Delta H_m=3520$ К
40	2,4-дифторфенил-4'-алкилциклогексан-1'-карбоксилаты	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{F}$ F $n=5$ $n=6$ $n=8$	η (20° C)=[0,17] η (20° C)=[0,22] η (20° C)=[0,22]				(282,0) (284,5) (291,7)		[55]	
41	4-цианфенил-4'-алкилциклогексан-1'-карбоксилаты	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$ $n=5$ (40 мол. %), $n=7$ (60 мол. %) $n=5$	γ_1 (25° C)=2,69, $\gamma_1/\eta=6,36$ при $T=0,92 T_{NI}$ ν (50° C)=0,12			4,43	353,4 352,4 (329,4)		[5] [47] [56]	$E=\partial\gamma_1/\partial(T^{-1})$ при $T=$ $=0,92 T_{NI}$ $\Delta H_m=3830$ К
42	1-пентилокси-4-(4'-метилциклогексилкарбоксии)-2,3-дицианбензол	$\text{CH}_3-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{OC}_5\text{H}_{11}$ NC CN	η (20° C)=[1,5]							
43	4-алкилфенил-4'-алкилциклогексантиолат	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{COS}-\langle \text{---} \rangle-\text{C}_mH_{2m+1}$	η (25° C)=(0,37)						[35]	
44	4-алкоксифенил-4'-алкилциклогексантиолат	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{COS}-\langle \text{---} \rangle-\text{OC}_mH_{2m+1}$ $n=5, m=2$ $n=4, m=5$	η (25° C)=(0,20) η (25° C)=(0,35)						[35] [35]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
45	4-алкилбензойные кислоты	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \dots \text{H}-\text{O} \\ \text{O}-\text{H} \dots \text{O} \end{smallmatrix}-\text{C}_6\text{H}_4-$ $-C_nH_{2n+1}$ $n = 4 \text{ (50\%)}, n = 6 \text{ (50\%)}$	<i>b</i>	$\gamma_1 (72^\circ \text{C}) = 0,36$	-11,9	4,46	381,8	$\Delta n (T = 0,95 T_{NI}) = 0,120$	[16, 57]	
46	4-алкилциклогексанкарбоновые кислоты	$n = 5$ $C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \dots \text{H}-\text{O} \\ \text{O}-\text{H} \dots \text{O} \end{smallmatrix}-\text{C}_6\text{H}_{10}-$ $-C_nH_{2n+1}$ $n = 4 \text{ (50\%)}, n = 6 \text{ (50\%)}$	<i>a</i>	$\gamma_1 (84^\circ \text{C}) = 0,53$ $\gamma_1 (25^\circ \text{C}) = 1,85$	-8,31 -3,4	2,74 2,97	417,7 366,2	$\Delta n (T = 0,95 T_{NI}) = 0,042$	[3] [16, 57]	
47	4- <i>n</i> -метоксикоричная кислота	$\text{CH}_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \dots \\ \text{O}-\text{H} \dots \end{smallmatrix}$	<i>a</i>	$\gamma_1/\rho (173^\circ \text{C}) = 0,0956$			447		[33]	
48	4'-пентилциклогексилоний эфир 3,4-дифторбензойной кислоты	$C_5H_{11}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{OOC}-\text{C}_6\text{H}_3\text{F}_2-$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,70]$			(267,2)		[58]	
49	4'-пентилциклогексилоний эфир 2,4-дифторбензойной кислоты	$C_5H_{11}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{OOC}-\text{C}_6\text{H}_3\text{F}_2-$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,62]$			(289,9)		[58]	
50	4-алкилциклогексилоний эфиры 4'-цианбензойной кислоты	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{OOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$		$\eta (25^\circ \text{C}) = [0,30]$			319,7		[59]	
51	4-алкил-4'- <i>n</i> -алкилбифенилы	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-C_mH_{2m+1}$ $n = 2 \quad m = 3$ $n = 5 \quad m = 3$ $n = 6 \quad m = 5$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,20]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0,12]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0,38]$			[284]		[60]	

Таблица 1 (продолжение)

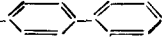
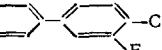
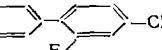
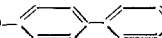
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
52	4-циан-4'- <i>n</i> -алкил- бифенилы	C_nH_{2n+1} —  —CN $n = 5$ $n = 5$ (40 мол.%), $n = 7$ (60 мол.%)	b a	γ_1 (25° C)=0,82 γ_1 (25° C)=1,1 γ_1 (25° C)=1,1 γ_1 (25° C)=1,02, $\gamma_1/\eta=4,35$ при $T=0,92 T_{NI}$	—20,0 —17,1	5,84 6,34 5,64	308,2 312,2 312,2	$\Delta n=0,178$ $\Delta n(T=$ $=307,2 \text{ K})=$ $=0,185$	[16] [61] [16]	См. табл. 9 $T_g=207 \text{ K}$ [42]
		$n = 3$ (30%), $n = 5$ (40%), $n = 7$ (30%) $n = 5$		η (20° C)=0,34, η (0° C)=1,00 η (20° C)=[0,34], η (0° C)=[1,38]			308,2		[62]	$E=\partial\gamma_1/\partial(T^{-1})$ при $T=$ $=0,92 T_{NI}$ $n=2: T_g=202 \text{ K};$ $n=4: T_g=206 \text{ K}$ [26]
53	4- <i>n</i> -пентил-4'-циан- 3'-фторбифенил	C_5H_{11} —  —CN		η (20° C)=[0,39], η (0° C)=[1,68]			[273, 2]		[63]	
54	4- <i>n</i> -пентил-4'-циан- 2'-фторбифенил	C_5H_{11} —  —CN		η (20° C)=[0,41], η (0° C)=[2,07]			294,9		[63]	
55	4'-циан-4- <i>n</i> -алкок- сифенилы	$C_nH_{2n+1}O$ —  —CN $n = 5$ (40 мол.%), $n = 7$ (60 мол.%)	b	γ_1 (31° C)=2,22 γ_1 (25° C)=3,71, $\gamma_1/\eta=3,97$ при $T=0,92 T_{NI}$	—14,6	5,15 5,71	345,2 344,8	$\Delta n(T=$ $=0,95 T_{NI})=$ $=0,177$	[16]	См. табл. 10
		$n = 5$	a	γ_1 (49,3° C)=0,56 γ_1 (50° C)=0,27 ν (70° C)=0,18 γ_1 (76° C)=0,20		6,5	341,6		[3] [64] [65]	$\gamma_1 \approx -\alpha_2$
		$n = 8$					312,2		[64]	$\gamma_1 \approx -\alpha_2$

Таблица 1 (продолжение)

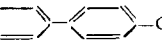
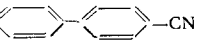
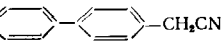
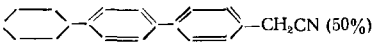
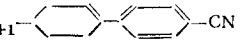
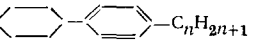
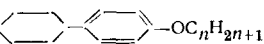
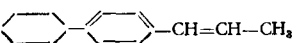
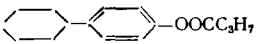
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
56	4'-(β-алкоксиэтил)- 4-цианбифенил	$C_nH_{2n+1}O-CH_2-CH_2-$  $-CN$ $n = 1$ $n = 2$		η (20° C)=[0,54] η (20° C)=[0,57]			[280,7] [265]		[66] [66]	
57	4'-циан-4-(3-гидро- ксипропокси)би- фенил	$HO-C_3H_6O-$  $-CN$		η (20° C)=[1,5]			386,8		[67]	$\Delta\varepsilon$ =[18,4]
58	4'-алкилбифенил-4- илацетонитрил	$C_nH_{2n+1}-$  $-CH_2CN$ $n = 5$ (50%), $C_9H_{11}-$  $-CH_2CN$ (50%)		ν (20° C)=[0,46]			[379]		[68]	
59	1-(<i>n</i> -цианфенил)-4- <i>n</i> -алкилциклогек- сены	$C_nH_{2n+1}-$  $-CN$ $n = 5$ (50%), $n = 7$ (50%) $n = 2$ (23%), $n = 5$ (38,5%), $n = 7$ (38,5%)		η (25° C)=0,36 η (25° C)=0,25			332 321		[69] [69]	
60	4-алкил-1-(4'- <i>n</i> -про- пилциклогексил)- бензол	C_3H_7-  $-C_nH_{2n+1}$ $n = 2$ $n = 3$ $n = 5$		ν (20° C)=0,04 η (20° C)=[0,07] η (20° C)=[0,10]			(203,2) [217] (241)		[70] [71] [34]	T_g =159 К [42] $\mu_{\text{этилбензол}} =$ =0,37 Д
61	4-алкокси-1-(4'- <i>n</i> - пропилциклогек- сил)бензол	C_3H_7-  $-OC_nH_{2n+1}$ $n = 1$ $n = 2$ $n = 4$		ν (20° C)=0,06 ν (20° C)=0,07 η (20° C)=[0,135] ν (20° C)=0,10			(283,2) 310,2		[72] [70] [71] [49]	T_g =191 К [42] $\mu_{\text{этоксibenзол}} =$ =1,28 Д
62	4-(пропен-1'-ил)-1- (4''- <i>n</i> -пропилцик- логексил)бензол	C_3H_7-  $-CH=CH-CH_3$		η (20° C)=[0,17]			358		[71]	ΔH_m =961 К $\mu_{\text{пропенилбензол}} =$ =0,71 Д
63	4- <i>n</i> -пропил-1-(4'-бу- танонлоксифенил)- циклогексан	C_3H_7-  $-OOC-C_3H_7$		ν (20° C)=0,15			303		[49]	$\mu_{\text{фенилацетат}} =$ =1,52 Д

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
64	1-(3-гидроксиэток- си)-4-(пропилцик- логексил)бензол	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-OCH_2CH_2OH$		η (20° C) = [0,91]			354,6		[67]	
65	метиловый эфир <i>n</i> - (4- <i>n</i> -пропилцик- логексил)бензой- ной кислоты	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-COOCH_3$		η (20° C) = [0,54]			313		[71]	$\mu_{\text{метилбензоат}} =$ = 1,8 Д
66	1-(4- <i>n</i> -алкилцикло- гексил)4-фтор- бензол	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-F$ $n = 3$ $n = 9$		ν (20° C) = 0,05 ν (20° C) = [0,034]			(219,2)		[70] [73]	$\mu_{\text{фторбензол}} =$ = 1,46 Д
67	4-пентил-(3,4-ди- фторфенил)цикло- гексан	$C_5H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-F$ F		η (20° C) = [0,07]			[219]		[74]	
68	2-фтор-4-(4'-гептил- циклогексил)аце- тофенон	$C_7H_{15}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-COCH_3$ F		η (20° C) = [0,14]			[271]		[75]	
69	4-алкил-(4'-циан- фенил)циклогек- сан	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-CN$ $n = 3$ $n = 5$	c	ν (20° C) = 0,20 γ_1 (25° C) = 0,97	-5,8	2,76	318,2 328,2	Δn ($T =$ = 0,95 T_N) = = 0,149	[70] [16]	См. табл. 11, 12 $T_g = 203$ К [26] $\mu_{\text{цианобензол}} =$ = 4,0 Д
70	4-(<i>n</i> -бутен-1-ил)-1- (4'-этоксифенил)- циклогексан	$C_3H_7-CH=CH-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-OC_2H_5$		η (22° C) = 0,118			329,7	$\Delta n = 0,085$	[52]	

Таблица 1 (продолжение)

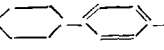
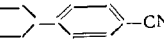
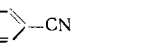


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
71	4-алкенил-1-(4'-н- цианфенил)цикло- гексан	$C_nH_{2n+1}-CH=CH-C_mH_{2m}-$  $-CN$ $n = 3 \quad m = 0$ $n = 0 \quad m = 5$	a a	$\gamma_1 (22^\circ C) = 1,34$ $\gamma_1 (22^\circ C) = 0,99$	$-16,62$ $-14,65$	$4,99$ $4,32$	$331,7$ $305,4$	$\Delta n = 0,116$ $\Delta n = 0,086$	[76] [50]	См. табл. 13
		$n = 0 \quad m = 3$		$\gamma_1 (22^\circ C) = [0,20]$		[7,84]	$325,7$	$\Delta n (T =$ $= 315,7) =$ $= [0,074]$		$\Delta H_m = 3240 \text{ К},$ $K_T = 2,3 \cdot$ $\cdot 10^{-12} H, T =$ $= 315,7 \text{ К}$
72	4 (гепта-4',6'-дие- нил)-1-(4'-циан- фенил)циклогек- сан	$CH_2=CH-CH=CH-C_6H_5-$  $-CN$		$\gamma_1 (22^\circ C) = [0,16]$		[13,90]	[271,7]	$\Delta n (T =$ $= 261,7) =$ $= [0,080]$	[50]	$\Delta H_m = 3370 \text{ К},$ $K_T = 2,5 \cdot$ $\cdot 10^{-12} H, T =$ $= 261,7 \text{ К}$
73	4-алкилоксиметил- 1-(4'-цианфенил)- циклогексан	$C_nH_{2n+1}OCH_2-$  $-CN$ $n = 1$ $n = 1 (50\%), n = 2 (25\%), n = 6 (25\%)$		$\eta (20^\circ C) = [0,34]$ $\eta (20^\circ C) = [0,14]$			$302,4$ [304]		[77]	$\Delta \epsilon = 15,5$ Различие в зна- чениях η из-за матрицы ЖК
74	4-фторпентил-1-(4'- цианфенил)цикло- гексан	$FC_5H_{10}-$  $-CN$		$\gamma_1 (22^\circ C) = [0,92]$		[7,61]	(307,0)	$\Delta n (T =$ $= 297,0) =$ $= 0,078$	[50]	$\Delta H_m = 3180 \text{ К},$ $K_T = 3,3 \cdot$ $\cdot 10^{-12} H, T =$ $= 297,0 \text{ К}$
75	4-алкил-1-(4'-изо- тиоцианатофе- нил)циклогексан	$C_nH_{2n+1}-$  $-NCS$ $n = 6$	a	$\eta (20^\circ C) = 0,128$ $\gamma_1 (22^\circ C) = 0,83,$ $\eta (22^\circ C) = 0,162$ $\eta (20^\circ C) = 0,21$ $\eta (20^\circ C) = 0,135$ $\eta (20^\circ C) = 0,21$	$-14,8$	$4,30$	313 $317,2$	$\Delta n = 0,161$	[34] [78]	$\Delta \epsilon = 8,9$ $\gamma_1/K_T = 9,1 \cdot$ $\cdot 10^{-8} \text{ с/м}^2,$ $t_{\text{выкл}} = 41 \text{ мс},$ $T = 22^\circ C$ $\Delta \epsilon = 7,0$
		$n = 3 (42,9\%), n = 6 (57,1\%)$ $n = 2 (44,9\%), n = 6 (55,1\%)$							[79] [80] [80]	

Таблица 1 (продолжение)

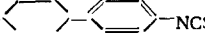
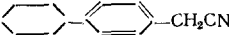
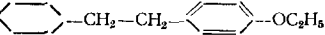
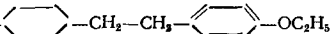
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
76	4-алкенил-(4'-изотиоцианатофенил)циклогексан	$C_nH_{2n+1}-CH=CH-C_mH_{2m}-$  $n = 2, m = 2$	a $\gamma_1 (22^\circ C) = 1,00,$ $\eta (22^\circ C) = 0,173$	—16,33	4,82	310,4			[78]	$\gamma_1/K_T = 9,8 \cdot 10^{-8} \text{ c/M}^2,$ $t_{\text{выкл}} = 41 \text{ мс},$ $T = 22^\circ C$
		$n = 2, m = 0 (40\%); n = 4, m = 0 (60\%)$ $n = 0, m = 2$	a $\gamma_1 (22^\circ C) = 0,97$			309,1			[50]	$\gamma_1/K_T = 10,4 \cdot 10^{-8} \text{ c/M}^2,$ $T = 22^\circ C$
		$n = 0, m = 4$	a $\gamma_1 (22^\circ C) = 0,50$ $\gamma_1 (22^\circ C) = 0,51$		5,40	296,1 316,2			[78] [50]	$\gamma_1/K_T = 5,3 \cdot 10^{-8} \text{ c/M}^2,$ $T = 22^\circ C$
			$\gamma_1 (22^\circ C) = 0,95$			318,7			[50]	$\gamma_1/K_T (22^\circ C) = 10,0 \cdot 10^{-8} \text{ c/M}^2$
77	4-(4'-пентилциклогексил)фенил-ацетонитрил	$C_5H_{11}-$ 	$\nu (20^\circ C) = [0,52]$			[297]			[68]	
78	1-(4- <i>n</i> -пентилциклогексил)-2-(4'-этоксифенил)-этан	$C_5H_{11}-$ 	a $\gamma_1 (22^\circ C) = 0,79$ $\eta (22^\circ C) = 0,120$	—11,61	3,39	319,8	$\Delta n = 0,072$		[52]	
79	1-(4- <i>n</i> -пентен-1-ил-циклогексил)-2-(4'-этоксифенил)-этан	$C_5H_7-CH=CH-$ 	$\eta (22^\circ C) = 0,118$			317,4	$\Delta n = 0,087$		[52]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
80	1-(4- <i>n</i> -алкилциклогексил)-2-(4'-цианфенил)этаны	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$ $n = 5$ $n = 3$ $n = 3 \text{ (30\%)}, n = 5 \text{ (40\%)}, n = 7 \text{ (30\%)}$	a a	$\gamma_1 (22^\circ \text{C}) = 1,80,$ $\eta (22^\circ \text{C}) = 0,221$ $\eta (20^\circ \text{C}) = (0,195),$ $\eta (0^\circ \text{C}) = (0,44)$ $\eta (20^\circ \text{C}) = 0,25,$ $\eta (0^\circ \text{C}) = 0,86$		4,87 3,27	325,7 317,7 322,2		[76] [81] [65]	$\gamma_1/K_T = 1,22 \cdot$ $\cdot 10^{-10} \text{ c/M}^2,$ $t_{\text{выкл}} = 43 \text{ мс},$ $T = 22^\circ \text{C}$
81	1-(4- <i>n</i> -алкенилциклогексил)-2-(4'-цианфенил)этаны	$C_nH_{2n+1}-\text{CH}=\text{CH}-C_mH_{2m}-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$ $n = 3, m = 0$ $n = 1, m = 0 \text{ (60\%)}; n = 0, m = 2 \text{ (40\%)}$ $n = 0, m = 2 \text{ (40\%)},$ $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_4-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{CN} \text{ (60\%)}$	a $\gamma_1 (22^\circ \text{C}) = 2,15$ $\gamma_1 (22^\circ \text{C}) = 1,80$	$\gamma_1 (22^\circ \text{C}) = 1,70,$ $\eta (22^\circ \text{C}) = 0,228$ $\gamma_1 (22^\circ \text{C}) = 1,80$	-15,60 -16,15	4,76 4,99	319,9 329,9 333,5	$\Delta n (T = 309,9) = 0,118$ $\Delta n (T = 319,9) = 0,122$ $\Delta n (T = 323,5) = 0,125$	[76] [76] [76]	$\gamma_1/K_T = 1,21 \cdot$ $\cdot 10^{-10} \text{ c/M}^2,$ $t_{\text{выкл}} = 38 \text{ мс},$ $T = 22^\circ \text{C}$ $\gamma_1/K_T = 1,11 \cdot$ $\cdot 10^{-10} \text{ c/M}^2,$ $t_{\text{выкл}} = 29 \text{ мс},$ $T = 22^\circ \text{C}$ $\gamma_1/K_T = 0,92 \cdot$ $\cdot 10^{-10} \text{ c/M}^2,$ $t_{\text{выкл}} = 27 \text{ мс},$ $T = 22^\circ \text{C}$
82	2-(4-пропилциклогексил)-1-(3,4-дифторфенил)этан	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{F}$ F	$\eta (20^\circ \text{C}) < [0,08]$				[280,7]		[53]	
83	2-(4-пропилциклогексил)-1-(3-фтор-4-цианфенил)этан	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$ F	$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,251]$				(280,4)		[53]	$\Delta H_m = 1970 \text{ К},$ $\Delta \epsilon = 18,9$

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
84	1-(4- <i>n</i> -алкилциклогексил)-2-(4'-изотиоцианатофенил)этаны	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{NCS}$ $n = 3$ (40%), $n = 5$ (60%)	α	γ_1 (22° C) = 1,05, η (22° C) = 0,115		4,82	317,6	$\Delta n = 0,115$	[78]	$\gamma_1/K_T = 6,9 \cdot 10^{-8} \text{ с/м}^2$, $t_{\text{выкл}} = 21 \text{ мс}$, $T = 22^\circ \text{ C}$
85	4-гептилциклогексанкарбоновой кислоты β -(4-хлорфенил)этиловый эфир	$C_7H_{15}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{Cl}$		η (20° C) = [0,11]			(241)		[82]	
86	1-(4'-пропилциклогексил)-4-алкилциклогекс-1-ен	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-C_nH_{2n+1}$ $n = 3$ $n = 5$ $n = 7$		η (20° C) = [0,054] η (20° C) = [0,079] η (20° C) = [0,093]			285 300 312		[34]	
87	1-(4'-пропилциклогексил)-4-пентилциклогекс-3-ен	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-C_5H_{11}$		η (20° C) = [0,079]			295		[34]	
88	1-(4'-пропилциклогексил)-4-пентилциклогексан	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-C_5H_{11}$		η (20° C) = [0,065]			370		[34]	
89	1-(4'- <i>n</i> -пропилциклогексил)-4-метоксциклогексан	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{OCH}_3$		ν (20° C) = (0,07)			290		[72]	
90	4-пропил-(4'-метоксиметил)циклогексан	$C_3H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$		η (20° C) = [0,05]			324,2		[83]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
91	1-алкиловый эфир <i>n</i> -(4- <i>n</i> -алкилцикло- гексил)цикло- гексанкарбоновой кислоты	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-C_mH_{2m+1}$ $n = 5, m = 1$ (50%); $n = 5; m = 3$ (50%) $n = 7, m = 1$ (66,7%); $C_6H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2\text{OC}_2\text{H}_5$ (33,3%)		η (20° C) = [0,14] η (20° C) = [0,07]			351 351		[84] [84]	
92	4- <i>e</i> -(4'-алкилцикло- гексил)-1- <i>e</i> -циан- циклогексан	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$ $n = 2$ $n = 3$ $n = 4$ $n = 5$ $n = 7$		ν (20° C) = [0,65] ν (20° C) = [0,63] ν (20° C) = [0,68] ν (20° C) = [0,65] ν (20° C) = [0,75]			322 353 352 358 355		[49] [49, 40] [49] [49] [49]	
93	4- <i>e</i> -(4'-алкилцикло- гексил)-1- <i>e</i> -пентил-1- <i>a</i> -цианцикло- гексан	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{C}_5\text{H}_{11}$ CN		η (20° C) = 0,70			338		[40]	
94	4- <i>e</i> -(4'-пентилцикло- гексил)-1- <i>e</i> -(бутен-2-ил)-1- <i>a</i> - цианциклогексан	$C_5H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{C}_2\text{H}_4-\text{CH}=\text{CH}_2$ CN		γ_1 (22° C) = [1,58] η (22° C) = [0,50]		[6,62]	[325,8]		[52]	
95	1-алкил-4-пентилби- цикло[2.2.2]ок- тан	$C_5H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\text{C}_nH_{2n+1}$ $n = 5$ $n = 7$		η (20° C) = [0,077], η (0°) = [0,202] η (20° C) = [0,084], η (0°) = [0,222]			[237] [243]		[85] [85]	

Таблица 1 (продолжение)

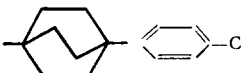
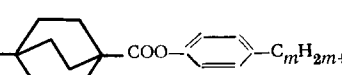
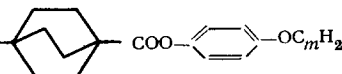
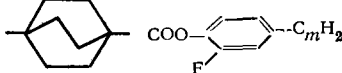
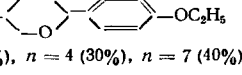
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
96	1-алкил-4-цианфенилбицикло[2.2.2]октаны	C_nH_{2n+1} 								
		$n = 5$	<i>a</i>	$\gamma_1 (60^\circ C) = 0,48$	-14,2	4,48	374,4		[3]	
		$n = 3$ (40 мол.%), $n = 5$ (60 мол.%)	<i>c</i>	$\gamma_1 (25^\circ C) = 2,96$ $\gamma_1 (T = 0,95T_{NI}) = 0,21$	-11,3	3,60	369,7	$\Delta n (T = 0,95T_{NI}) = 0,118$	[16]	Более точная аппроксимация $\ln [\gamma_1/(\Delta n)^2] = -6,40 + 0,743/(T - 198,8)$
		$n = 5$ (40 мол.%), $n = 7$ (60 мол.%) $n = 3$ (30%), $n = 5$ (40%), $n = 7$ (30%)	<i>a</i>	$\gamma_1 (25^\circ C) = (3,6)$ $\eta (20^\circ C) = 0,96$		4,94	367,7 363,2		[61] [62]	
97	4-алкилфенил-4'-алкилбицикло[2.2.2]октан-1'-карбоксилаты	C_nH_{2n+1} 	<i>a</i>	$\eta (20^\circ C) = (0,34)$		$1,73$ $T = 20^\circ C$	333		[36]	
98	4-алкоксифенил-4'-алкилбицикло[2.2.2]октан-1'-карбоксилаты	C_nH_{2n+1} 	<i>a</i>	$\eta (20^\circ C) = (0,64)$		$1,33$ $T = 20^\circ C$	368		[36]	
99	(4-алкил-2-фторфенил)-4'-алкилбицикло[2.2.2]октан-1'-карбоксилаты	C_nH_{2n+1} 	<i>a</i>	$\eta (20^\circ C) = (0,44)$		$2,08$ $T = 20^\circ C$	333		[36]	
100	5-алкил-2-(4-этоксифенил)1,3-диоксаны	C_nH_{2n+1} 		$\eta (20^\circ C) = 0,287$			318		[27]	
		$n = 3$ (30%), $n = 4$ (30%), $n = 7$ (40%)								

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
101	5-(пент-1-ен-3-ил)-2-(4'-бутоксифенил)-1,3-диоксан	<chem>CH2=CH-C5H9-C6H4(OCH2CH2O)C6H4-OC4H9</chem>	<i>a</i>	γ_1 (22° C) = [0, 70]		[8, 52]	308,4		[52]	
102	5-пентил-2-(4'-алкилоксибензил)-1,3-диоксаны	<chem>C5H11-C6H4(OCH2CH2O)C6H4-OCnH2n-CH=CH2</chem> $n = 1$ $n = 2$	<i>a</i>	γ_1 (22° C) = [1, 30] γ_1 (22° C) = 1,18		[7, 66]	295,2 274,1		[52] [52]	
103	5-алкил-2-(4'-цианфенил)-1,3-диоксаны	<chem>CnH2n+1-C6H4(OCH2CH2O)C6H4-CN</chem> $n = 5$ (40 мол. %), $n = 7$ (60 мол. %) $n = 3$ (30%), $n = 5$ (40%), $n = 7$ (30%) $n = 5$		γ_1 (25° C) = 1,34, $\gamma_1/\eta = 5,59$ при $T = 0,92T_{NI}$ η (20° C) = 0,41, η (0° C) = 1,48 η (20° C) = [0, 46]		3,40	323,0 318,2 (325)		[5] [62] [86]	$E = \partial\gamma_1/\partial(T^{-1})$ при $T = 0,92T_{NI}$
104	5-алкил-2-(4'-цианфенил)-1,3-оксатианы	<chem>CnH2n+1-C6H4(SCH2CH2O)C6H4-CN</chem> $n = 4$ (50%), $n = 7$ (50%)		η (20° C) = [0, 54]			(288), $n = 7$		[87]	$\Delta H_m = 3650$ K
105	5-алкил-2-(4'-цианфенил)-1,3-дитиан	<chem>CnH2n+1-C6H4(SCH2CH2S)C6H4-CN</chem> $n = 4$ (50%), $n = 7$ (50%)		η (20° C) = [0, 74]					[88]	
106	5-алкил-2-[2-(4'-цианфенил)этил]-1,3-диоксан	<chem>C5H11-C6H4(OCH2CH2O)CH2CH2-C6H4-CN</chem>		η (20° C) = [0, 55]			(292)		[86]	
107	5-пропил-2-[2-(4'-пропилциклогексил)этил]-1,3-диоксан	<chem>C3H7-C6H4(OCH2CH2O)CH2CH2-C6H11</chem>		η (20° C) = [0, 27]				$\Delta n = 0,033$	[89]	
108	5-(4'-фторфенил)-5-пентилпиридин	<chem>C5H11-C5H4N-C6H4-F</chem>		η (20° C) = [0, 126]			[228, 5]		[90]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
109	5-алкил-2-(4'-циан-фенил)пиридины	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$ $n = 5$ $n = 6$ $n = 7$ $n = 5$ (40 мол. %), $n = 7$ (60 мол. %) n не обозначено	b γ_1 (25° C) = 1,28, γ_1 ($T = 0,95T_{NI}$) = 1,03 b γ_1 (25° C) = 0,98, γ_1 ($T = 0,95T_{NI}$) = 2,34 b γ_1 (25° C) = 2,15, γ_1 ($T = 0,95T_{NI}$) = 1,47 b γ_1 (25° C) = 1,84 a γ_1 (25° C) = 1,46 η (20° C) = 0,496	-11,6 -18,9 -14,7 -16,0	3,50 5,75 4,60 5,40	316,7 305,7 320,2 317,4	Δn ($T = 0,95T_{NI}$) = = 0,176 Δn ($T = 0,95T_{NI}$) = = 0,163 Δn ($T = 0,95T_{NI}$) = = 0,272 Δn ($T = 0,95T_{NI}$) = = 0,175 $\Delta n = 0,211$	[91] [91] [91] [16] [61] [34]	 $\Delta\varepsilon = 22,9$	
110	2-(4'-алкилфенил)-5-цианпиридины	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$ $n = 3$ (30%), $n = 5$ (40%), $n = 6$ (30%)	a γ_1 (25° C) = 3,50		5,86	335,9			[92]	$\Delta\varepsilon = 7,3$
111	2-циан-5-алкилфенилпиридины	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$ $n = 5$ (40%), $n = 7$ (60%)	a γ_1 (25° C) = 2,20 η (20° C) = [0,25]		5,74	322,4			[92]	$\Delta\varepsilon = 11,3$
112	2-(4'-фторфенил)-5-цианпиридин	$F-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$	η (20° C) = [0,104]			[313]			[90]	
113	2-(4'- <i>n</i> -пропилциклогексил)-5- <i>n</i> -пентилпиридин	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$				180			[90]	
114	2-(4'-алкилциклогексил)-5-цианпиридины	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$ $n = 3$ (30%), $n = 5$ (40%), $n = 7$ (30%)	a γ_1 (25° C) = 1,40		5,63	330,5			[92]	$\Delta\varepsilon = 3,3$
115	2-циан-5-(4'-алкилциклогексил)пиридин	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$ $n = 5$ (40%), $n = 7$ (60%)	a γ_1 (25° C) = 1,78		5,57	331,2			[92]	$\Delta\varepsilon = 12,4$

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
116	5-(пентен-4-ил)-2-(4'-пентилфенил)-пиримидин	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_4\text{H}_9-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_5\text{H}_9$		η (22° C) = [0,30]			[243,8]		[52]	
117	5-алкил-2-(4'-алкоксифенил)пиримидины	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OC}_m\text{H}_{2m+1}$ $n = 5, m = 8$ (60%); $n = 3, m = 8$ (40%) $n = 6, m = 6$ (68%); $n = 6, m = 9$ (32%)		η (20° C) = 0,40 η (20° C) = 0,688			338 333		[40] [27]	
118	5-пропил-2-(4'-фторфенил)пиримидин	$\text{C}_3\text{H}_7-\text{C}_6\text{H}_4-\text{F}$		η (20° C) = [0,087]			325,9		[93]	
119	5-алкил-2-(3', 4'-дифторфенил)пиримидины	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_3\text{F}_2$ $n = 2$ $n = 3$ $n = 4$ $n = 5$ $n = 6$ $n = 7$		η (20° C) = [0,138] η (20° C) = [0,158] η (20° C) = [0,174] η (20° C) = [0,185] η (20° C) = [0,196] η (20° C) = [0,301]					[94]	
120	5-алкил-2-(4'-трифторметилфенил)пиримидин	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CF}_3$ $n = 2$ $n = 3$ $n = 4$ $n = 5$ $n = 6$		η (20° C) = [0,11] η (20° C) = [0,15] η (20° C) = [0,24] η (20° C) = [0,24] η (20° C) = [0,29]			(305) (314) (303)	$\Delta n = [0,07]$ $\Delta n = [0,08]$ $\Delta n = [0,07]$ $\Delta n = [0,08]$ $\Delta n = [0,07]$	[95]	$\Delta \epsilon = [37]$ $\Delta \epsilon = [40]$ $\Delta \epsilon = [31]$ $\Delta \epsilon = [36]$ $\Delta \epsilon = [25]$
121	5-метокси-2-(4'-трифторметилфенил)пиримидин	$\text{CH}_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CF}_3$		η (20° C) = [0,41]				$\Delta n = [0,06]$	[95]	$\Delta \epsilon = [35]$
122	2-(2'-н-пентилпиримидинил-5')-5-н-алкил-1,3-диоксаны	$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_5\text{H}_9$ $n = 3$ $n = 5$		η (20° C) = [0,13] η (20° C) = [0,13]			(338) 370	$\Delta n = [0,03]$ $\Delta n = [0,03]$	[96] [96]	$\Delta \epsilon = [13]$ $\Delta \epsilon = [8]$

Таблица 1 (продолжение)

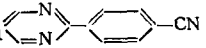
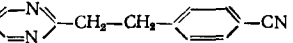
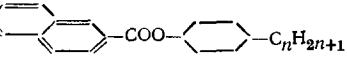
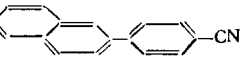
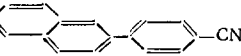
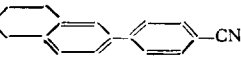
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
123	5-алкил-2-(4-цианфенил)пиримидины	C_nH_{2n+1}  $n = 5$ (40 мол.%), $n = 7$ (60 мол.%)	<i>b</i>	γ_1 (25° C) = 1,91	-14,9	5,11	324,4	Δn ($T = 0,95 T_{NI}$) = 0,177	[16]	$T_g = 215$ K [42]
			<i>b</i>	γ_1 (25° C) = 2,01		5,64	324,2		[5]	$E = \partial \gamma_1 / \partial (T^{-1})$ при $T = 0,92 T_{NI}$
		$n = 7$		η (25° C) = [0,50]			(324)		[86]	$n = 5$: $T_g = 214$ K [26],
		n не обозначено		η (20° C) = 0,528			319	$\Delta n = 0,195$	[34]	$\Delta \epsilon = 23,6$
				η (20° C) = [0,56]			[262]		[86]	
124	5-пентил-2-[2-(4'-цианфенил)этил]-пиримидин	C_5H_{11} 								
125	4- <i>n</i> -алкилциклогексильные эфиры 6- <i>n</i> -бутилнафталин-2-карбоновой кислоты	C_4H_9  $n = 3$ $n = 4$ $n = 5$	<i>a</i>	η (25° C) = (1,60)	-15,67	4,81	349,2		[97]	
			<i>a</i>	η (25° C) = (1,85)	-15,73	4,87	342,2			
			<i>a</i>	η (25° C) = (1,80)	-15,96	4,93	350,2			
126	6- <i>n</i> -гексил-2-(4'-цианфенил)нафталин	C_6H_{13} 	<i>a</i>	η (20° C) = (1,76), η (70° C) = 0,15, η (80° C) = 0,11		2,05	390,2		[98]	
127	6- <i>n</i> -гексил-2-(4'-цианфенил)-5,6-дигидронафталин	C_6H_{13} 	<i>a</i>	η (20° C) = (4,10), η (70° C) = 0,285		2,24	352,9		[98]	
128	6- <i>n</i> -гексил-2-(4'-цианфенил)-5,6,7,8-тетрагидронафталин	C_6H_{13} 	<i>a</i>	η (80° C) = 0,166			375,6		[98]	

Таблица 1 (продолжение)

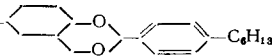
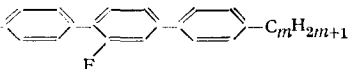
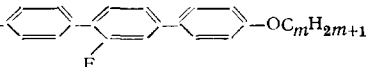
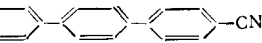
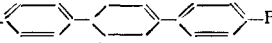
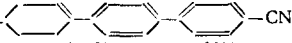
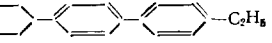
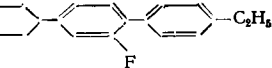
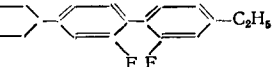
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
129	2-гексилфенил-6-алкил-транс-1,3-диоксадекалины	C_nH_{2n+1}  $n = 5$ $n = 6$		η (20° C) = [1,26] η (20° C) = [1,27]			367,2 361,3		[99]	$\Delta H_m = 4909$ К $\Delta H_m = 3983$ К
130	1-(4-алкилфенил)-2-фтор-4'-алкил-бифенил	C_nH_{2n+1}  C_mH_{2m+1}		η (20° C) = [0,40], η (0° C) = [1,15]			414		[100]	
131	1-(4-алкилфенил)-2-фтор-4'-алкокси-бифенил	C_nH_{2n+1}  OC_mH_{2m+1}		η (20° C) = [0,75], η (0° C) = [3,00]			453		[100]	
132	4-пентил-4'-циан-терфенил	C_4H_{11}  CN		η (20° C) = [0,82]			[546]		[101]	
133	1-[4'-(4"-алкилфенил)циклогексен-1'-ил]-4-фторбензол	C_nH_{2n+1}  $n = 3$ (50%), $n = 4$ (50%)		η (20° C) = [0,16]			(347) [317]		[102]	
134	1-(n-цианбифенил)-4-н-алкилциклогексены	C_nH_{2n+1}  $n = 3$ (38%), $n = 5$ (29%), $n = 6$ (16%), $n = 7$ (12%) $n = 3$ (45%), $n = 5$ (34%), $n = 7$ (16%), $n = 6$ (5,3%)		η (25° C) = 0,35 η (25° C) = 0,35			333 334		[68] [68]	
135	4-этил-4'-(4-н-пропилциклогексил)-бифенил	C_3H_7  C_2H_5		ν (20° C) = (0,20) η (20° C) = (0,336)			437,2 438		[70] [27]	
136	4-(4-пентилциклогексил)-2-фтор-4'-этилбифенил	C_8H_{11}  F		ν (20° C) = (0,27)			380,2		[70]	
137	4-(4-пентилциклогексил)-2,2'-дифтор-4'-этилбифенил	C_8H_{11}  F F		ν (20° C) = (0,42)			315,2		[70]	

Таблица 1 (продолжение)

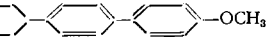
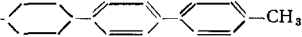
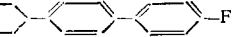
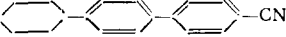
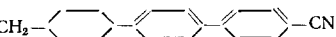
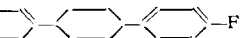
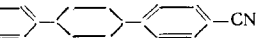
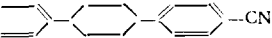
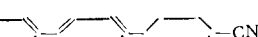
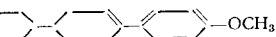
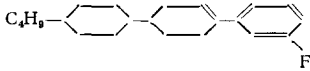
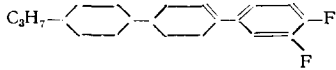
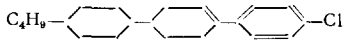
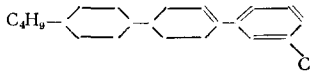
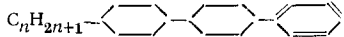
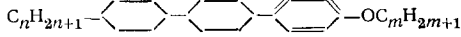
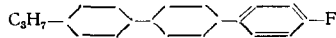
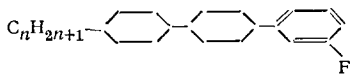
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
138	4-метокси-4'-(4- <i>n</i> -пропилциклогексил)бифенил	C_3H_7 - 		ν (20° C) = (0,70)			438,2		[70]	
139	4-этоксиметил-1-(4'-метилбифенилил-4)циклогексан	$C_2H_5OCH_2$ - 		η (20° C) = (0,43)			412,7		[103]	
140	4-фтор-4'-(4- <i>n</i> -пропилциклогексил)-бифенил	C_3H_7 - 		ν (20° C) = (0,24)			426,2		[70]	
141	4-циан-4'-(4- <i>n</i> -алкилциклогексил)-бифенил	C_nH_{2n+1} -  $n = 3$ $n = 5$		ν (20° C) = (0,90) η (20° C) = [1,08]			495,2 [563]		[70] [104]	
142	4-алкоксиметил-1-(4'-цианбифенилил-4)циклогексан	$C_nH_{2n+1}OCH_2$ -  $n = 2$ (33,3%), $n = 3$ (33,3%), $n = 5$ (33,3%)		η (20° C) = [0,55]			453		[76]	
143	4-(4-гексилфенил)-1-(4-фторфенил)-циклогексан	C_6H_{13} - 		η (20° C) = [0,19]			[316]		[102]	
144	4-(4-пентилфенил)-1-(4-цианфенил)-циклогексан	C_5H_{11} - 		η (20° C) = [0,48]			[474]		[104]	
145	4-(4-гексилоксифенил)-1-(4-цианфенил)циклогексан	$C_6H_{13}O$ - 		η (20° C) = [0,25]			[477]		[104]	
146	4- <i>n</i> -гептил-4'-(<i>n</i> -цианциклогексил)бифенил	C_7H_{15} - 		η (20° C) = [0,26]			[522]		[104]	
147	1-[4'-(4'-пропилциклогексил)циклогексен-1'-ил]-4-метоксибензол	C_3H_7 - 		η (20° C) = [0,23]			475,4		[105]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
148	1-[4'-(4"-бутилциклогексил)циклогексен-1'-ил]-3-фторбензол	C_4H_9 - 		η (20° C) = [0,23]			364		[102]	
149	1,2-дифтор-4-[4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексен-1'-ил]бензол	C_3H_7 - 		η (20° C) = [0,27]			388,2		[102]	
150	1-[4'-(4"-бутилциклогексил)циклогексен-1'-ил]-4-хлорбензол	C_4H_9 - 		η (20° C) = [0,29]			456,6		[102]	
151	1-[4'-(4"-бутилциклогексил)циклогексен-1'-ил]-3-хлорбензол	C_4H_9 - 		η (20° C) = [0,47]			340,7		[102]	
152	[4'-(4"-алкилциклогексил)циклогексил]бензол	C_nH_{2n+1} -  $n = 5$ (50%), $n = 7$ (50%) $n = 5$		η (20° C) = [0,23] η (20° C) = [0,23]			379,3 385,0		[105] [105]	
153	4-алкокси-1-[4'-(4"-алкилциклогексил)циклогексил]-бензол	C_nH_{2n+1} -  $n = 3$ (50%), $n = 6$ (50%) $m = 1$ $n = 0$ $m = 1$ $n = 0$ $m = 3$		η (20° C) = [0,23] η (20° C) = [0,30] η (20° C) = [0,38]			479		[105] [105] [105]	
154	1-[4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил]-4-фторбензол	C_3H_7 - 		η (20° C) = [0,41]			431,7		[102]	
155	1-[4'-(4"-алкилциклогексил)циклогексил]-3-фторбензол	C_nH_{2n+1} -  $n = 4$ (20%), $n = 6$ (80%)		η (20° C) = [0,23]			360,8		[102]	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
156	1,2-дифтор-4-[4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил]бензол			η (20° C) = [0,23] η (20° C) = [0,21]			397,3 391		[102] [53]	
157	1-[4'-(4"-бутилциклогексил)циклогексил]-4-хлорбензол			η (20° C) = [0,30]			455,2		[102]	
158	1-[4'-(4"-бутилциклогексил)циклогексил]-3-хлорбензол			η (20° C) = [0,69]			313		[102]	
159	4-[4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил]-2-фтор-ацетофенон			η (20° C) = [0,36]					[74]	
160	3-фтор-4-циан-1-[4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил]бензол			η (20° C) = [0,547] η (20° C) = [0,44]			480,8		[53] [74]	
161	4-пропил-4-циантерциклогексан			η (20° C) = [1,00]			[488]		[106]	
162	7 α -алкил-2 β -гексаноилоксипергидрофенантрены		C_nH_{2n+1} $n = 4$ (18%), 5 (17%), 6 (23%), 7 (20%), 10 (22%)	ν (20° C) = 0,41			348	$\Delta n = 0,05$	[107]	$\Delta \epsilon = -0,5$
163	2-алкил-7-цианфлуорен		C_nH_{2n+1} $n = 5$ (34,4%), $n = 7$ (24%), $n = 8$ (21,6%), C_8H_{11} (20%)	ν (20° C) = 3,25			335—340	$\Delta n = 0,208$	[108]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
164	5-алкил-2-(4'-алкил- бифенил)пирими- дины	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-C_mH_{2m+1}$ $n = 5, m = 2$ $n = 6, m = 2$ $n = 2, m = 3$ $n = 5, m = 5$ $n = 3, m = 7$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 32]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 27]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 28]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 35]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 29]$			440 428 452 446 441	$\Delta n = [0, 27]$ $\Delta n = [0, 30]$ $\Delta n = [0, 30]$	[101]	$\Delta \varepsilon = [9, 2]$ $\Delta \varepsilon = [7, 9]$ $\Delta \varepsilon = [11, 2]$
165	5-алкил-2-(4'-проп- оксибифенил)пи- римидины	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OC}_2\text{H}_5$ $n = 2$ $n = 6$ $n = 7$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 56]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 54]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 47]$			478 462 464		[101]	
166	5-алкил-2-[4'-три- фтометилбифе- нил]пиримидины	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CF}_3$ $n = 2$ $n = 3$ $n = 4$ $n = 5$ $n = 6$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 33]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 38]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 43]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 40]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 52]$			527 513 503 501 495	$\Delta n = [0, 20]$ $\Delta n = [0, 22]$ $\Delta n = [0, 19]$ $\Delta n = [0, 20]$ $\Delta n = [0, 19]$	[95]	$\Delta \varepsilon = [43]$ $\Delta \varepsilon = [41]$ $\Delta \varepsilon = [32]$ $\Delta \varepsilon = [34]$ $\Delta \varepsilon = [29]$
167	5-алкил-2-[4'-(4''- алкилциклогек- сил)фенил]пири- мидины	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-C_mH_{2m+1}$ $n = 3, m = 2$ $n = 4, m = 2$ $n = 5, m = 2$ $n = 2, m = 3$ $n = 6, m = 3$ $n = 5, m = 4$ $n = 4, m = 5$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 30]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 48]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 26]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 27]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 41]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 30]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 33]$			446 426 435 457 443 446 448	$\Delta n = [0, 19]$ $\Delta n = [0, 21]$	[101]	$\Delta \varepsilon = [6, 5]$ $\Delta \varepsilon = [6, 5]$
168	2-(n-пентилфенил)- 5'-пропил-5,2'- бипиримидин	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-C_4H_9$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 57]$			[488]	$\Delta n = [0, 30]$	[109]	$\Delta \varepsilon = [32]$
169	2-[4'-(2''-пентилпи- римидинил-5''- фенил)-5-алкил- пиримидин	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-C_4H_9$ $n = 3$ $n = 5$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [1, 16]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [3, 0]$			[546] [546]	$\Delta n = [0, 27]$	[110] [110]	$\Delta \varepsilon = [27]$

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
170	2-[β-(4-этилфенил)-этил]-5-(5'-пропилпиримидинил-2')-пиридин		η (20° C) = [0, 24]				[371]	Δn = [0, 20]	[111]	$\Delta \epsilon$ = [16]
171	2-[β-(4-метоксифенил)этил]-5-(5'-пропилпиримидинил-2')-пиридин		η (20° C) = [0, 31]				[423]	Δn = [0, 25]	[111]	$\Delta \epsilon$ = [20]
172	2-[β-(4-фторфенил)-этил]-5-(5'-пропилпиримидинил-2')-пиридин		η (20° C) = [0, 38]				[355]	Δn = [0, 19]	[111]	$\Delta \epsilon$ = [46]
173	2-[β-(3, 4-дифторфенил)этил]-5-(5'-пропилпиримидинил-2')-пиридин		η (20° C) = [0, 48]				[333]	Δn = [0, 19]	[111]	$\Delta \epsilon$ = [34]
174	2-[β-(4-цианфенил)-этил]-5-(5'-пентилпиримидинил-2')-пиридин		η (20° C) = [1, 23]				[449]	Δn = [0, 33]	[111]	$\Delta \epsilon$ = [61]
175	2-{2'-(4"-этилфенил)-пиримидинил-5'}-5-н-пропил-1, 3-диоксан		η (20° C) = [0, 30]				458	Δn = [0, 20]	[95]	$\Delta \epsilon$ = [15]
176	2-{2'-(4"-бутоксифенил)пиримидинил-5'}-5-н-алкил-1, 3-диоксан		η (20° C) = [0, 34] η (20° C) = [0, 33]				491 476	Δn = [0, 19] Δn = [0, 16]	[95] [95]	$\Delta \epsilon$ = [21] $\Delta \epsilon$ = [17]
177	2-{2'-(4"-фторфенил)пиримидинил-5'}-5-н-пропил-1, 3-диоксан		η (20° C) = [0, 20]				446	Δn = [0, 12]	[95]	$\Delta \epsilon$ = [23]

Таблица 1 (продолжение)

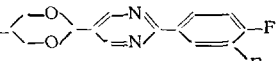
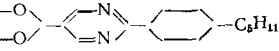
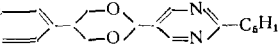
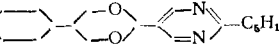
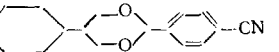
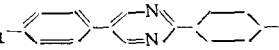
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
178	2-{2'-(3'',4''-дифтор-фенил)пиримидинил-5'}-5- <i>n</i> -алкил-1,3-диоксан	C_nH_{2n+1} -  $n = 3$ $n = 5$		η (20° C) = [0,38] η (20° C) = [0,40]			425 419	Δn = [0,23] Δn = [0,22]	[95] [95]	$\Delta \epsilon$ = [28] $\Delta \epsilon$ = [26]
179	2-{2'-(4''-пентилциклогексил)пиримидинил-5'}-5- <i>n</i> -пропил-1,3-диоксан	C_3H_7 -  C_6H_{11}		η (20° C) = [0,27]			438	Δn = [0,12]	[95]	$\Delta \epsilon$ = [21]
180	2-(2'-пентилпиримидинил-5')-5-(4''- <i>n</i> -октилфенил)-1,3-диоксан	C_8H_{17} -  C_6H_{11}		η (20° C) = [0,43]			429	Δn = [0,10]	[95]	$\Delta \epsilon$ = [16]
181	2-(2'-пентилпиримидинил-5')-5-(4''- <i>n</i> -пентилциклогексил)-1,3-диоксан	C_5H_{11} -  C_6H_{11}		η (20° C) = [0,28]			390	Δn = [0,08]	[95]	$\Delta \epsilon$ = [18]
182	2-(4'-цианфенил)-5-(1''-бутилпиперидинил-4'')-1,3-диоксан	C_4H_9 -  CN		η (25° C) = (1,54)			442		[112]	$\Delta \epsilon$ (82° C) = +12
183	1-[5'-(<i>n</i> -алкилфенил)пиримидинил-2']-4-цианциклогексан	C_nH_{2n+1} -  $n = 5$ (40%), $n = 7$ (60%)	<i>a</i>	η (60° C) = 0,840		[4,50]	438		[113]	$T_{пл} = 336$ К, $\Delta \epsilon$ (60° C) = 19,80

Таблица 1 (продолжение)

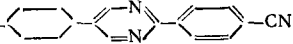
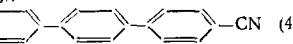
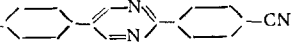
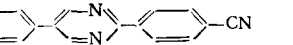
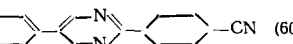
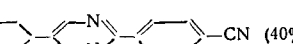
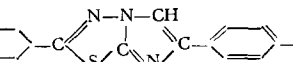
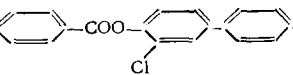
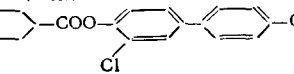
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
184	4-[5'-(4"- <i>n</i> -алкил-циклогексил)пиримидинил-2']-бензонитрил	C_nH_{2n+1} -  $n = 5$ (40%), $n = 7$ (60%)	<i>a</i>	η (60° C) = 0,306		[3,45]	495		[113]	$T_{пл} = 340$ К, $\Delta\epsilon$ (60° C) = = 17,20
		$n = 7$ (60%), C_8H_{11} -  (40%)	<i>a</i>	η (60° C) = 0,286			492		[113]	$T_{пл} = 317$ К, $\Delta\epsilon$ (60° C) = = 15,26
185	4-[5'-(4"- <i>n</i> -алкил-циклогексил)пиримидинил-2']-циклогексанкарбонитрил	C_nH_{2n+1} -  $n = 5$ (40%), $n = 7$ (60%)	<i>a</i>	η (60° C) = 0,385		[3,81]	471		[113]	$T_{пл} = 330$ К, $\Delta\epsilon$ (60° C) = = 16,30
186	4-[5'-(4"- <i>n</i> -бутил-фенил)пиримидинил-2']-бензонитрил	C_4H_9 -  186 (40%), C_7H_{15} -  (60%) 186 (60%), C_2H_5 -  (40%)	<i>a</i>	η (60° C) = 0,385		[1,39]	501		[113]	$T_{пл} = 359$ К, $\Delta\epsilon$ (60° C) = = 19,20
			<i>a</i>	η (60° C) = 0,550			509		[113]	$T_{пл} = 343$ К, $\Delta\epsilon$ (60° C) = = 22,90
187	2-(4-бутилциклогексил)-6-(4-цианфенил)имидазо-[2,1- <i>b</i>]-1,3,4-тиадиазол	C_4H_9 - 		γ_1 (25° C) = [5,6]		[10,0]	>551 (разлагается)		[114]	$T_{пл} = 445$ К
				γ_1 (60° C) = [0,46]						
188	4-алкилбензойной кислоты-4'-(4"-алкилфенил)-2'-хлорфениловые эфиры	C_nH_{2n+1} -  $n = 3$ $m = 5$ (65%), C_6H_{13} -  (35%)		η (50° C) = 0,30			398		[115]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
189	4-алкоксибензойной кислоты-4'-(4"-алкилфенил)-2'-хлорфениловые эфиры	$C_nH_{2n+1}O-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{Cl})-\text{C}_6\text{H}_4-C_mH_{2m+1}$ <p>(85%)</p> $C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{Cl})-\text{C}_6\text{H}_4-C_mH_{2m+1}$ <p>(15%)</p>		η (50° C) = 0,65			373		[115]	
190	4-(4-н-гексилокси)-бензойной кислоты-4'-(4"-н-бутилфенил)-2'-цианфениловый эфир	$C_6H_{13}O-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{CN})-\text{C}_6\text{H}_4-C_4H_9$		η (20° C) = [4,6]			[407]		[116]	$\Delta\epsilon = [-4,3]$
191	2,4-дифторбензойной кислоты-4'-пентилбифениловый эфир	$F-\text{C}_6\text{H}_3(F)-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-C_5H_{11}$		η (20° C) = [0,42]			429,9		[117]	$\Delta\epsilon = [+2,7]$
192	2,4-дифторбензойной кислоты-4'-(4"-пропилициклогексил)фениловый эфир	$F-\text{C}_6\text{H}_3(F)-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_9$		η (20° C) = [0,42]			435,5		[117]	
193	3,4-дифторбензойной кислоты-4'-(4"-пропилициклогексил)фениловый эфир	$F-\text{C}_6\text{H}_3(F)-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_9$		η (20° C) = [0,40]			417,7		[117]	
194	3,4-дифторбензойной кислоты-4'-(4"-пентилфенил)-циклогексильный эфир	$F-\text{C}_6\text{H}_3(F)-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_{11}$		η (20° C) = [0,43]			421,0		[117]	

Таблица 1 (продолжение)

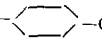
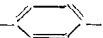
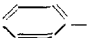
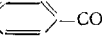
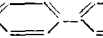
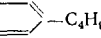
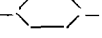
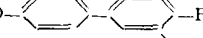
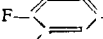
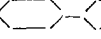
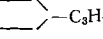
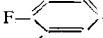
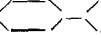
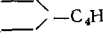
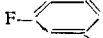
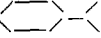
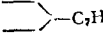
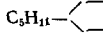
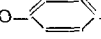

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
195	4-алкилциклогексан-1-карбоновой кислоты-4'-(4"-алкилфенил)-2'-хлорфениловые эфиры	C_nH_{2n+1} -  -COO-  -  - $-C_mH_{2m+1}$ $n=3, m=4$ (55%) C_4H_9O -  -COO-  -  - C_4H_9 (45%)		η (20° C) = [0,32]			414		[115]	
196	4-алкилциклогексан-1-карбоновой кислоты-3',4'-дифторбифениловые эфиры	C_nH_{2n+1} -  -COO-  -F $n=3$ $n=5$		η (20° C) = [0,34] η (20° C) = [0,46]			416,8		[118] [118]	
197	3,4-дифторбензойной кислоты-4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексильный эфир	F-  -COO-  -  - C_3H_7 F		η (20° C) = [0,66]			[560]		[117]	
198	3-хлор-4-фторбензойной кислоты-4'-(4"-бутилциклогексил)циклогексильный эфир	F-  -COO-  -  - C_4H_9 Cl		η (20° C) = [0,89]			399,5		[117]	
199	2,4-дифторбензойной кислоты-4'-(4"-гептилциклогексил)циклогексильный эфир	F-  -COO-  -  - C_7H_{15} F		η (20° C) = [0,32]			442,6		[117]	
200	4'-(4"-пропилциклогексил)фенил-4-пентилциклогексил-1-карбоксилат	C_5H_{11} -  -COO-  -  - C_5H_7		η (20° C) = (0,40)			466		[70]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
201	4'-(4"-пропилфенил)циклогексил-4-бутилциклогексил-1-карбоксилат	<chem>CCCCc1ccc(cc1)C(=O)OCC2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3C4=CC=CC=C4C5=CC=CC=C5C6=CC=CC=C6C7=CC=CC=C7C8=CC=CC=C8C9=CC=CC=C9C10=CC=CC=C10</chem>		η (25° C) = [0,3]					[35]	
202	5'-бутилпиридин-2'-ил- <i>n</i> -этилбифенил-1-карбоксилат	<chem>CCCCc1ccc(cc1)C(=O)OCC2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3C4=CC=CC=C4C5=CC=CC=C5C6=CC=CC=C6C7=CC=CC=C7C8=CC=CC=C8C9=CC=CC=C9C10=CC=CC=C10</chem>		η (20° C) = [10,5]					[119]	$\Delta H_m = 2323$ K
203	<i>цис</i> -4'-цианобифенил-4-ил-3- <i>n</i> -пропилциклобутан-1-карбоксилат	<chem>CCCCc1ccc(cc1)C(=O)OCC2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3C4=CC=CC=C4C5=CC=CC=C5C6=CC=CC=C6C7=CC=CC=C7C8=CC=CC=C8C9=CC=CC=C9C10=CC=CC=C10</chem>		η (20° C) = [1,33]			336,2		[120]	
204	<i>транс</i> -4'-цианобифенил-4-ил-3- <i>n</i> -пропилциклобутан-1-карбоксилат	<chem>CCCCc1ccc(cc1)C(=O)OCC2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3C4=CC=CC=C4C5=CC=CC=C5C6=CC=CC=C6C7=CC=CC=C7C8=CC=CC=C8C9=CC=CC=C9C10=CC=CC=C10</chem> 204 (55%), 203 (45%)		η (20° C) = [0,74] η (20° C) = [1,00]			414,7 374,3		[120] [120]	
205	4'-цианобифенил-4-ил-3- <i>n</i> -пропилспиро[3,3]гептан-1-карбоксилат	<chem>CCCCc1ccc(cc1)C(=O)OCC2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3C4=CC=CC=C4C5=CC=CC=C5C6=CC=CC=C6C7=CC=CC=C7C8=CC=CC=C8C9=CC=CC=C9C10=CC=CC=C10</chem>		η (20° C) = [1,70]			428,0		[120]	
206	4-метилфенил-4'-пропилбифенил-1-карбоксилат	<chem>CCCCc1ccc(cc1)C(=O)OCC2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3C4=CC=CC=C4C5=CC=CC=C5C6=CC=CC=C6C7=CC=CC=C7C8=CC=CC=C8C9=CC=CC=C9C10=CC=CC=C10</chem>		η (20° C) = [0,81]			472		[35]	$\Delta H_m = 3660$ K
207	4-метил-3-цианфенил-4'-пропилбифенил-1-карбоксилат	<chem>CCCCc1ccc(cc1)C(=O)OCC2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3C4=CC=CC=C4C5=CC=CC=C5C6=CC=CC=C6C7=CC=CC=C7C8=CC=CC=C8C9=CC=CC=C9C10=CC=CC=C10</chem>		η (25° C) = [2,00]					[35]	
208	4-этоксифенил-4'-алкилбифенил-1-карбоксилат	<chem>CCCCc1ccc(cc1)C(=O)OCC2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3C4=CC=CC=C4C5=CC=CC=C5C6=CC=CC=C6C7=CC=CC=C7C8=CC=CC=C8C9=CC=CC=C9C10=CC=CC=C10</chem> $n=3$ (39%), $n=5$ (61%)		η (25° C) = [1,02]			500		[35]	$\Delta H_m = 3500$ K

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
209	4-алкилфенил-4'-алкоксибифенил-1'-карбоксилат	$C_nH_{2n+1}O-\langle\bigcirc\rangle-\langle\bigcirc\rangle-COO-\langle\bigcirc\rangle-$ $-C_mH_{2m+1}$		η (25° C) = [1,60]					[35]	
210	4- <i>n</i> -алкил-2-цианфенил-4'-алкоксибифенил-1-карбоксилат	$C_nH_{2n+1}O-\langle\bigcirc\rangle-\langle\bigcirc\rangle-COO-\langle\bigcirc(CN)\rangle-$ $-C_mH_{2m+1}$		η (25° C) = [3,10]					[35]	
211	4-алкилфенил-(4'-пропилциклогексил)фенил-1'-карбоксилаты	$C_3H_7-\langle\bigcirc\rangle-\langle\bigcirc\rangle-COO-\langle\bigcirc\rangle-C_nH_{2n+1}$ $n=1$ $n=3$		η (20° C) = [0,69] ν (20° C) = [0,60]			461 459		[35] [49]	$\Delta H_m = 2940$ K
212	2,4-диметилфенил-(4'-пропилциклогексил)фенил-1-карбоксилат	$C_3H_7-\langle\bigcirc\rangle-\langle\bigcirc\rangle-COO-\langle\bigcirc(CH_3)_2\rangle-CH_3$		η (25° C) = [1,44]			391		[35]	$\Delta H_m = 2610$ K
213	2-бром-4-метилфенил-4-(4'-пропилциклогексил)фенил-1-карбоксилат	$C_3H_7-\langle\bigcirc\rangle-\langle\bigcirc\rangle-COO-\langle\bigcirc(Br)(CH_3)\rangle-CH_3$		η (25° C) = [2,02]			392		[35]	$\Delta H_m = 3590$ K
214	2-циан-4-алкилфенил-4-(4'-алкилциклогексил)фенил-1-карбоксилат	$C_nH_{2n+1}-\langle\bigcirc\rangle-\langle\bigcirc\rangle-COO-\langle\bigcirc(CN)\rangle-$ $-C_mH_{2m+1}$ $n=3m=1$ $n=5m=4$		η (25° C) = [1,77] η (20° C) = [1,0]					[35] [56]	
215	4-этоксифенил-4-(4'-алкилциклогексил)фенил-1-карбоксилат	$C_nH_{2n+1}-\langle\bigcirc\rangle-\langle\bigcirc\rangle-COO-\langle\bigcirc\rangle-OC_2H_5$ $n=3$ (39%), $n=5$ (61%)		η (25° C) = [0,94]			492		[35]	$\Delta H_m = 3220$ K

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
216	1- <i>n</i> -алкокси-4[4'-(4''-алкилциклогексил)бензотриоксид]-2,3-дицианбензолы	$C_nH_{2n+1}-\langle \bigcirc \rangle-\langle \bigcirc \rangle-\text{COO}-\langle \bigcirc \rangle-\text{NC}-\text{CN}$ $-\text{OC}_nH_{2n+1}$ $n=2$ $n=7$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [2, 1]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = [1, 8]$			(377, 2) (408, 7)		[56] [56]	$\Delta H_m = 3220 \text{ K}$ $\Delta H_m = 4580 \text{ K}$
217	4-фторфениловый эфир 4-(4'-пентилциклогексил)бензойной кислоты	$C_5H_{11}-\langle \bigcirc \rangle-\langle \bigcirc \rangle-\text{COO}-\langle \bigcirc \rangle-\text{F}$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 60]$			[435]		[41]	
218	4-цианфениловый эфир 4-(4'-этилоксиметилциклогексил)бензойной кислоты	$C_2H_5OCH_2-\langle \bigcirc \rangle-\langle \bigcirc \rangle-\text{COO}-\langle \bigcirc \rangle-\text{CN}$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [1, 28]$			477		[121]	
219	3-фтор-4-цианфениловый эфир 4-(4'-пропилциклогексил)бензойной кислоты	$C_3H_7-\langle \bigcirc \rangle-\langle \bigcirc \rangle-\text{COO}-\langle \bigcirc \rangle-\text{CN}$ F		$\eta (20^\circ \text{C}) = [1, 4]$					[44]	
220	3-хлор-4-цианфениловый эфир 4-(4'-метилоксиметилциклогексил)бензойной кислоты	$CH_3OCH_2-\langle \bigcirc \rangle-\langle \bigcirc \rangle-\text{COO}-\langle \bigcirc \rangle-\text{CN}$ Cl		$\eta (20^\circ \text{C}) = [1, 88]$			410		[44, 121]	
221	4-метилциклогексил-4'-пропилбифенил-1'-карбоксилат	$C_3H_7-\langle \bigcirc \rangle-\langle \bigcirc \rangle-\text{COO}-\langle \bigcirc \rangle-\text{CH}_3$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0, 30]$			399		[35]	$\Delta H_m = 2460 \text{ K}$

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
222	<i>n</i> -толил-4-(4'-пропилциклогексил)циклогексил-1'-карбоксилат	<chem>CC1=CC=C(C=C1)-C2=CC=CC=C2-C3=CC=CC=C3C(=O)OC4=CC=CC=C4C</chem>		η (20° C) = [0,16]			477		[35]	$\Delta H_m = 2990$ К
223	4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил-3,4-дифторфенил-1'-карбоксилат	<chem>CC1=CC=C(C=C1)-C2=CC=CC=C2-C3=CC(=C(C=C3)F)C(=O)OC4=CC=CC=C4C</chem>		η (20° C) = [0,31]			426,2		[53]	
224	4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил-3-фтор-4-цианфенил-1'-карбоксилат	<chem>CC1=CC=C(C=C1)-C2=CC=CC=C2-C3=CC(=C(C=C3)F)C(=O)OC4=CC=CC=C4C#N</chem>		η (20° C) = [0,621]			484,2		[53]	
225	4-алкилциклогексил-4'-алкилциклогексилфенил-1'-карбоксилаты	$C_nH_{2n+1}-C_6H_4-C_6H_4-COO-C_6H_4-C_mH_{2m+1}$ $n=2, m=3$ $n=3, m=3$ $n=4, m=3$ $n=5, m=3$ $n=5, m=1$		η (20° C) = [1,30] η (20° C) = [1,30] η (20° C) = [1,29] ν (20° C) = [1,19] η (20° C) = [0,77]			406 433 423 427 402		[53] [53] [53] [70] [35]	$\Delta H_m = 3200$ К
226	4-алкилциклогексил-(4'-алкилциклогексил)циклогексил-1'-карбоксилаты	$C_nH_{2n+1}-C_6H_4-C_6H_4-COO-C_6H_4-C_mH_{2m+1}$ $n=3, m=1$ $n=4, m=3$		η (20° C) = [0,19] ν (20° C) = [0,50]			428 457		[35] [49]	$\Delta H_m = 3890$ К
227	4-(<i>n</i> -пентокси)бифенил-2-пиридилкарбоксилат	<chem>CCCCOC1=CC=CC=C1-C2=CC=CC=C2C(=O)OC3=CC=NC=C3</chem>		η (25° C) = [1,95]			387		[35]	$\Delta H_m = 1840$ К
228	4-(<i>n</i> -пропилциклогексил)циклогексил-2-пиридилкарбоксилат	<chem>CC1=CC=C(C=C1)-C2=CC=CC=C2-C3=CC=CC=C3C(=O)OC4=CC=NC=C4</chem>		η (25° C) = [0,37]			391		[35]	$\Delta H_m = 4290$ К

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
229	4-алкилфенил-5-алкилтиино[3,2-в]тиофен-2-карбоксилат	$C_nH_{2n+1}-\begin{array}{c} \text{S} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{---} \quad \text{---} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{S} \end{array}-\text{COO}-\text{C}_m\text{H}_{2m+1}$ $n=3$ (18%), $n=5$ (18%), $n=7$ (18%), $C_nH_{2n+1}-\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{---} \quad \text{---} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$ (46%)		ν (20° C) = [0,31]			335		[122]	
230	<i>n</i> -толил-4-(4'-пропилфенил)-тиобензоат	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COS}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3$		η (25° C) = [0,79]			508		[35]	$\Delta H_m = 3080$ К
231	<i>n</i> -толил-4-(4'-пропилциклогексил)тиобензоат	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COS}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3$		η (25° C) = [0,62]			497		[35]	$\Delta H_m = 2380$ К
232	[4-(4'-пропилциклогексил)циклогексил]-(3-фтор-4-цианфенилокси)метилен	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{CH}_2\text{O}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{F})(\text{CN})$		η (20° C) = [0,874]			429,5		[53]	
233	1-(4-пропилциклогексил)-2-(бифенил-4-ил)этан	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4$		η (20° C) = [0,22]					[123]	$\mu_{\text{C-H}}=1,46$ Д $r_{\text{H}}^3=1,7 \text{ \AA}^3$
234	1-алкилциклогексил-2-(4'-фторбифенил-4'-ил)этаны	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{F}$ $n=2$ $n=3$ $n=4$ $n=5$		η (20° C) = [0,245] η (20° C) = [0,25] η (20° C) = [0,36] η (20° C) = [0,315]					[123]	$\mu_{\text{C-F}} = 1,48$ Д, $r_{\text{F}}^3 = 2,5 \text{ \AA}^3$
235	1-пропилциклогексил-2-(4'-хлорбифенил-4'-ил)этан	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{Cl}$		η (20° C) = [0,49]					[123]	$\mu_{\text{C-Cl}}=1,56$ Д, $r_{\text{Cl}}^3 = 5,9 \text{ \AA}^3$

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
236	1-пропилцикло- гексил-2-(4''- бромбифенил-4'- ил)этан	<chem>C3H7-C6H10-CH2-CH2-C6H4-C6H4-Br</chem>		η (20° C) = [0,60]					[123]	$\mu_{C-Br}=1,59$ Д, $r_{Br}^3=7,5$ Å ³
237	2-(4-пентилцикло- гексил)-1-(4'-этил- 2-фторбифенил- 4-ил)этан	<chem>C5H11-C6H10-CH2-CH2-C6H3(F)-C6H4-C2H5</chem>		ν (20° C) = [0,24]			377,7		[124]	
238	2-(4-пентилцикло- гексил)-1-(4'- этил-2'-фтор- бифенил-4- ил)этан	<chem>C5H11-C6H10-CH2-CH2-C6H4-C6H3(F)-C2H5</chem>		ν (20° C) = [0,215]			376,2		[124]	
239	2-[4-(4'-пропил- циклогексил)цик- логексил]-1- (3,4-дифторфе- нил)этан	<chem>C3H7-C6H10-C6H10-CH2-CH2-C6H3(F)2</chem>		η (20° C) = [0,19]			391,2		[53]	$\Delta H_m = 3050$ К
240	2-[4-(4'-пропил- циклогексил)цик- логексил]-1-(3- фтор-4-цианфе- нил)этан	<chem>C3H7-C6H10-C6H10-CH2-CH2-C6H3(F)CN</chem>		η (20° C) = [0,461]			446,1		[53]	
241	1-(4-пентилцикло- гексил)-2-[4'- (4''-бутилфе- нил)циклогек- сил]этан	<chem>C4H9-C6H4-C6H10-CH2-CH2-C6H10-C6H11</chem>		η (25° C) = [1,03]			(456)		[125]	
242	1-(4-пентилцикло- гексил)-2-[4'- (4''-этилциклогек- сил)циклогек- сил]этан	<chem>C5H11-C6H10-C6H10-CH2-CH2-C6H10-C6H11</chem>		η (25° C) = [0,71]			442		[125]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
243	4-(4-пропилфенил)-4'-этилтолан	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_2\text{H}_5$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,74]$			[482]	$\Delta n = [0,344]$	[126]	
244	4-(4-пропилциклогексил)-4'-алкилтолан	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ $n=3$ $n=4$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,31]$ $\eta (20^\circ \text{C}) = (0,479)$			[465] 474	$\Delta n = [0,309]$ $\Delta n (25^\circ \text{C}) = 0,253$	[126] [27]	
245	4-(4'-пропилциклогексил)циклогексанкарбоновой кислоты β -(4-фторфенил)этиловый эфир	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{COO}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{F}$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,19]$			356,7		[81]	
246	4-(4'-пропилциклогексил)циклогексанкарбоновой кислоты 3-(4'-пентоксифенилокси)-1-пропиловый эфир	$C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-(\text{CH}_2)_5\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OC}_3\text{H}_7$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,88]$			(348,7)		[127]	
247	(4-пропоксидциклогексанкарбоновой кислоты 3-[4'-(4"-пропилциклогексил)фенилокси]-1-пропиловый эфир	$C_3H_7\text{O}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{COO}-(\text{CH}_2)_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{OC}_3\text{H}_7$		$\eta (20^\circ \text{C}) = [0,45]$			(339,5)		[127]	
248	<i>n</i> -бутилфенил(бутилбензоилокси)-бензоат	$C_4H_9-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_4\text{H}_9$	<i>a</i>	$\gamma_1 (138^\circ \text{C}) = 0,80$	-9,8	3,95	452		[23]	
249	алкилфенил-(алкилбензоилокси)-2-хлорбензоат	$C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{Cl})-\text{COO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_mH_{2m+1}$		$\eta (20^\circ \text{C}) = (8)$			420		[131]	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
250	2-циан-4-хлорфенил- <i>n</i> -[4'-(4"-проксибензоилокси)бензоат]		η (20° C) = [1,36]				[241]		[129]	
251	2-циан-4-фторфенил- <i>n</i> -[4'-(4"-проксибензоилокси)-2-хлорбензоат]		η (20° C) = [1,30]				(372,5)		[129]	
252	хлорфенил(хлорбензоилокси)бензоат		α	γ_1 (138° C) = 0,23	-10,8	3,83	513		[23]	
253	2-циан-4-фторфенил- <i>n</i> -[4'-(4"-гексилциклогексилкарбонилокси)бензоат]		η (20° C) = [1,31]				396,0		[129]	
254	2-циан-4-фторфенил- <i>n</i> -[4'-(4"-пропилциклогексилкарбонилокси)-2-фторбензоат]		η (20° C) = [0,87]				392,2		[129]	
255	2-циан-4-фторфенил- <i>n</i> -[4'-(4"-пентилциклогексилкарбонилокси)-3-фторбензоат]		η (20° C) = [1,18]				407,2		[129]	
256	2-циан-4-фторфенил- <i>n</i> -[4'-(4"-пентилциклогексилкарбонилокси)-2-хлорбензоат]		η (20° C) = [1,72]				[308]		[129]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
257	2-циан-4-хлорфенил- <i>n</i> -[4'-(4''пропильциклогексилкарбонилокси)-3-хлорбензоат]			η (20° C) = [1, 50]					[129]	
258	4-гептилокси-(5'-бутилпиридин-2-карбонилокси)-бензоат			η (20° C) = [5, 6]			434		[119]	$\Delta H_m = 2190$ K
259	5-алкилпиримидин-2-ил- <i>n</i> -(4'-гексилциклогексилкарбонилокси)бензоат			η (20° C) = [1, 38] η (20° C) = [1, 14]			398,5 [411]		[130] [130]	
260	1,4-бис-[4- <i>n</i> -алкоксibenзоилокси]-бензолы			ν (87° C) = 1,26			357		[132]	
261	1,4-бис-[4- <i>n</i> -гексилбензоилокси]-2-этилбензол		<i>a</i>	γ_1 (45° C) = 1,09 <i>a</i> ν (25° C) = 2,83		6,43	348,7		[133] [134]	
262	1,4-бис-(4- <i>n</i> -гексилбензоилокси)-2-ацетилбензол			ν (25° C) = 6,61			360,1		[134]	
263	1,4-бис-(4- <i>n</i> -октилоксибензоилокси)-2-алкилбензол			ν (87° C) = 6,42 ν (25° C) = 9,6 ν (80° C) = 0,87			352 350		[135] [128]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
264	1,4-бис-(4- <i>n</i> -октил-оксibenзонлокси)-2-гептаноилбензол			ν (87° C) = 6,8			354		[135]	
265	1-(4'-октил-оксibenзонлокси)-4-(5''-бутил-пиридинил-2''-карбонил-оксibenзонлокси)-бензол			η (20° C) = [5,5]			450		[119]	$\Delta H_m = 3454$ K
266	Фенил-4'-[β -(4''- <i>n</i> -пропил-циклогексил-1''-)-этил-фенил-1'-карбоксилат			η (20° C) = [0,19] η (20° C) = [0,26]					[136] [54]	
267	4-фторфенил-4'-[β -(4''- <i>n</i> -пропил-циклогексил-1''-)-этил-фенил-1'-карбоксилат			η (20° C) = [0,2] η (20° C) = [0,27]					[136] [54]	
268	3-фторфенил-4-[β -(4''- <i>n</i> -пропил-циклогексил-1''-)-этил-фенил-1'-карбоксилат			η (20° C) = [0,27]					[54]	
269	3,4-дифторфенил-4'-[β -(4''- <i>n</i> -пропил-циклогексил-1''-)-этил-фенил-1'-карбоксилат			η (20° C) = [0,104] η (20° C) = [0,30]			405		[54] [54]	$\Delta H_m = 3760$ K
270	4-хлорфенил-4'-[β -(4''- <i>n</i> -пропил-циклогексил-1''-)-этил-фенил-1'-карбоксилат			η (20° C) = [0,27]					[136]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
271	4-бромфенил-4'- [β-(4''-н-пропил- циклогексил)-1''-] этилфенил-1'-кар- боксилат	$C_6H_7-\langle \text{---} \rangle-CH_2-CH_2-\langle \text{---} \rangle-COO-\langle \text{---} \rangle-$ -Br		$\eta (20^\circ C) = [0,31]$					[136]	
272	4-(4-пропилцикло- гексил-1-этил)-4'- этилтолан	$C_6H_7-\langle \text{---} \rangle-CH_2CH_2-\langle \text{---} \rangle-C\equiv C-\langle \text{---} \rangle-$ -C ₂ H ₅		$\eta (20^\circ C) = [0,056]$			435,0	$\Delta n = [0,332]$	[126]	
273	2-фтор-4-(4-пропил- циклогексил-1- -этил)-4'-этилто- лан	$C_6H_7-\langle \text{---} \rangle-CH_2CH_2-\langle \text{---} \rangle-C\equiv C-\langle \text{---} \rangle-$ F -C ₂ H ₅		$\eta (20^\circ C) = [0,14]$			423,0	$\Delta n = [0,314]$	[126]	
274	метоксибензаль-4- аминоазобензол	$CH_3O-\langle \text{---} \rangle-CH=N-\langle \text{---} \rangle-N=N-\langle \text{---} \rangle$	a	$\gamma_1/\rho(174^\circ C) = 0,043$	-9,81	5,06	453		[33]	
275	1-этил-4-(4'-пентил- циклогексил)тер- фенил	$C_6H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-C_2H_5$		$\eta (20^\circ C) = [0,82]$			[584]		[137]	
276	1,4-бис-(4'-пропил- фенил)бицикло- гекса-3,3'-диен	$C_6H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-C_6H_7$		$\eta (20^\circ C) = [2,2]$			532		[137]	
277	1-(4'-н-пропилцик- логексил)бифе- нил]-4-н-пентил- циклогексан	$C_6H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-C_6H_7$		$\eta (20^\circ C) = (0,42)$			584		[70]	
278	1,4-бис-(4'-н-пентил- циклогексил)-2- фторбифенил	$C_6H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-C_6H_{11}$ F		$\eta (20^\circ C) = [0,08]$ [0,50]			[628] [622]		[138]	В матрице фе- нилциклогекса- нов В матрице би- фенилов
279	4-метоксиметил-1- [4'-(4''-пропил- циклогексил)би- фенил]циклогек- сан	$CH_3OCH_2-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-$ -C ₆ H ₇		$\eta (20^\circ C) = [3,7]$			553		[103]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
280	4-пентил-4'-[4''-(4''-пентилциклогексил)циклогексил]-бифенил	<chem>C6H11-c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccc(cc4)C6H11</chem>		η (20° C) = [2,0]			[662]		[137]	
281	4-циан-4'-[4''-(4'''-пропилциклогексил)циклогексил]-бифенил	<chem>C6H7-c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)C#N</chem>		η (20° C) = [1,01]			[653]		[139]	
282	1,4-бис-(пропилфенил)бициклогексан	<chem>C6H7-c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccc(cc4)C6H7</chem>		η (20° C) = [0,83]			[501]		[137]	
283	4-метил-{4-[4'-(4''-этилциклогексил)циклогексил]циклогексен-1-ил}-бензол	<chem>C2H5-c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccc(cc4)C</chem>		η (20° C) = [0,81]			457		[137]	
284	4-фтор-1-{4-[4'-(4''-пропилциклогексил)циклогексил]циклогексен-1-ил}-бензол	<chem>C6H7-c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccc(cc4)F</chem>		η (20° C) = [0,24]			452		[140]	
285	4-метил-1-{4-[4'-(4''-этилциклогексил)циклогексил]циклогексен-1-ил}-бензол	<chem>C2H5-c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccc(cc4)C</chem>		η (20° C) = [0,81]			466		[137]	
286	4-фтор-1-{4-[4'-(4''-пропилциклогексил)циклогексил]циклогексен-1-ил}-бензол	<chem>C6H7-c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)-c4ccc(cc4)F</chem>		η (20° C) = [0,24]			452		[140]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
287	3,4-дифтор-1-{4-[4'-(4"-бутилциклогексил)циклогексил]циклогексил}-бензол		$\eta (20^{\circ} \text{C}) = [1,36]$				472		[140]	
288	4-циан-1-{4-[4'-(4"-бутилциклогексил)циклогексил]циклогексил}-бензол		$\eta (20^{\circ} \text{C}) = [1,36]$						[140]	
289	1-(4-этилциклогексил)-4-[4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил]бензол		$\eta (20^{\circ} \text{C}) = [2,5]$				[541]		[137]	
290	2-(4-бутилциклогексил)-5-циан-6-(4-пропилбифенил)-имидазо[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол		$\gamma_1(60^{\circ} \text{C}) = [2,9]$			[6,87]	>566		[141]	Разлагается при $T > 566 \text{ K}$
291	4-фторбензойной кислоты-4-[4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил]фениловый эфир		$\eta (20^{\circ} \text{C}) = [3,2]$				[850]		[142]	
292	2,4-дифторбензойной кислоты 4-[4'-(4"-пропилциклогексил)циклогексил]фениловый эфир		$\eta (20^{\circ} \text{C}) = [0,83]$				[610]		[117]	

Таблица 1 (продолжение)

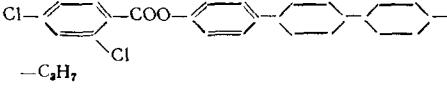
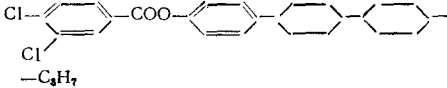
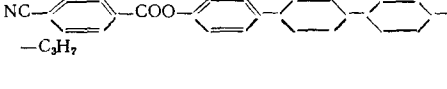
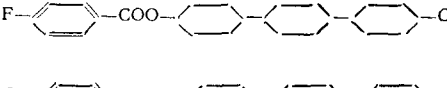
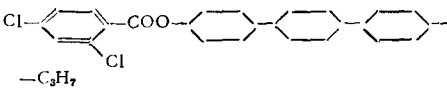
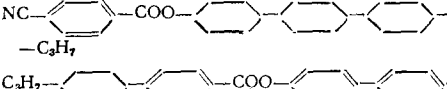
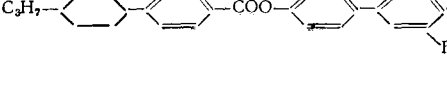
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
293	2,4-дихлорбензойной кислоты-4-[4'-(4''-пропилциклогексил)циклогексил]фениловый эфир			η (20° C) = [3,2]			[584]		[142]	
294	3,4-дихлорбензойной кислоты-4-[4'-(4''-пропилциклогексил)циклогексил]фениловый эфир			η (20° C) = [2,6]			[584]		[142]	
295	4-цианбензойной кислоты 4-[4'-(4''-пропилциклогексил)циклогексил]-фениловый эфир			η (20° C) = [5,8]			[940]		[142]	
296	4-пропил-4''-(4-фторбензоилокси)октагидро-п-терфенил			η (20° C) = [1,9]			[570]		[142]	
297	4-пропил-4''-(2,4-дихлорбензоилокси)октагидро-п-терфенил			η (20° C) = [2,6]			[584]		[142]	
298	4-пропил-4''-(4-цианбензоилокси)октагидро-п-терфенил			η (20° C) = [3,2]			[659]		[142]	
299	3,4-дифтор-4'-бифенилил-4-пропилциклогексилбензоат			η (20° C) = [1,12]			553,5		[118]	

Таблица 1 (продолжение)

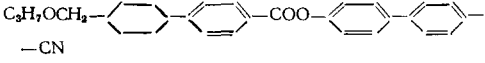
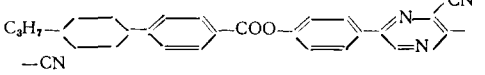
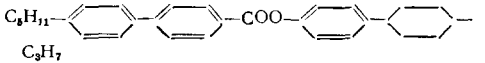
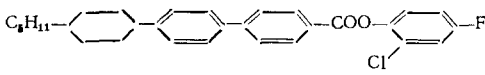
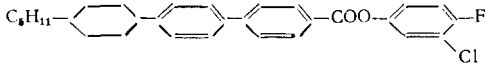
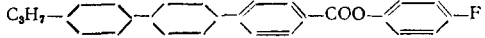
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
300	4-(4'-пропилоксиметилциклогексил)-бензойной кислоты 4''-цианбифениловый эфир	$C_3H_7OCH_2-$ 		$\eta (20^\circ C) = [1,82]$			[584]		[121]	
301	4-(2,3-дицианопиразинил-5)-фенил-4-(4-пропилциклогексил)бензоат	C_3H_7- 		$\eta (20^\circ C) = [0,78]$			546		[143]	
302	1-(4'-пропилциклогексил)фенил-4-пентилфенилбензоат	$C_3H_{11}-$ 		$\eta (20^\circ C) = [9,4]$					[144]	
303	4'-(4-пентилциклогексил)бифенил-4-карбоновой кислоты-2-хлор-4-фторфениловый эфир	$C_4H_{11}-$ 		$\eta (20^\circ C) = [0,20]$			552,8		[142]	В матрице бифенилов (остальные аналогичные соединения в матрице фенилциклогексанов)
304	4'-(4-пентилциклогексил)бифенил-4-карбоновой кислоты-3-хлор-4-фторфениловый эфир	$C_4H_{11}-$ 		$\eta (20^\circ C) = [1,29]$			528,8		[142]	
305	4-[4-(4'пропилциклогексил)циклогексил]бензойной кислоты-4-фторфениловый эфир	C_3H_7- 		$\eta (20^\circ C) = [0,77]$			[770]		[142]	

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
306	4-[4-(4'-пропилциклогексил)бензойной кислоты-2-хлор-4-фторфениловый эфир	C_3H_7- $-COO-$	η (20° C) = [0,64]				504,2		[142]	
307	4-[4-(4'-пропилциклогексил)бензойной кислоты-3-хлор-4-фторфениловый эфир	C_3H_7- $-COO-$	η (20° C) = [1,29]				515,5		[142]	
308	4-[4-(4'-пропилциклогексил)бензойной кислоты-4-цианфениловый эфир	C_3H_7- $-COO-$ - CN	η (20° C) = [2,9]				[850]		[142]	
309	4-[4-(4'-пентилциклогексил)фенил]циклогексанкарбоновой кислоты-4-фторфениловый эфир	$C_5H_{11}-$ $-COO-$	η (20° C) = [0,39]				[770]		[142]	
310	4-[4-(4'-пентилциклогексил)фенил]циклогексанкарбоновой кислоты-2-хлор-4-фторфениловый эфир	$C_5H_{11}-$ $-COO-$	η (20° C) = [0,39]				511,0		[142]	
311	4-[4-(4'-пентилциклогексил)фенил]циклогексанкарбоновой кислоты-3-хлор-4-фторфениловый эфир	$C_5H_{11}-$ $-COO-$	η (20° C) = [0,39]				495,4		[142]	

Таблица 1 (продолжение)

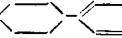
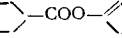
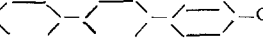

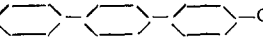
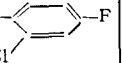
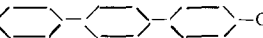
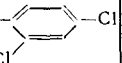
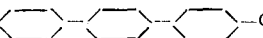

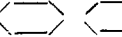
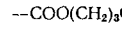
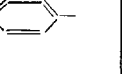
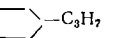
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
312	4-[4-(4'-пентилциклогексил)фенил]циклогексанкарбоновой кислоты-4-цианфениловый эфир	$C_5H_{11}-$  $-COO-$ 	$\eta (20^\circ C) = [0,64]$				511,0		[142]	
313	4"-пропил-октадекагидро- <i>n</i> -терфенил-4-карбоновой кислоты-4-фторфениловый эфир	C_3H_7-  $-COO-$ 	$\eta (20^\circ C) = [0,23]$						[142]	
314	4"-пропил-октадекагидро- <i>n</i> -терфенил-4-карбоновой кислоты-2-хлор-4-фторфениловый эфир	C_3H_7-  $-COO-$ 	$\eta (20^\circ C) = [0,64]$				532,9		[142]	
315	4"-пропил-октадекагидро- <i>n</i> -терфенил-4-карбоновой кислоты-2,4-дихлорфениловый эфир	C_3H_7-  $-COO-$ 	$\eta (20^\circ C) = [0,64]$				538,5		[142]	
316	4"-пропил-октадекагидро- <i>n</i> -терфенил-4-карбоновой кислоты-4-цианфениловый эфир	C_3H_7-  $-COO-$  —CN	$\eta (20^\circ C) = [1,29]$				[850]		[142]	
317	4-пропилциклогексил-1-циклогексанкарбоновой кислоты-3-(4'-пропилциклогексил-1-фенилокси)-пропиловый эфир	C_3H_7-   $--COO(CH_2)_3O-$  —  — C_3H_7	$\eta (20^\circ C) = [0,78]$				427		[127]	

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
318	2[4-(4-пропилициклогексил)циклогексил]-1-(3,4-дифторобифенил)этан	$C_6H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-CH_2CH_2-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{F}$ --F		$\eta (20^\circ C) = [0,280]$					[53]	
319	1-(4'-пропилициклогексил)-2-[4''-(4'''-алкилциклогексил)циклогексилфенил]этан	$C_nH_{2n+1}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-CH_2CH_2-$ $-\langle \text{---} \rangle-C_6H_7$ $n=2$ $n=3$		$\eta (20^\circ C) = [0,55]$ $\eta (20^\circ C) = [0,63]$			525,3 517,6		[145] [145]	
320	дибензальбензидин	$\langle \text{---} \rangle-CH=N-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-N=CH-\langle \text{---} \rangle$	a	$\gamma_1/\rho (259^\circ C) = 0,1350$	-2,09	2,50	558		[33]	
321	ди-4-метоксибензальбензидин	$CH_3O-\langle \text{---} \rangle-CH=N-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-N=CH-\langle \text{---} \rangle$ $-\langle \text{---} \rangle-OCH_3$	a	$\gamma_1/\rho (256,3^\circ C) = 0,0243$	-11,32	6,53	530		[33]	
322	1,4-бис-[4'-(4''-пропилициклогексил)-циклогексен-1-ил]-бензол	$C_6H_7-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-$ --C ₆ H ₇		$\eta (20^\circ C) = [15,8]$					[137]	
323	1,4-бис-[4'-(4''-пентилциклогексил)-циклогексил]-бензол	$C_6H_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-$ --C ₆ H ₁₁		$\eta (20^\circ C) = [5,9]$			[927]		[137]	

Примечание. По всей таблице в квадратных скобках приведены значения физических величин (вязкость, температура, энергия активации, двулучепреломление), полученные при экстраполяции концентрационных зависимостей этих величин в смесях.

*¹ В круглых скобках приведены значения вязкости, полученные при экстраполяции ее температурной зависимости.

*² В круглых скобках приведены значения монотропного перехода «изотропная жидкость — нематический ЖК».

*³ В зависимости от применяемой аппроксимации, а также для справок, приведены значения параметра порядка S или двулучепреломления Δn с учетом пропорциональности температурных зависимостей этих физических величин.

Вязкость 4,4'-ди-*n*-алкилазоксibenзолов $C_nH_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-C_nH_{2n+1}$

Таблица 2

n	γ_1				T_{NI}	Аппроксимация	$\ln A_0$	E	$\frac{S}{(\Delta T=10^\circ \text{C})}$ [22]	Ссылки
	25° C	30° C	64° C	$\Delta T = 10^\circ \text{C}$						
4	0,476 0,59	0,15	—	0,67 0,79	304,1 304	b a	—21,8 —21,6	6,50 6,27	0,4956	[9] [23]
5	— 0,94	0,948 0,83	0,168	0,28	339,8 340,8	b a	—13,65 —13,13	4,26 3,90	0,5918	[9] [3]
6	—	0,783 1,56	—	0,38 0,54	326,4 327	b a	—15,52 —22,4	4,76 6,96	0,6105	[9] [23]
7	—	—	0,291	0,36	343,3	b	—17,18	5,50	0,7041	[9]
8	—	—	0,388		339,4					[9]

Таблица 3

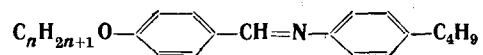
Вязкость 4,4'-ди-*n*-алкоксиазоксibenзолов $C_nH_{2n+1}O-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-OC_nH_{2n+1}$ (рис. 1)

[аппроксимация d : $\ln(\gamma_1/S^2) = \ln A_0 + BS^2/(T-T_0)$]

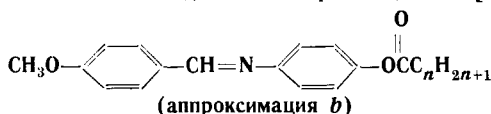
n	γ_1		T_{NI}	Аппроксимация	$\ln A_0$	B, E, K	T_0	$\frac{S}{(\Delta T=10^\circ \text{C})}$ [21]	Ссылки
	120° C	$\Delta T=10^\circ \text{C}$							
1	0,076 0,064 0,088 0,068	0,068	408,5	d a a	—1,711 —17,0 —17,68	10,41 5600 7790	336	0,5784	[18] [31] [33] [146]
2	0,70 (0,39) (0,17)	0,059 0,114	440,7	a d a	—17,72 —1,455 —10,13	5920 10,61 5020	386	0,6708	[23] [18] [33]
3	0,10	0,152	396,8	d	—1,181	10,97	364	0,6330	[18]
4	0,18	0,136	409,9	d	—2,446	28,37	345	0,6706	[18]
5	0,10	0,182	396,4	d	—1,199	58,31	316	0,6427	[18]
6	0,16	0,174	402,3	d	—1,438	77,60	313	0,6810	[18]
7	0,205	0,295	397,4		—0,762	13,52	357,5	0,7118	[18]

Таблица 4

Вязкость 4-алкоксибензилиденбутиланилинов



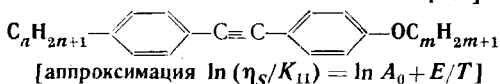
n	γ_1				T_{NI}	Аппроксимация	$\ln A_0$	E	$\frac{S}{(\Delta T=10^\circ \text{C})}$	Ссылки	Примечание
	25°C	44°C	$57,4^\circ \text{C}$	$\Delta T=10^\circ \text{C}$							
1	1,09	0,192		0,552	318,3	a		5,78		[4]	$E = \partial \gamma_1 / \partial (T^{-1}), T = 0,92 T_{NI}$
						b	-18,92	5,82	0,54 [28]	[4]	
	0,89				317,5			6,63		[5]	
	0,96									[2]	$E = \partial \gamma_1 / \partial (T^{-1}), T = 0,92 T_{NI}$
	0,98				319,6	a	-18,38	5,48		[3]	
	1,06				317,5			6,05		[13]	
	0,85					a		5,69		[31]	
	0,75					a	-19,0	5,57		[23]	
		0,25								[48]	
2	—	0,781	0,45	0,229	352,5	b		4,78		[124]	$\ln (\gamma_1/S^2) = -0,041 + 0,105 S^2/(T-280)$
3		0,66	0,27		332,0	a	-21,0	6,53		[3]	
4			0,49		348,4					[3]	
		0,44	0,21	0,26						[141]	
5			0,55		342,8					[3]	



<i>n</i>	γ_1		T_{NI}	$\ln A_0$	E	S ($T=0,95 T_{NI}$) [28]
	90° C	$T=0,95 T_{NI}$				
1	0,394	0,398	382,20	-17,81	6,26	0,5954
2	0,305	0,285	384,02	-17,14	5,96	0,5577
3	0,313	0,270	385,77	-14,58	5,03	0,6254
4	0,257	0,388	373,65	-15,31	5,28	0,6042
5	0,328	0,419	377,56	-17,44	6,12	0,6386
9	0,342	0,782	370,25	-23,71	8,42	0,6434

Вязкость 4-*n*-алкил-4'-алкокситоланов [148]

Таблица 6

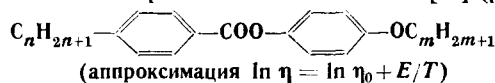


<i>n</i>	<i>m</i>	η_S/K_{11}		T_{NI}	E
		60° C	70° C		
4	2	0,45	0,33	353	1,08
5	2	0,40	0,355	353	1,08
6	2	0,47	0,405	349	1,16
8	2	0,53	0,45	352	1,16

ний Шиффа, взаимное расположение определяется полярностью заместителя (алкил-, алкокси-, ацилокси-, циннамат-, CN-группа и т. д.). Для представителей одного химического класса, являющихся членами гомологического ряда, значения γ_1 или η указаны при одной или нескольких температурах, при которых эти гомологи обнаруживают мезогенные свойства, а также при одной и той же разнице температур $\Delta T = T_{NI} - T$ или при одной и той же приведенной температуре, например $T = 0,95 T_{NI}$. При этой же разнице температур даны и значения S или Δn . Температурная зависимость параметра порядка S близка у разных веществ и может быть приближенно описана формулой

$$S \approx S_0(1 - T/T^*)^\beta, \quad (7)$$

где $T^* \approx T_{NI} + (0,2 \div 0,7)$, $\beta \approx 0,18 \pm 0,02$, $S_0 \approx 1,1 \div 1,4$ [2, 20, 21]. Для гомологических рядов некоторых веществ более подробные сведения о вязкости и других физико-химических свойствах будут приведены в табл. 2–13. Для некоторых веществ приведены значения γ_1 и/или η , взятые из разных литературных источников и обработанные различными способами. Для части веществ одновременно приведены результаты обработки по активационной модели и по модели свободного объема. В ряде случаев указана температура стеклования T_g , позволяющая судить о величине γ_1 при пониженных температурах. В ряде случаев указывается не конкретный, а обобщенный (алкил, алкокси) вид заместителя, и приведенные значения γ_1 или η позволяют лишь приблизительно судить о влиянии строения молекулы на величину вязкости. Некоторые результаты получены при исследовании свойств не отдельных веществ, а смесей соединений, относящихся к одному химическому классу, что позволяло значительно расширить диапазон существования мезофазы при сохранении определенности химического строения. В [17] показано, что для большинства НЖК энергия активации вращательной

Вязкость 4-алкоксифенил-4'-*n*-алкилбензоатов [38] (рис. 2)

Номер смеси	Состав смеси *	$(n+m)_{\text{ср}}$	$L_{\text{мол}}^{\text{ср}}$ **	η (25° C)	T_{NI}	$\ln \eta_0$	E
1	$n=1, m=1$ (11, 2); $n=3, m=2$ (22, 2); $n=5, m=2$ (28, 3); $n=1, m=4$ (19, 1); $n=3, m=4$ (19, 2)	5,61	20,39	0,325	330,9	-15,6	4,32
2	$n=1, m=1$ (7, 3); $n=3, m=2$ (14, 8); $n=5, m=2$ (18, 0); $n=1, m=4$ (11, 9); $n=3, m=4$ (11, 7); $n=6, m=4$ (36, 4)	7,21	22,37	0,36	325,6	-15,2	4,23
3	Смесь 1 (50%), смесь 6 (50%)	8,20	23,36	0,37	328,9	-15,8	4,42
4	$n=5, m=2$ (24, 0); $n=3, m=4$ (16, 0); $n=4, m=6$ (60, 1)	8,82	24,31	0,38	324,6	-14,5	4,05
5	$n=3, m=4$ (12, 0); $n=6, m=4$ (37, 5); $n=5, m=6$ (50, 4)	10,12	25,95	0,39	328,2	-14,4	4,02
6	$n=3, m=6$ (24, 9); $n=5, m=6$ (33, 1); $n=3, m=8$ (21, 3); $n=6, m=8$ (20, 7)	11,50	27,14	0,44	329,5	-15,1	4,27

* В скобках указано содержание компонентов в смеси в мольных процентах.

** $L_{\text{мол}}^{\text{ср}}$ — средняя длина молекул в смеси в ангстремах.

вязкости E равна или всего в 1,5÷2 раза больше энтальпии плавления ΔH_m . Поэтому для ряда веществ приведены значения ΔH_m , позволяющие оценить температурную зависимость вязкости.

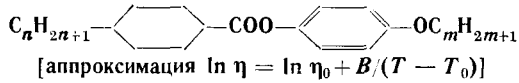
Значение энергии активации E и энтальпии плавления ΔH_m для удобства пользования таблицами приведены в градусах Кельвина. Все значения температуры даны в градусах Кельвина. Значения температуры просветления НЖК T_{NI} , приведенные в круглых скобках, указывают на монотропный переход изотропная жидкость — нематическая фаза, наблюдающийся при переохлаждении НЖК; в квадратных скобках приведены значения виртуальных температур фазового перехода изотропная жидкость — нематическая фаза, рассчитанные из концентрационных зависимостей T_{NI} в смесях НЖК. В некоторых случаях в примечания вынесены значения анизотропии диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$, значения дипольного момента μ в Дебаях ($1\text{Д}=10^{-18}$ ед. СГСЕ), вязко-упругого отношения γ_1/K_T , где $K_T = K_{11} + 1/4(K_{33} - 2K_{22})$ — коэффициент упругости для деформации в твист-ячейке, а также интересные в плане практических приложений значения времени выключения электрооптического отклика твист-эффекта $t_{\text{выкл}}$. Для галогенпроизводных в примечаниях даны кубы ван-дер-ваальсовых радиусов r атомов водорода, фтора, хлора, брома. Взаимосвязь приведенных в примечаниях параметров с вязкостью НЖК обсуждается в гл. IV.

IV. СВЯЗЬ МОЛЕКУЛЯРНОГО СТРОЕНИЯ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ С ИХ ВЯЗКОСТЬЮ

Проследим, как изменяется вязкость НЖК (вращательная или динамическая) и их энергия активации при изменении геометрического строения молекулы и распределения электронной плотности внутри нее, а

Таблица 8

Вязкость 4-алкоксифенил-4'-алкилциклогексан-1'-карбоксилатов [51] (рис. 2)



Номер смеси	Состав смеси *	$(n+m)_{\text{ср}}$	$L_{\text{мол}}^{\text{ср**}}$	$\eta_{(25^\circ \text{C})}$	T_{NI}	$\ln \eta_0$	B	T_0
1	$n = 5, m = 1 (49,7);$ $n = 3, m = 2 (31,1);$ $n = 5, m = 2 (49,2)$	5,88	21,00	0,16	349,3	-4,94	203,9	233,0
2	$n = 5, m = 1 (39,4);$ $n = 5, m = 2 (13,5);$ $n = 4, m = 4 (47,0)$	7,07	22,70	0,205	344,8	-5,03	246,6	226,3
3	$n = 5, m = 1 (28,3);$ $n = 4, m = 4 (35,8);$ $n = 5, m = 6 (35,9)$	8,51	24,43	0,27	346,4	-6,03	442,0	204,4
4	$n = 4, m = 4 (48,3);$ $n = 5, m = 6 (51,7)$	9,55	25,68	0,42	348,0	-5,86	385,6	220,1
5	$n = 4, m = 6 (100)$	10,00	26,15	0,51	343,2	-5,60	316,5	233,9

* В скобках указано содержание компонентов в смеси в мольных процентах.

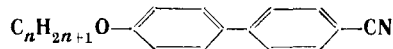
** $L_{\text{мол}}^{\text{ср}}$ — средняя длина молекул в смеси в ангстремах.

Таблица 9

Вязкость 4-циан-4'- n -алкилбифенилов $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$
 [аппроксимация $b: \ln (\gamma_1/\Delta n) = \ln A_0 + E/T$; $e: \ln (\gamma_1/S^2) = \ln A_0 + ES/T$]

n	γ_1		T_{NI}	Аппроксимация	$\ln A_0$	E	S ($\Delta T = 5 \text{ K}$)	Ссылки
	25°C	$\Delta T = 5 \text{ K}$						
5	0,82		308,2	b	-20,0	5,84		[4]
	0,82		308,4	e	-0,095	0,88	0,5326	[16]
6	0,76	0,55	302,1	e	0,389	0,82	0,4928	[8]
	0,56	0,65	303,1			5,41		[3]
7		0,48	315,9	e	-1,402	1,65	0,5416	[8]
8	1,11		313,7	b	-15,8	5,31		[4, 16]
	($T = 34^\circ \text{C}$)	0,72	313,6	e	0,329	0,63	0,5585	[8]
9		0,48	322,6					[8]

Таблица 10

Кинематическая вязкость 4-циан-4'- n -алкоксибифенилов [65]

$\nu_{(70^\circ \text{C})}, \text{Ct}$	3	4	5	6	7	8	9
T_{NI}	0,15 347,7	0,085 351,2	0,18 312,2	0,12 330,2	0,10 327,2	0,155 327,7	0,12 (80° C) 337,2

именно при удлинении алкильной цепочки в гомологическом ряду, при увеличении дипольного момента остова молекулы или соединительного мостика, при введении гетероатомов или латеральных заместителей. Попытаемся также указать причины этих изменений.

В гомологическом ряду с алкильными заместителями наблюдается чет-нечетная корреляция значений γ_1 и η — у четных гомологов вязкость больше, чем у нечетных. При этом для разных гомологов сравниваются значения вязкости не при одной и той же абсолютной температуре, а при одинаковом удалении от температуры перехода нематик — изотропная жидкость. Такое изменение вязкости с увеличением номера гомолога наблюдается у диалкилазоксibenзолов (табл. 2), цианбифенилов (табл. 9), цианфенилциклогексанов (табл. 11), цианбициклогексанов

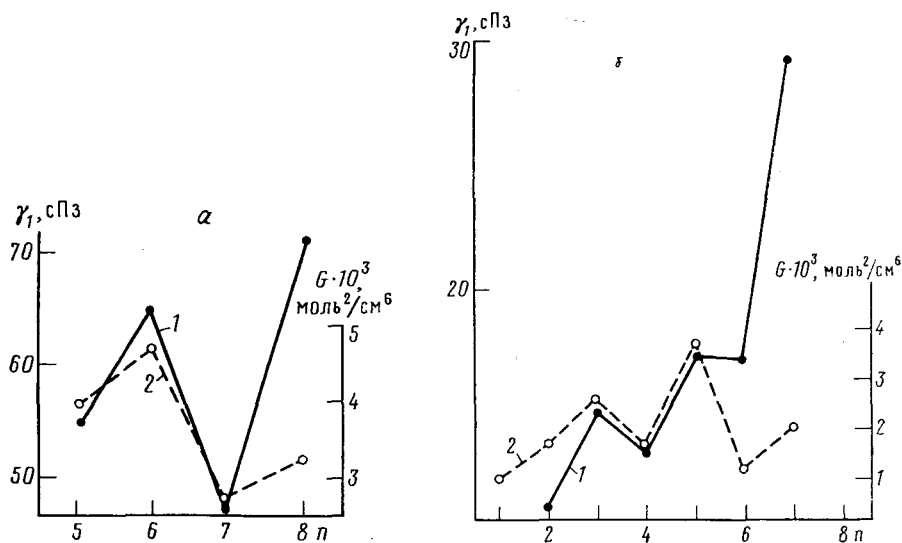


Рис. 1. Корреляция между чет-нечетным изменением вращательной вязкости η_1 (1) и параметром G (2), характеризующая молекулярную упаковку для алкилциклогексанкарбоновых (52) ($\Delta T = T_{NI} - T = 5^\circ \text{C}$) (а) и диалкоксиназоксифенолов (3) ($\Delta T = 10^\circ \text{C}$) (б). $G = [V_N(V^a - V_N)]^{-1}$, где V_N — мольный объем в нематической фазе, V^a — значение мольного объема в нематической фазе, экстраполированное из изотропной [18]

(соединение 92) *, цианфенилпиридинов (109). У трициклических соединений чет-нечетная альтерация вязкости выражена намного слабее, что подтверждается примером алкилциклогексильных эфиров алкилциклогексилбензойной кислоты (225). В ряду с алкокси- и ацилоксизаместителями (диалкоксиназоксифенолы (табл. 3), алкоксифенилы (табл. 10), производные фенилацетата (табл. 5), алкоксифенилыденбутиланилины (табл. 4)) ситуация обратная — вязкость больше у нечетных гомологов.

Такое изменение вязкости в гомологическом ряду связано с особенностями молекулярной упаковки, что подтверждается расчетами, выполненными на основе теории [18] (рис. 1). При удлинении алкильной цепочки вязкость, вообще говоря, растет, что особенно наглядно видно на примере алкоксифениловых эфиров алкилбензойных и алкилциклогексанкарбоновых кислот (табл. 7, 8, рис. 2). Если остов молекулы содержит два бензольных кольца, вязкость линейно возрастает с увеличением длины молекулы. Для эфиров Демуса, когда одно бензольное кольцо заменено на циклогексанный фрагмент, вязкость экспоненциально растет с увеличением длины молекулы. Это говорит о том, что при увеличении вклада сил отталкивания значительно уменьшается свободный объем, необходимый для перемещения и переориентации молекул НЖК. По этой причине при разработке жидкокристаллических материалов для матричных экранов, где требуется большая крутизна вольт-контрастной характеристики (ВКХ), предпочтительными являются фенилбензоаты с длинной алкильной цепочкой, которые не только характеризуются низким значением отношения коэффициентов упругости K_{33}/K_{11} , обеспечиваю-

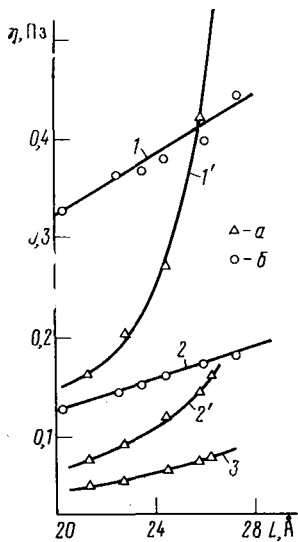
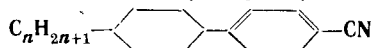


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости η от средней длины молекулы L в смесях фенилбензоатов (18) (б) и циклогексилфенилкарбоксилатов (35) (а) при температурах 25 (1, 1'), 45 (2, 2'), 65°C (3)

* В скобках приведены номера соединений по табл. 1.

Кинематическая вязкость алкил(цианфенил)циклогексанов [150]



ν (20° C), Ст	1 0,18	2 0,19	3 0,18	4 0,22	5 0,21	6 0,28
n ν (20° C), Ст	7 0,265	8 0,33	9 0,325	10 0,40	11 0,40	12 0,47

Примечание. Значения ν получены при экстраполяции температурной зависимости.

щим большую крутизну ВКХ, но и имеют меньшую по сравнению с эфирами Демуса величину вязкости. На основе приведенных выше примеров можно сделать вывод о слабой зависимости энергии активации вязкости от номера гомолога.

Влияние увеличения поляризуемости заместителя рассмотрим на примере алкенильных производных фенилциклогексанов (табл. 13). Удаление группы с двойной связью от остова молекулы приводит к увеличению поляризуемости заместителя, что видно по росту значений Δn , а также к увеличению вращательной вязкости по сравнению с пентилфенилциклогексаном. Тем не менее практическая ценность алкенильных производных высока, так как они имеют меньшие времена переключения твист-эффекта из-за меньшей величины вязко-упругого отношения. Сравнивая вязкости в ряду веществ (соединения 5–8), мы также видим, что увеличение поляризуемости заместителей (алкил-, ацетокси-, циннамо-, циангруппа) приводит к росту вязкости (см. также рис. 3, 4).

Количественное соотношение, связывающее значение вязкости η с объемом и дипольным моментом заместителя, получено для галогенпроизводных пропилциклогексил-бифенил этана (соединения 233–236). При последовательной замене атома водорода на атомы F, Cl, Br величина $\ln \eta$ растет пропорционально дипольному моменту связи атома углерода с атомом галогена или кубу ван-дер-ваальсова радиуса заместителя (рис. 5). Учитывая, что заместитель галоген жестко связан с остовом молекулы, этот результат можно толковать и с точки зрения влияния дипольного момента остова молекулы на величину вязкости (дипольные моменты молекул или их фрагментов взяты или пересчита-

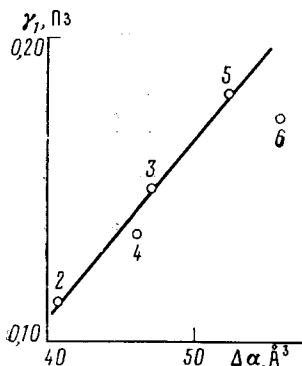


Рис. 3

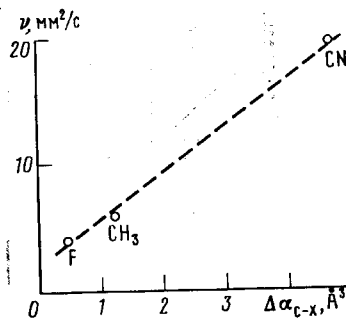


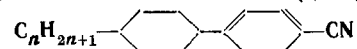
Рис. 4

Рис. 3. Зависимость вращательной вязкости γ_1 диалкоксиазоксibenзолов $(C_nH_{2n+1}O-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OC}_nH_{2n+1})$ от анизотропии поляризуемости молекулы. Цифры означают номер гомолога

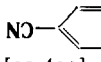
Рис. 4. Зависимость кинематической вязкости ν производных фенилциклогексанов $(C_3H_7-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_4-\text{X})$ от анизотропии поляризуемости связи C-X, где X=F, CH₃, CN

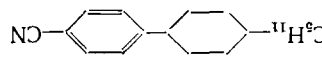
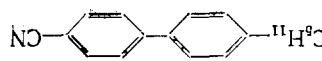
Таблица 12

Вращательная и динамическая вязкость алкил(цианфенил)циклогексанов

[аппроксимация a : $\ln \gamma_1 = \ln A_0 + E/T$; b : $\ln [\gamma_1/(\Delta n)^2] = \ln A_0 + E/T$; f : $\ln [\gamma_1/(\Delta n)^2] = \ln A_0 + E/(T - T_0)$]

n	γ_1		η (20° C)	T_{NI}	Аппрокс- мация	$\ln A_0$	E	$\frac{\Delta n}{(T = 0,95T_{NI})}$	T_0	Ссылки	Примечание
	25° C	$T = 0,95T_{NI}$									
3			0,193							[149]	
5	0,97		0,210	328,2	b	-5,8	2,76	0,149		[16, 149]	
					f				247,4	[16]	Более точная аппроксима- ция
	1,28 (22° C)				a		4,87			[76]	
	0,80			328,2	a		4,48			[3]	
7	1,40	0,69	0,268	330,2	b	-10,05	3,25	0,102		[16, 149]	
	1,09				f	-5,52	0,529		207,8	[16]	Более точная аппроксима- ция

Вязкость алкенил(цианфенил)циклогексанов [78, 50]
 $C_nH_{2n+1}-CH=CH-C^mH_{2m}-$  $(\text{анпроксимация } \ln \gamma_1 = \ln \gamma_0 + E/T)$

n, m	γ_1 (22° C)	η (22° C)	γ_1/K_T (22° C), 10^{-10} c/m^2	TNI	$\ln \gamma_0$	E	Δn ($\Delta T = 10^\circ \text{ C}$)	$t_{\text{выкл.}}^{\text{MC}}$ (22° C)
$n = 3, m = 0$	1,34	0,221	1,11	331,7	-16,62	4,99	0,116	40
$n = 3, m = 0$ (60%); $n = 2, m = 0$ (40%)	1,21	0,228	1,23	325,4	-16,32	4,87	0,117	42
$n = 3, m = 0$ (60%); $n = 0, m = 2$ (40%)	1,19	0,209	1,15	324,1	-16,33	4,87	0,115	37
$n = 1, m = 2$ (60%); $n = 0, m = 2$ (40%)	1,50	0,190	0,83	338,4	-15,73	4,76	0,127	32
$n = 3, m = 0$ (60%); $n = 0, m = 3$ (40%)	0,97	0,278	1,59	308,3	-20,10	5,92	0,105	67
$n = 0, m = 5$	0,99		2,02	305,4	-14,65	4,32	0,086	
	1,28	0,215	1,14	328,1	-16,67	4,99	0,099	43
	1,01	0,263	1,18	308,1	-21,24	6,27	0,178	55

ны согласно [151, 152]). Корреляцию между значениями дипольного момента заместителя, жестко прикрепленного к остову молекулы, и динамической или кинетической вязкостью НЖК можно видеть и на примере би- и трициклических производных фенилциклогексана (соединения 60, 61, 66, 69 и 135, 138, 140, 141). Отметим, что алкилфенилалкилциклогексаны (соединение 60) имеют наименьшую среди известных НЖК вязкость, а также наименьшее значение температуры стеклования

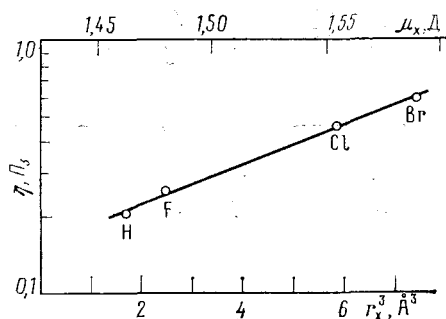


Рис. 5. Зависимость динамической вязкости (η) галогенпроизводных соединений от ван-дер-ваальсова радиуса заместителя (r_X) и дипольного момента связи C—X (μ_X)











$T_g = 159$ К, что делает их основным компонентом при разработке ЖК материалов с высоким быстродействием при низких (до минус 60°C) температурах.

Влияние дипольного момента мостика, соединяющего бензольные кольца, на величину вращательной вязкости и ее энергию активации рассмотрим с помощью табл. 14. Данные, приведенные в таблице, не только подтверждают установленную корреляцию между дипольным моментом остова молекулы и вязкостью НЖК, но и позволяют утверждать, что распределение электронной плотности внутри молекулы существенным образом сказывается и на энергии активации, величина которой характеризует энергию межмолекулярного взаимодействия.

В табл. 15 приведены вязкостные и диэлектрические характеристики НЖК, молекулы которых содержат гетероциклический фрагмент. Хотя дипольные моменты самих гетероциклов практически одинаковы, введение их в молекулу НЖК существенным образом изменяет ее дипольный момент, что заметно сказывается на величине анизотропии диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$; кроме того, снова наблюдается корреляция значений $\Delta\epsilon$ и γ_1 . На значения γ_1 и E влияет также положение гетероатомов (см. данные по фенилпиридинам, соединения 110, 111, 114, 115, табл. 1). На примере производных диоксана, оксатиана и дитиана (103–105) видно, что замена одного, а затем и второго атома кислорода в диоксановом фрагменте на атомы серы приводит к повышению вязкости.

Таблица 14

Влияние дипольного момента μ остова молекулы, имеющей мостиковый фрагмент, на величину вращательной вязкости γ_1 и энергии активации E

Соединение	γ_1 , Пз (25°C)	E (10^3 К)	μ , Д
C_6H_5 —  — $\text{C}\equiv\text{C}$ —  — OC_2H_5	(0,9)	3,6	$0 \div 0,3$
CH_3O —  — $\text{CH}=\text{N}$ —  — C_6H_5	1,09	5,82	1,57
CH_3O —  — $\text{N}=\text{N}$ —  — C_6H_5 O	1,57	4,55	1,70
C_6H_5 —  — COO —  — OC_2H_5	2,20	5,11	1,90
CH_3O —  — $\text{CH}=\text{N}$ —  — C_6H_5 O—H	(6)	7,35	2,39

На тесную связь вязкости и анизотропии диэлектрической проницаемости указывает рис. 6, на котором по оси абсцисс отложены значения $\Delta\epsilon$ более, чем для 80 материалов швейцарской фирмы «Хоффман-Ла-Рош», а по оси ординат — значения η для этих материалов. Среднестатистическая прямая описывается уравнением $\eta = 0,105 + 0,02 \Delta\epsilon$, а практически все точки $\eta(\Delta\epsilon)$ укладываются между двумя прямыми $\eta_{\max} = 0,22 + 0,02 \Delta\epsilon$ и $\eta_{\min} = 0,055 + 0,02 \Delta\epsilon$.

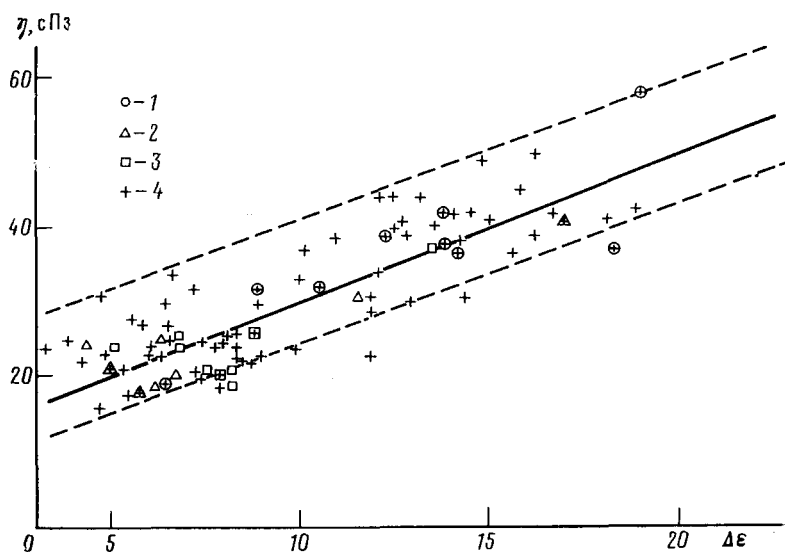


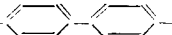
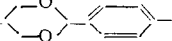
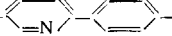
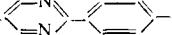
Рис. 6. Зависимость вязкости η жидкокристаллических материалов фирмы «Хоффман-Ла-Рош» от анизотропии диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$.

Сплошная линия — усреднение по всем ЖКМ, пунктирные — η_{\max} и η_{\min} (см. текст): 1 — ЖКМ с мультиплексностью 1:4, 2 — ЖКМ для ТПТ-матриц, 3 — ЖКМ для супертвист-эффекта, 4 — остальные ЖК материалы

В табл. 16 сведены данные о полярных соединениях, не содержащих гетероциклических фрагментов. Замена CN-группы на NCS уменьшает вязкость ЖК вещества, хотя времена переключения твист-эффекта остаются теми же. Не меняет величину $t_{\text{выкл}}$ и введение этанового мостика вместо простой связи или замена алкильной группы на алкенильную с удаленной от циклогексанового фрагмента двойной связью, хотя оба этих фактора заметно повышают вязкость НЖК. Сочетание же двух действующих в разные стороны факторов — тиоциан-группы и этанового мостика приводят (по-видимому, вследствие менее плотной упаковки молекул и отсутствия дипольного момента у мостика) к значительному понижению величин γ_1 и $t_{\text{выкл}}$.

Таблица 15

Влияние гетероциклического фрагмента, имеющего дипольный момент μ , на величину анизотропии диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon$ и вращательной вязкости γ_1

Соединение	γ , Пз (25° С)	μ , Д	$\Delta\epsilon$ ($\Delta T = 10$ К)
C_nH_{2n+1} -  -CN	1,02	~ 0	11,73
C_nH_{2n+1} -  -CN	1,34	$2,14 \div 2,55$	13,30
C_nH_{2n+1} -  -CN	1,84	$2,11 \div 2,20$	16,60
C_nH_{2n+1} -  -CN	2,01	$2,0 \div 2,42$	19,72

Вращательная вязкость (η_1), энергия активации (E),
времена выключения твист-эффекта ($t_{\text{выкл}}$) бициклических полярных соединений

Соединение	η_1 , Пз	E (10^3 К)	$t_{\text{выкл}}$, мс
$\text{C}_5\text{H}_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$	1,28	4,87	43
$\text{C}_5\text{H}_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{NCS}$	0,83	4,30	41
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_4-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$,	1,50	4,76	32
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_4-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$			
$\text{C}_2\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_4-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{NCS}$	1,00	4,82	32
$\text{C}_5\text{H}_{11}-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$	1,80	4,87	43
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$,	2,15	4,99	29
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_4\text{H}_9-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$			
$\text{C}_3\text{H}_7/\text{C}_6\text{H}_{11}-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\langle \text{---} \rangle-\text{NCS}$	1,05	4,82	21
$\text{C}_3\text{H}_7/\text{C}_7\text{H}_{15}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$	2,69	4,43	29
$\text{C}_5\text{H}_{11}-\langle \text{---} \rangle-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$	1,01	6,27	55
$\text{C}_6\text{H}_{11}/\text{C}_7\text{H}_{15}-\langle \text{---} \rangle-\text{CH}=\text{N}-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$	3,60	5,36	39
$\text{C}_6\text{H}_{11}/\text{C}_7\text{H}_{15}-\langle \text{---} \rangle-\text{COO}-\langle \text{---} \rangle-\text{CN}$	4,10	6,48	70

Хотя замещение атома водорода на атом фтора и называют изогео- метрическим [153], но происходящее при этом увеличение электроотри- цательности молекулы приводит к уменьшению термостабильности ме- зофазы и к увеличению коэффициента внутреннего трения, что видно на примере фторированных производных алкилфениловых эфиров ал- килциклогексанкарбоновых кислот (соединение 34), толанов (16), би- фенилов (53, 54), бифенилциклогексанов (136, 137). Однако одновре- менное введение фтора в мета- и пара-положения способствует суще- ственному понижению вязкости. Так, дифторофенильные производные бициклогексилэтана (239 и 318) имеют едва ли не самые малые значе- ния вязкости среди три- и тетрациклических веществ соответственно. Следует также отметить, что соединения, содержащие CN-группу в пара-положении и фтор в мета-положении, имеют большое положитель- ное значение $\Delta\epsilon$ по сравнению с аналогичными соединениями, не имею- щими фтора. Например, для цианфенилового эфира гептилбензойной кислоты $\Delta\epsilon = +12$, а аналогичного 3-фтор-4-цианфенилового эфира $\Delta\epsilon = +49,7$ (22,23), что связано с тем, что атом фтора препятствует диме- ризации полярных молекул, приводящей к частичной компенсации их дипольных моментов. Такое свойство позволяет существенно уменьшить пороговое напряжение электрооптического эффекта. Вещества с фто- ром или хлором в терминальном положении (аналог — соединение 66) часто вводятся в ЖК материалы для понижения их вязкости [154].

Атом серы обладает меньшей по сравнению с кислородом электро- отрицательностью, поэтому замещение серой кислорода в эфирном мо- стике COO, способствует увеличению термостабильности мезофазы, а также небольшому увеличению вязкости, что видно при сравнении ал- коксифениловых и алкокситиофениловых эфиров алкилциклогексанкар- боновых кислот (35, 44), метилфениловых и метилтиофениловых эфиров пропилбифенил- и пропилциклогексилфенилкарбоновых кислот (соеди- нения 206 и 230, 211 и 231).

При составлении ЖК материалов для наблюдения эффекта динами- ческого рассеяния или для получения низкой частоты инверсии знака

анизотропии диэлектрической проницаемости используются вещества с большим поперечным дипольным моментом, чаще всего с одной или двумя боковыми CN-группами. Сравнивая значения вязкости для метил(пропилбифенил)бензоата и метил(пропилбифенил)-3-цианобензоата (соединения 206 и 207), для аналогичных пропилциклогексилпроизводных (211, 214), а также для алкокси(алкилциклогексилфенил)бензоата и аналогичного 2,3-дицианбензоата (215, 216) видим, что эффект увеличения вязкости (в 2,2÷2,5 раза по сравнению с вязкостью веществ, не содержащих боковых групп) не зависит от количества CN-групп. Менее полярная метильная группа в меньшей степени увеличивает вязкость (212). Путем удлинения алкильных цепочек вдоль длинной оси молекулы можно вообще свести к минимуму увеличение вязкости, вносимое CN-группой (см. данные для соединения 214, где сравниваются вязкости двух производных 3-цианобензоата с суммарной длиной алкильных цепочек, равных, соответственно 4 и 9 метильным группам). Очевидно, для двухкольчатых соединений наличие боковых циангрупп сказывается на величине вязкости сильнее (35, 42).

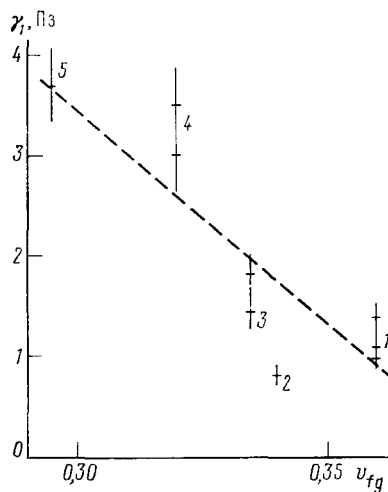
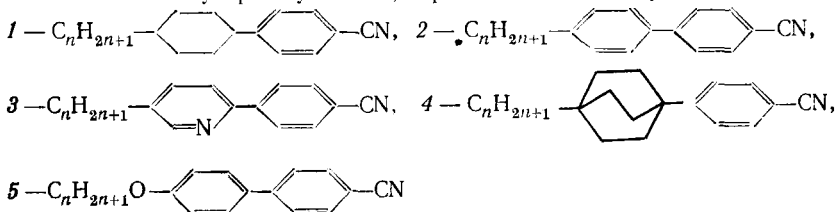


Рис. 7. Связь величины вращательной вязкости γ_1 бициклических полярных соединений с величиной геометрического свободного объема $v_{fg}=1-k_p$, где k_p — коэффициент молекулярной упаковки, определяемый из измерений плотности.



Введение латеральных алкил- и алкоксигрупп в мета-положение бис-алкилбензоилоксибензолов (соединения 260—264) приводит к значительному увеличению вязкости НЖК по чисто геометрическим причинам, причем алкокси- и ацилокси группы дают большее увеличение вязкости по сравнению с алкильными. Вязкость производных бициклооктана (соединения 96—99) велика главным образом, по геометрическим причинам — вследствие более плотной упаковки молекул из-за наличия фрагмента, имеющего большой объем. Еще раз отметим, что это не сказывается на характере межмолекулярного взаимодействия, и энергия активации фенилбициклооктанов так же невелика, как у фенилциклогексанов. Влияние молекулярной упаковки на величину вращательной вязкости бициклических полярных соединений иллюстрируется рис. 7.

Для усиления амплитудной модуляции света при использовании эффекта динамического рассеяния света или фазовой модуляции при ис-

пользовании *S*- и *B*-эффектов в задачах преобразования изображений или дефектоскопии требуется большая величина двулучепреломления Δn . Малым значением вязкости при большой величине Δn обладают производные толанов (соединения 13—16, 243, 244, 272, 273). Из табл. 6 видно, что производные толанов имеют малую величину энергии активации вязко-упругого отношения, что обуславливает слабую температурную зависимость времен переключения электрооптического отклика.

Влияние формы фрагмента остова, а также положения заместителя в *цис*- или *транс*-положении можно наблюдать на примере производных спиро[3.3]гептана (соединение 205), *цис*- и *транс*-циклобутана (203, 204), а также бициклогексанов (88—94) и циклогексилциклогексенов (86, 87). На примере производных циклогексена (134, ср. с 132, 141; 276, ср. с 282) и нафтадена (соединения 126—128) мы видим, что гидрирование связей в остове молекулы не всегда приводит к понижению вязкости. Анализируя данные для этой группы веществ, отметим очень маленькую вязкость метилового эфира пропилбициклогексилметана (90) при довольно высокой температуре просветления. Таким свойством оно обязано необычному строению боковой цепочки.

Более высокое значение вязкости у полярного производного циклогексилциклогексана (92) при большей температуре просветления по сравнению с фенилциклогексановым аналогом (69) говорит о более плотной упаковке молекул бициклогексанов, несмотря на то, что у этих веществ в образовании мезофазы основную роль играют силы отталкивания. Аналогичное увеличение вязкости, а также энергии активации мы видим у трициклических производных пиримидина (183 и 185), имеющих циклогексановый фрагмент рядом с CN -группой. Одновременное понижение у них T_{NI} по сравнению с бензонитриловым аналогом (184) указывает на то, что в этих случаях форма молекулы, по-видимому, отличается от линейной. Среди веществ, состоящих из трициклических полярных молекул, оптимальным по вязкости и температуре просветления для составления ЖК материалов является алкилциклогексилпиримидинилбензонитрил (184).

От того, с каким атомом мостиковой группы $-COO-$ соединен циклогексановый фрагмент, в значительной степени зависит форма молекулы, а отсюда и вязкость и термостабильность вещества, что наглядно подтверждается многими примерами (сравни вязкость цианфениловых эфиров алкилциклогексанкарбоновых кислот и алкилциклогексильных эфиров цианбензойных кислот (39 и 48, 40 и 49), алкилциклогексильного эфира алкилциклогексилбензойной кислоты и алкилциклогексилфенилового эфира алкилциклогексанкарбоновой кислоты (200 и 225), алкилфенилового и алкилциклогексильного эфиров алкилфенилбензойных кислот (206 и 221), аналогичных эфиров алкилбициклогексанкарбоновых кислот (222, 226). Из сравнения видно, что вещества с фрагментом

$C_nH_{2n+1}-\text{[цикл.]}-O-$ имеют меньшую вязкость и большую температуру просветления по сравнению с веществами с фрагментом $C_nH_{2n+1}-\text{[цикл.]}-O-$. Среди трехкольчатых неполярных соединений

наименьшей вязкостью и довольно высокой температурой просветления обладает метилфениловый эфир пропилбициклогексанкарбоновой кислоты, что делает его перспективным для практического применения. Для алкоксисоединений с мостиками $-COO-$ меньшая вязкость получается, когда бензольное кольцо находится между двумя атомами кислорода (ср. данные для алкоксифенил-алкилбензоатов и алкилфенил-алкоксибензоатов (18, 19), а также для алкоксифенил-алкилбифенилкарбоксилатов и алкилфенил-алкоксибифенилкарбоксилатов (208, 209)).

В качестве основных выводов подчеркнем, что вязкость НЖК определяется следующими характеристиками молекул: размером и формой молекулы, поляризуемостью заместителей, дипольным моментом остова молекулы. Таблицы могут служить руководством для целенаправленно-

Кинематическая вязкость советских и зарубежных жидкокристаллических материалов [156—158]

Обозначение	Соединение *	$\nu \cdot 10^3$, Сг (20° С)
ЖК-440		37,07
ЖК-616	ЖК-440, (22)	41,8
ЖК-654	»	51,4
ЖК-805	(38)	51,96
ЖК-910		30
ЖК-609	(52)	32,31
ЖК-807	(52, 55, 132)	69,58
Е7 («Би-Ди-Эйч»; Англия)	(52, 132)	44
ЖК-1282	(35, 52, 55), 	52
ЖК-1289	То же	41
ЖК-1290	»	43
Р-52 («Чиссо», Япония)	»	40
SP-706С (ДНТ, «Япония»)	»	32,13
Е-202, 210 («Би-Ди-Эйч»)	»	24,7
ЖК-1350	(35, 61, 69, 138, 143)	22
ЖК-1351	То же	19
ЖК-1390	(60, 61, 69, 135, 143)	24,45
ЖК-1391	То же	21,30
NP-1565	»	19
(«Е. Мерк», ФРГ)	»	18
ZLI-1957/5	»	17
(«Е. Мерк», ФРГ)	»	14
ZLI-2471	»	$\eta=16$ сП ($T=22^\circ\text{C}$)
(«Е. Мерк», ФРГ)	»	$\eta=22$ сП ($T=22^\circ\text{C}$)
ZLI-2081	»	36,7
RO-3652	(69, 96)	78,3
RO-2915 («Хоф- фман-Ла-Рош», Швейцария)	(109),	32
ЖК-1133	(35, 45),	66
ЖК-1144	(35, 109),	58
ЖК-1281	»	36,4
ЖК-1283	ЖК-440, (42, 246)	62,1
ЖК-1285	(18, 42, 246)	
ЖК-999		
ЖК-1000		

* В круглых скобках указаны номера соединений по табл. 1.

го синтеза новых веществ и выбора имеющихся соединений при составлении жидкокристаллических материалов с заданным быстродействием. Отметим, что не всегда вязкости ЖК веществ в смесях складываются аддитивно. Свойства смесей НЖК и ЖК материалов описаны в [133, 155—158] и составляют предмет отдельного исследования. Для справки в табл. 17 приведены данные о кинематической вязкости ν для различных советских и зарубежных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Benicewicz B. C., Johnson J. F.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1981. V. 65. P. 111.
2. Де Же В. Физические свойства жидкокристаллических веществ. М.: Мир, 1982. 152 с.
3. Bock F.-J., Knepe H., Schneider F.//Liquid Cryst. 1986. V. 1. P. 239.
4. Knepe H., Schneider F., Sharma N. K.//J. Chem. Phys. 1982. V. 77. P. 3203.
5. Gerber P. R., Schadt M.//Z. Naturforsch. A. 1982. Bd. 37. S. 179.
6. Цветков В. Н.//Журн. эксперим. и теорет. физики. 1939. Т. 9. С. 602.
7. Knepe H., Schneider F.//J. Phys. E: Sci. Instrum. 1983. V. 16. P. 512.
8. Siedler L. T. S., Hyde A. J., Pethrick R. A., Leslie F. M.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1983. V. 90. P. 255.
9. Van Dijk J. W., Beens W. W., De Jeu W. H.//J. Chem. Phys. 1983. V. 79. P. 3888.
10. Чугринов В. Г., Гребенкин М. Ф.//Кристаллография. 1975. Т. 20. С. 1240.
11. Schadt H.//J. Appl. Phys. 1983. V. 54. P. 4994.
12. Helfrich W.//J. Chem. Phys. 1972. V. 56. P. 3187.
13. Gerber P. R.//Appl. Phys. 1981. V. A26. P. 139.
14. Иванов С. А., Ветров В. Ю.//Кристаллография. 1982. Т. 27. С. 1014.
15. Van der Meulen J. P., Zijlstra R. J. J.//J. Phys. (Paris). 1984. Т. 45. P. 1347.
16. Беляев В. В., Иванов С. А., Гребенкин М. Ф.//Кристаллография. 1985. Т. 30. С. 1160.
17. Belyaev V. V., Grebyonkin M. F., Ivanov S. A.//6th Liquid Crystals Conf. of Socialist Countries. Abstr. Halle (DDR), 1985. C82.
18. Diogo A. C., Martins A. F.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1981. V. 66. P. 133.
19. Demus D., Demus H., Zashke H. Flussige Kristalle in Tabellen. I. VEB Deutscher Verlag Grundstoffindustrie, 1976; Demus D., Zashke H.//Flussige Kristalle in Tabellen. II. Leipzig: VEB Deutscher Verlag Grundstoffindustrie, 1984.
20. Аверьянов В. М., Жуйков В. А., Шабанов В. Ф., Адоменас П. В.//Кристаллография. 1982. Т. 27. С. 333.
21. Hanson E. G., Shen Y. R.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1976. V. 36. P. 193.
22. De Jeu W. H., Claassen W. A. P.//J. Chem. Phys. 1978. V. 63. P. 102.
23. Bata L., Buka A., Molnar G.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1977. V. 38. P. 155.
24. Knepe H., Reifenrath V., Schneider F.//Chem. Phys. Lett. 1982. V. 87. P. 59.
25. Beens W. W., De Jeu W. H.//J. Phys. (Paris). 1983. Т. 44. P. 129.
26. Mukoh A., Abe H., Kitamura T.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1983. V. 94. P. 155.
27. Takatsu H., Takeuchi K., Tanaka Y., Sasaki M.//Ibid. 1986. V. 141. P. 279.
28. Leenhouts F., De Jeu W. H., Dekker A. J.//J. Phys. (Paris). 1979. Т. 40. P. 989.
29. Van der Meulen J. P., Zijlstra R. J. J.//Ibid. 1984. Т. 45. P. 1347.
30. McQueen D. H., Singhal V. K.//J. Phys. D.: Appl. Phys. 1974. V. 7. P. 1983.
31. Meiboom S., Hewitt R. G.//Phys. Rev. Lett. 1973. V. 30. P. 261.
32. Kim M. G., Park S., Cooper Sr. M., Letcher S. V.//Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1976. V. 36. P. 143.
33. Zwetkoff W., Sosnovsky A.//Acta Physicochim. URSS. 1943. V. 18. P. 358; Yun C. K.//Phys. Lett. A. 1973. V. 43. P. 369.
34. DIC Recent Liquid Crystal Materials//Материалы фирмы «Дай Ниппон» (Япония), 1988.
35. Margerum J. D., Wong S.-M., Jensen J. E. et al.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1985. V. 122. P. 97.
36. Constant J., Raynes E. P.//Ibid. 1981. V. 70. P. 105.
37. Пат. 36595 Англия (4 462 924 США)//С. А. 1980. V. 93. 58293j.
38. Margerum J. D., Jensen J. E., Lackner A. M.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1981. V. 68. P. 137.
39. Беляев В. В., Герасимов А. А., Гребенкин М. Ф., Лисецкий Л. Н.//Журн. эксперим. и теорет. физики. 1984. Т. 86. С. 955.
40. Eidschink R.//Chem. in unserer Zeit. 1984. N 5. S. 168.
41. Пат. 4 340 498 США//С. А. 1982. V. 96. 199 323t.
42. Schadt H., Zeller H. P.//Phys. Rev. A. 1982. V. 26. P. 2940.
43. Пат. 4 454 193 США//С. А. 1984. V. 101. 156 450g.
44. Schadt H., Kelly S. M.//J. Chem. Phys. 1984. V. 81. P. 1514.
45. Пат. 155 792 Европа//С. А. 1986. V. 104. 120 167x.
46. Пат. 61/030 565 Япония//С. А. 1986. V. 105. 106 322h.
47. Demus D., Zashke H.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1981. V. 63. P. 129.
48. Полушин С. Г., Ротинян Т. А., Агафонов М. А.//V Всесоюз. науч. конф. «Жидкие кристаллы и их практическое использование»: Тез. докл. Иваново, 1985. Т. 1, кн. 1 и 2. С. 12.
49. Проспект фирмы «Е. Мерк» (ФРГ), 1988.
50. Buchecker R., Schadt M.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1987. V. 149. P. 359.
51. Margerum J. D., Wong S.-M., Lackner A. M., Jensen J. E.//Ibid. 1981. V. 68. P. 157.
52. Schadt M., Buchecker R., Leenhouts F. et al.//Ibid. 1986. V. 139. P. 1.
53. Goto Y., Sugimori S., Ogawa T.//Proc. of the 6th Int. Display Research Conf. «Japan Display». Tokyo, 1986. P. 324.
54. Takatsu H., Takeuchi K., Sato H.//Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1984. V. 112. P. 165.
55. Пат. 3 317 921 ФРГ//С. А. 1984. V. 100. 148 628q.
56. Inukai T., Furukawa K., Inoue H., Terashima K.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1983. V. 94. P. 109.

57. Беляев В. В., Гребенкин М. Ф., Лисецкий Л. Н.//Журн. физ. химии. 1988. Т. 62. С. 3087.
58. Пат. 87 102 Европа//С. А. 1984. V. 100. 15 416х.
59. Пат. 3 029 378 ФРГ//С. А. 1981. V. 94. 217 673х.
60. Пат. 2 548 360 ФРГ//С. А. 1977. V. 87. 46 607 с.
61. Беляев В. В., Гребенкин М. Ф.//Кристаллография. 1983. Т. 28. С. 1003.
62. Bradshaw M. J., McDonnel D. G., Raynes E. P.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1981. V. 70. P. 289.
63. McDonnel D. G., Raynes E. P., Smith R. A.//Ibid. 1985. V. 123. P. 169.
64. Chmielewski A. G.//Ibid. 1986. V. 132. P. 339.
65. Constant J., Raynes E. P.//Ibid. 1980. V. 62. P. 115.
66. Пат. 3 216 281 ФРГ//С. А. 1983. V. 98. 135 314z.
67. Пат. 171 794 Европа//С. А. 1986. V. 105. 143 704e.
68. Пат. 3 151 367 ФРГ//С. А. 1983. V. 99. 149 641m.
69. Пат. 4 211 666 США//С. А. 1980. V. 92. 41 593p.
70. Eidenschink R.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1983. V. 94. P. 119.
71. Takatsu H., Takeuchi K.//Ibid. 1986. V. 138. P. 231.
72. Eidenschink R.//Ibid. 1985. V. 123. P. 57.
73. Пат. 14 840 Европа//С. А. 1981. V. 94. 121 064y.
74. Пат. 194 879 Европа//С. А. 1987. V. 106. 186 647v.
75. Пат. 119 756 Европа//С. А. 1985. V. 102. 24 260k.
76. Schadt M., Petrzilka M., Gerber P., Villiger A.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1985. V. 122. P. 241; Schadt M., Petrzilka M.//Proc. SID. 1985. V. 26. P. 117.
77. Пат. 4 468 340 США//С. А. 1983. V. 99. 149 639s.
78. Schadt M., Buchecker R., Villiger A. et al.//IEEE Transactions on Electron Devices. 1986. V. ED-33. P. 1187.
79. Dabrowski R., Dziaduszek J.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. Lett. 1984. V. 102. P. 155.
80. Dabrowski R., Dziaduszek J., Szezućinski T.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1985. V. 124. P. 241.
81. Carr N., Gray G. W., McDonnel D. G.//Ibid. 1983. V. 97. P. 13.
82. Пат. 60/215 652 Япония//С. А. 1986. V. 105. 162 746m.
83. Пат. 3 420 110 ФРГ//С. А. 1985. V. 103. 14 653x.
84. Пат. 90 548 Европа//С. А. 1984. V. 100. 59 667j.
85. Abdullah H. M., Gray G. W., Toyne K. J.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1985. V. 124. P. 105.
86. Andrews B. M., Gray G. W., Bradshaw M. J.//Ibid. 1985. V. 123. P. 257.
87. Haramoto Y., Katogawa H.//Ibid. 1985. V. 131. P. 201.
88. Haramoto Y., Katogawa H.//Ibid. 1985. V. 131. P. 101.
89. Пат. 8 400 665 Англия (4 698 176 США)//С. А. 1986. V. 104. 139 427.
90. Пат. 194 153 Европа//С. А. 1987. V. 106. 93 752s.
91. Grebyonkin M. F., Petrov V. F., Belyaev V. V. et al.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1985. V. 129. P. 245.
92. Гребенкин М. Ф., Иващенко А. В. Жидкокристаллические материалы. М.: Химия, 1989.
93. Пат. 123 907 Европа//С. А. 1985. V. 102. 141 028v.
94. Пат. 4 640 795 США//С. А. 1987. V. 106. 129 480t.
95. Пат. 193 191 Европа//С. А. 1987. V. 106. 41 728u.
96. Пат. 62/010 083 Япония//С. А. 1987. V. 107. 68 350x.
97. Deutscher H.-J., Schäfer W., Keil M. et al.//Z. Chem. 1984. Bd. 24. S. 406.
98. Gray G. W., Lacey D.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1983. V. 99. P. 123.
99. Пат. 227 721 ГДР//С. А. 1986. V. 105. 143 703d.
100. Chan L. K. M., Gray G. W., Lacey D.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1985. V. 123. P. 185.
101. Пат. 59/039 876 Япония//С. А. 1984. V. 101. 171 276с.
102. Пат. 3 139 130 ФРГ//С. А. 1982. V. 97. 109 680a.
103. Пат. 96 850 Европа//С. А. 1984. V. 100. 148 629r.
104. Пат. 2 701 591 ФРГ//С. А. 1978. V. 89. 215 805e.
105. Пат. 4 422 951 США//С. А. 1983. V. 98. 98 883m.
106. Пат. 59/161 348 Япония//С. А. 1985. V. 102. 112 938t.
107. Пат. 3 148 448 ФРГ//С. А. 1981. V. 94. 183 325k.
108. Davison I. R., Muriel Hall D.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1985. V. 129. P. 17.
109. Пат. 4 603 485 США.
110. Пат. 4 640 796 США//С. А. 1985. V. 105. 181 666v.
111. Пат. 61/280 489 Япония//С. А. 1987. V. 107. 124 744t.
112. Пат. 226 891 ГДР//С. А. 1986. V. 104. 216 675h.
113. Villiger A., Boller A., Schadt M.//Z. Naturforsch. B. 1979. Bd. 34. S. 1535.
114. Тордова С. И., Аболин А. Г., Карамышева Л. А., Иващенко А. В.//Журн. орг. химии. 1988. Т. 24. С. 192.
115. Пат. 4 390 467 США//С. А. 1984. V. 101. 101 302j.
116. Пат. 2 613 293 ФРГ//С. А. 1977. V. 87. 37 448v.
117. Пат. 202 514 Европа//С. А. 1987. V. 106. 186 669k.
118. Пат. 61/207 359 Европа//С. А. 1987. V. 106. 205 733v.
119. Пат. 3 510 795 ФРГ//С. А. 1986. V. 104. 79 323e.
120. Chan L. K. M., Gemmel R. A., Gray G. W. et al.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1987. V. 147. P. 113.
121. Пат. 94 198 Европа//С. А. 1984. V. 100. 112 368r.
122. Пат. 3 342 631 ФРГ//С. А. 1985. V. 103. 186 953m.

123. Takatsu H., Takeuchi K., Sato H.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1984. V. 108. P. 157.
124. Balkwill P., Bishop D., Pearson A., Sage I.//Ibid. 1985. V. 123. P. 1.
125. Пат. 260 127 ГДР (3 427 119 ФРГ)//С. А. 1986. V. 104. 120 173w.
126. Пат. 255 700 Европа//С. А. 1988. V. 109. 102 368n.
127. Пат. 61/151 150 Япония//С. А. 1987. V. 106. 205 364a.
128. Пат. 4 519 936 США.
129. Пат. 152 014 Европа//С. А. 1986. V. 104. 177 856a.
130. Пат. 60/078 972 Япония//С. А. 1985. V. 103. 105 003в.
131. Clark M. G., Harrison J.//Appl. Phys. 1973. V. 47. P. 13.
132. Kresse H., Demus D., Wrobel S. et al.//Acta Phys. Polon., 1980. V. A57. P. 699.
133. Knepe H., Schneider F.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1983. V. 97. P. 219.
134. Hauser A., Rettig R., Selbmann Ch. et al.//Cryst. Res. Technol. 1984. V. 19. P. 261.
135. Kresse H., Keil M., Weissflog W.//Ibid. 1983. V. 18. P. 563.
136. Takatsu H., Takeuchi K.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1983. V. 100. P. 345.
137. Пат. 84 974 Европа//С. А. 1984. V. 100. 15 786t.
138. Пат. 3 117 152 ФРГ//С. А. 1983. V. 98. 106 943y.
139. Пат. 3 223 637 ФРГ//С. А. 1983. V. 98. 225 350п.
140. Пат. 99 099 Европа//С. А. 1984. V. 100. 191 435m.
141. Торгова С. И., Аболин А. Г., Ройтман К. В. и др.//Журн. орг. химии. 1988. Т. 24. С. 199.
142. Пат. 90 671 Европа//С. А. 1984. V. 100. 148 624к.
143. Пат. 4 592 857 США.
144. Пат. 4 617 141 США//С. А. 1984. V. 100. 148 629g.
145. Пат. 61/158 937 Япония//С. А. 1987. V. 106. 205 373с.
146. Gasparoux H., Prost J.//J. Phys. (Paris). 1971. T. 32. P. 953.
147. Шмелев О. Я., Баландин В. А.//V Всесоюз. науч. конф. «Жидкие кристаллы и их практическое использование»: Тез. докл. Иваново, 1985. Т. 2. Кн. 1 и 2. С. 9.
148. Иванов С. А., Ветров В. Ю., Адоменас П. В., Сируткайте Р. А.//V Конф. соц. стран по ЖК: Тез. докл. Одесса, 1983. С — 17.
149. Pohl L., Eidenschink R., Krause G., Erdmann D.//Phys. Lett. 1977. V. 60A. P. 421.
150. Pohl L., Weber R., Eidenschink R.//XI Freiburgerarbeitstagung. Freiburg, 1979.
151. Минкин В. И., Осипов О. А., Жданов Ю. А. Дипольные моменты в органической химии. Л.: Химия, 1968.
152. Осипов О. А., Минкин В. И., Гарновский А. Д. Справочник по дипольным моментам. М.: Высш. шк., 1971.
153. Gray G. W.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. Lett. 1985. V. 124. P. 89.
154. Пат. 3 136 624 ФРГ//С. А. 1983. V. 99. 70 370p.
155. Беляев В. В., Гребенкин М. Ф.//Кристаллография. 1984. Т. 29. С. 815.
156. Беляев В. В., Гребенкин М. Ф., Ковшев Е. И., Слащева Г. Г.//III Научн.-техн. семинар «Оптические свойства жидких кристаллов и их применение»: Тез. докл. Л., 1983. С. 51.
157. Петров В. Ф., Гребенкин М. Ф., Беляев В. В., Иващенко А. В.//Там же. С. 49.
158. Blinov L. M., Kovshev E. I., Titov V. V.//Mol. Cryst. Liquid Cryst. 1981. V. 70. P. 267.