

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

Глава 4.

ТРИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ И ТЕТРАЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ

Физические свойства триэтиленгликоля

Триэтиленгликоль (тригликоль, этиленгликольдиоксидэтиловый эфир, бис(оксиэтил)гликолевый эфир; ди-β-оксиэтоксиглан) $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ – бесцветная, прозрачная, вязкая, гигроскопичная жидкость, практически без запаха. По многим свойствам и областям применения он похож на диэтиленгликоль. Молекулярная масса триэтиленгликоля 150,18. Основные физические характеристики триэтиленгликоля приведены ниже:

Плотность (истинная) при 20°C, г/см ³		1,1243
Относительная плотность d_{20}^{20}		1,1254
Температура °C	кипения при 101,3 кПа(760мм.рт.ст.)	287,4
	замерзания	-7,2
Давление насыщенного пара при 20°C	Па	<1,33
	мм. рт. ст.	<0,01
Коэффициент преломления n_D^{20}		1,4559
Молекулярная рефракция	наблюдаемая	36,36
	вычисленная	36,24
Поверхностное натяжение при 25°C, мН/м (дин/см)		45,2
Парахор	наблюдаемый	350,9
	вычисленный	348,2
Удельная теплоёмкость при 20°C	Дж/(г·К)	2,198
	кал/(г·°C)	0,525
Теплопроводность при 20°C	Вт/(м·К)	0,23
	кал/(см·с·°C)	0,00055
Вязкость при 20°C, мПа (сПз)		47,8
Диэлектрическая проницаемость при 20°C		23,69
Электропроводность при 20°C, Ом ⁻¹ ·см ⁻¹		8,4·10 ⁻⁸
Дипольный момент при 25°C, D		2,99 12, s. 2400
Константа Трутона		30,95
Константа диссоциации водного раствора		14,5
Скорость звука в триэтиленгликоле при 25°C, м/с		1608

Критические параметры, являющиеся расчётными, так как триэтиленгликоль начинает разлагаться ниже температуры кипения (температура начала его разложения 206,5 °C), приведены ниже:

Критическая температура, °C		437±5
Критическое давление	мПа	3,4±0,4
	кгс/см ²	34,2±4,2

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

Критическая плотность, г/см ³	0,337±0,01
--	------------

О термодинамических свойствах триэтиленгликоля можно судить по следующим данным:

Теплота, кДж/моль (ккал/моль)	
образования при 25°C	-801,4 (-191,4)
сгорания жидкости при постоянном давлении	3565,1 (851,5)
плавления	18,2±0,4 (4,3±0,1)
испарения при 101,33 кПа (760 мм.рт.ст.)	62,6 (14,9)

Зависимость теплоты испарения триэтиленгликоля от температуры показана на рис.1.

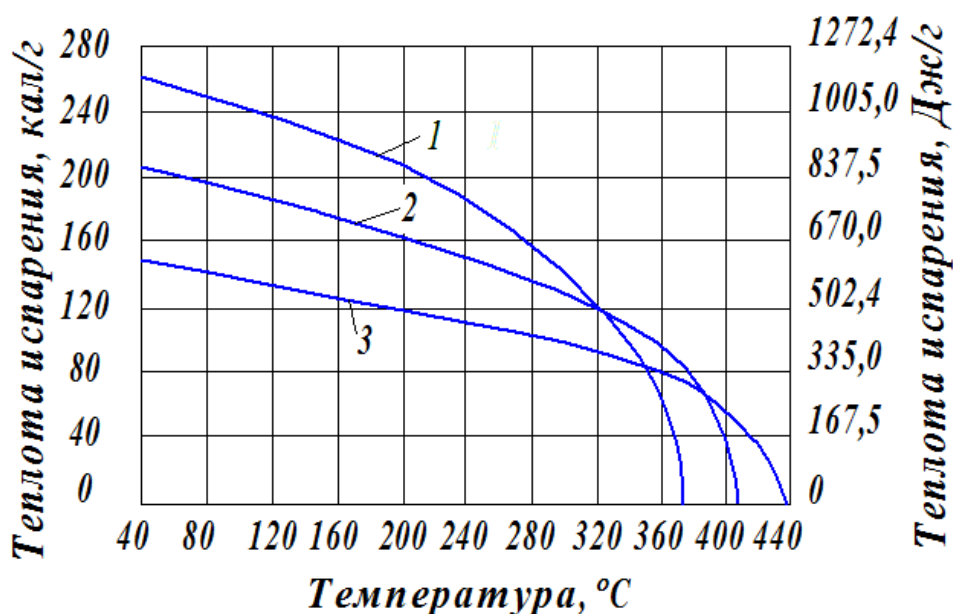


Рис. 1. Зависимость теплоты испарения этиленгликоля (1), диэтиленгликоля (2) и триэтиленгликоля (3) от температуры.

Плотность триэтиленгликоля в температурном интервале 20 – 150 °C рассчитывается по формуле:

$$\rho = -0,00080t + 1,1403$$

Для триэтиленгликоля и его водных растворов зависимость плотности от температуры в интервале от –40 до +80 °C дана на рис.2, а при более высоких температурах – в табл.1.

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

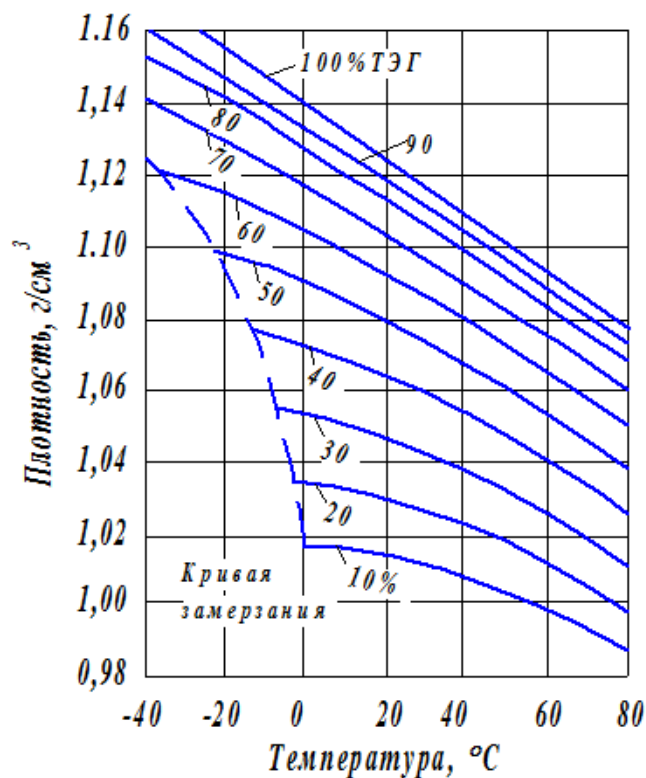


Рис.2. Зависимость плотности водных растворов триэтиленгликоля (ТЭГ) от температуры

Таблица 1. Зависимость плотности триэтиленгликоля (ТЭГ) и его водных растворов от температуры

Температура, °C	Плотность при различной концентрации ТЭГ, г/см ³				
	20%	40%	60%	80%	100%
100	0,985	1,012	1,037	1,055	1,064
120	0,970	0,994	1,020	1,038	1,048
140	0,953	0,978	1,002	1,022	1,033
160	0,936	0,961	0,974	1,005	1,017
180	0,920	0,944	0,967	0,988	1,002

Относительная плотность смесей триэтиленгликоля и диэтиленгликоля приведена на рис.3.

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

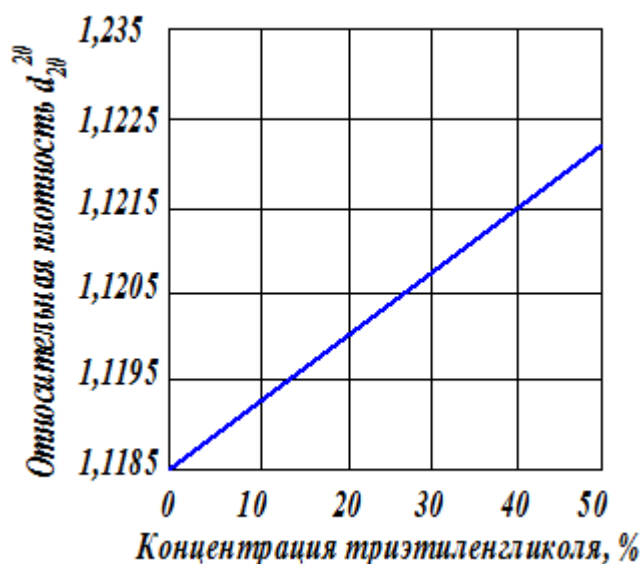


Рис. 3. Относительная плотность смесей ди- и триэтиленгликоля.

Температура кипения триэтиленгликоля при различном давлении меняется следующим образом:

Давление, мм.рт.ст.	Температура кипения, °С	Давление, мм.рт.ст.	Температура кипения, °С
1	114,0	60	201,5
5	144,0	100	214,6
10	158,1	200	235,2
20	174,0	400	256,6
40	191,3	760	287,3

Температурный коэффициент давления насыщенного пара триэтиленгликоля в интервале 56,4 – 57,8 кПа (740 – 760 мм.рт.ст.) составляет 0,054 °С на 0,133 кПа (1 мм.рт.ст.). Зависимость температуры кипения водных растворов триэтиленгликоля от концентрации при атмосферном давлении показана на рис.4.

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

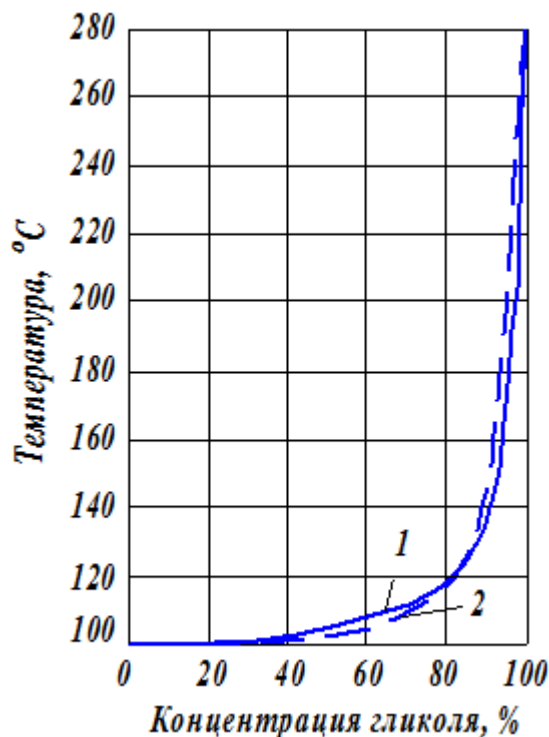


Рис.4. Зависимость температуры кипения водных растворов диэтиленгликоля (1) и триэтиленгликоля (2) при атмосферном давлении от концентрации гликоля.

Температура замерзания водных растворов зависит от концентрации триэтиленгликоля, что иллюстрируется данными табл.2.

Таблица 2 – Зависимость температуры замерзания водных растворов триэтиленгликоля (ТЭГ) от его концентрации*

Концентрация ТЭГ, %	Температура замерзания, °C	Концентрация ТЭГ, %	Температура замерзания, °C	Концентрация ТЭГ, %	Температура замерзания, °C
2	-0,2	40	-13,7	80	-42
6	-0,8	44	-16,9	82	-40
10	-1,6	48	-20,9	84	-37,4
14	-2,4	50	-23,6	86	-34,5
18	-3,4	54	(-29,5)	88	-31,2
20	-4,0	58	(-36)	90	-27,5
24	-5,2	60	(-40)	92	-23,5
28	-6,8	70	(-48)	94	-19,1
30	-7,7	74	-46	96	-14,5
34	-9,9	76	-45	98	-9,0
38	-12,3	78	-43,5		

* Цифры в скобках получены экстраполяцией кривых

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

Эвтектическая смесь триэтиленгликоля с водой содержит 64 – 66% триэтиленгликоля и замерзает при температуре от - 49 до - 54°C. В эвтектической точке содержание триэтиленгликоля 69%, а температура замерзания составляет - 67°C. Диаграмма температур замерзания водных растворов триэтиленгликоля приведена на рис.5.

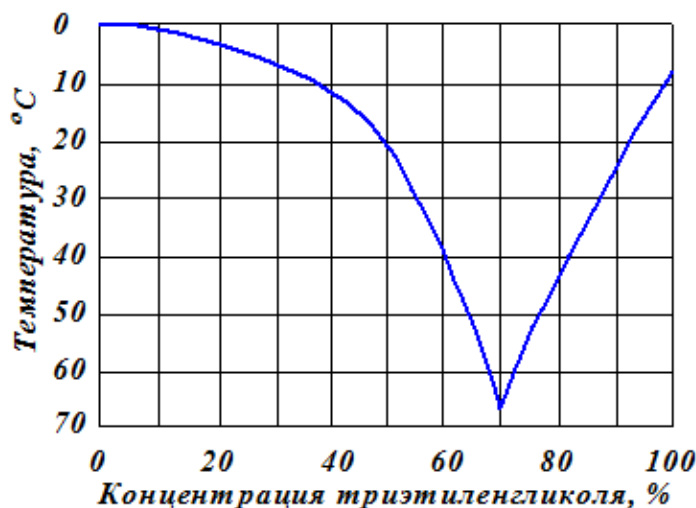


Рис. 5. Диаграмма температур плавления водных растворов триэтиленгликоля

Значительное различие температур замерзания объясняется не только способностью растворов триэтиленгликоля к переохлаждению и очень большой вязкостью при низкой температуре, но и наличием в триэтиленгликоле примесей. Температура замерзания смесей триэтиленгликоля с диэтиленгликолем дана в табл. 3.

Таблица 3 – Зависимость температуры замерзания смесей диэтиленгликоля (ДЭГ) с этиленгликолем (МЭГ) и триэтиленгликолем (ТЭГ) от концентрации диэтиленгликоля*

Концентрация ДЭГ, %	Температура замерзания, °C		Концентрация ДЭГ, %	Температура замерзания, °C	
	с МЭГ	с ТЭГ		с МЭГ	с ТЭГ
5	-14,5	-6,8	55	-39	(-28)
10	-16,5	-9,3	60	-36,4	-
15	-18,8	-11,6	65	-33,4	-
20	-21,3	-13,9	70	-30,2	-24,2
25	-24,1	-16,1	75	-26,8	-19,8
30	-27,2	(-18,3)	80	-23,3	-16,4
35	-30,6	(-20,3)	85	-19,5	-13,9
40	-34,1	(-22)	90	-15,7	-11,8
45	-38,0	(-24)	95	-12,0	-10,0
50	-	-26			

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

*Цифры в скобках получены экстраполяцией кривых

Давление насыщенного пара триэтиленгликоля (p , мм.рт.ст.)
изменяется с температурой (T) в соответствии с формулами:

$$\text{в интервале } 140 - 210^{\circ}\text{C} \quad \lg p = 9,6396 - \frac{3726,2}{T}$$

$$\text{в интервале } 20 - 29^{\circ}\text{C} \quad \lg p = 7,758 - \frac{3170}{T}$$

Зависимость давления пара триэтиленгликоля от температуры
представлена на рис.6, а его водных растворов на рис.7.

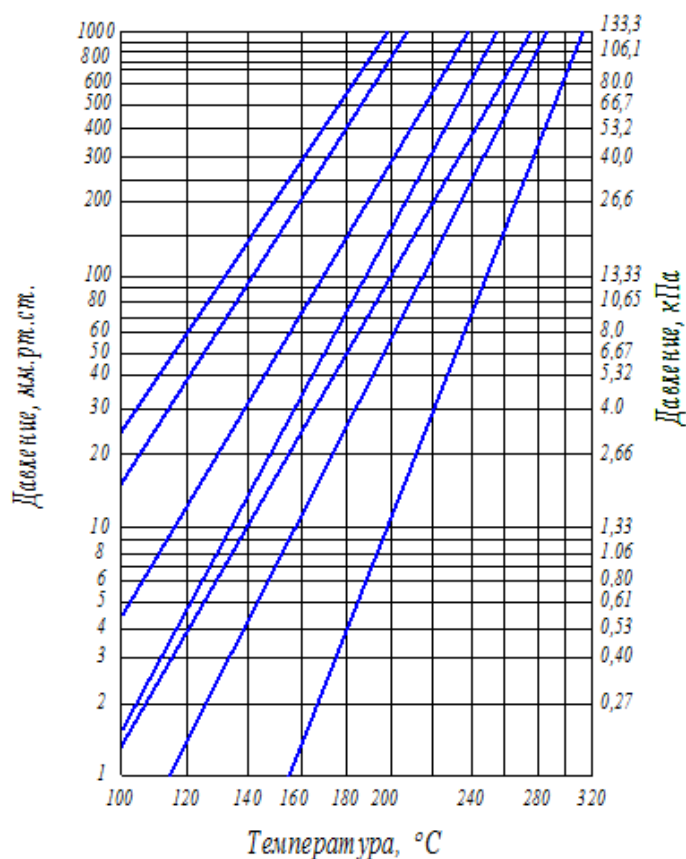


Рис. 6. Зависимость давления пара триэтиленгликоля от температуры

Техническая литература.

Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976

О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

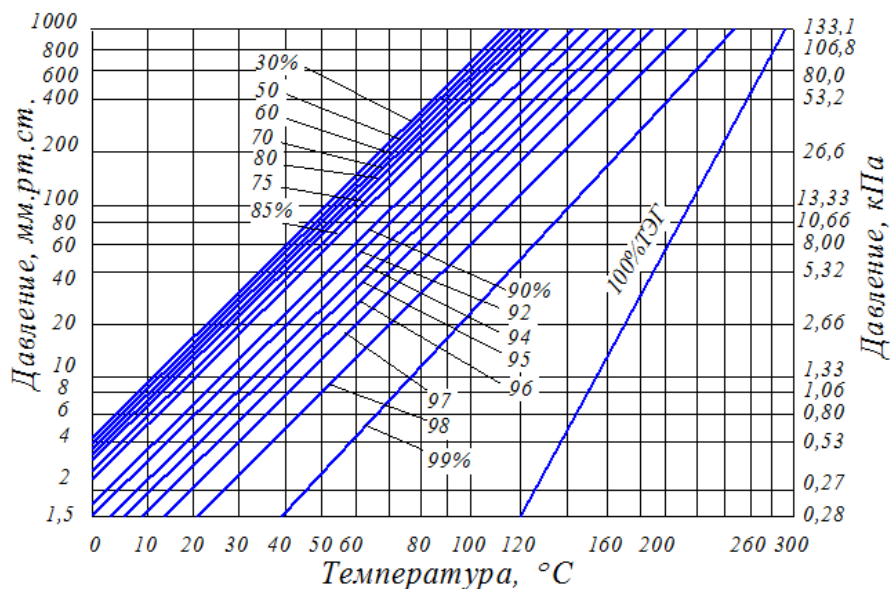


Рис.7. Зависимость давления насыщенного пара водных растворов триэтиленгликоля (ТЭГ) от температуры.

Коэффициент преломления водных растворов триэтиленгликоля зависит от его концентрации (рис.8).

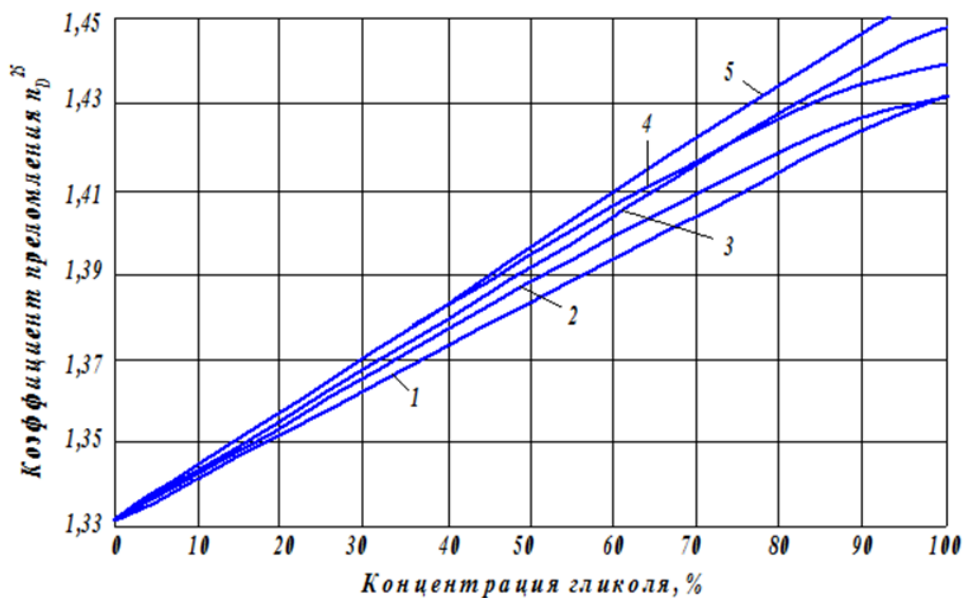


Рис.8. Зависимость коэффициента преломления водных растворов диэтиленгликоля и других гликолей от их концентрации: 1 – этиленгликоль, 2 – пропиленгликоль, 3 – диэтиленгликоль, 4 – дипропиленгликоль, 5 – триэтиленгликоль.

В интервале 20 – 30 °C при изменении температуры на 1°C коэффициент преломления триэтиленгликоля изменяется на 0,00031.

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

Поверхностное натяжение триэтиленгликоля (σ , мН/м) в температурном интервале 20 - 150°C рассчитывается по уравнению:

$$\sigma = -0,088t + 47,33$$

Зависимость поверхностного натяжения триэтиленгликоля от температуры и его водных растворов при 25°C от концентрации представлена на рис.9.

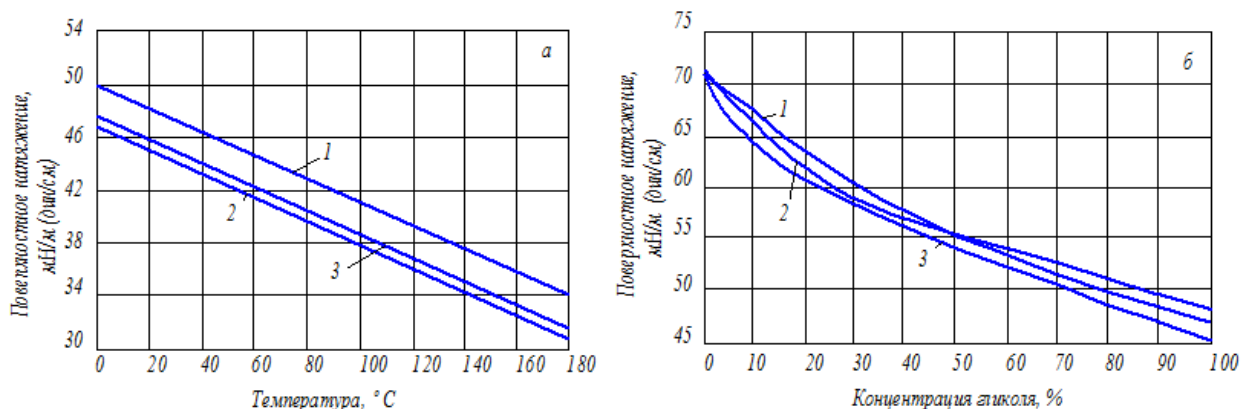


Рис.9. Зависимость поверхностного натяжения этиленгликолей от температуры (а) и водных растворов этиленгликолей при 25°C от концентрации (б):

1 – этиленгликоль; 2 – диэтиленгликоль; 3 – триэтиленгликоль

Зависимость теплоёмкости триэтиленгликоля и его водных растворов от температуры иллюстрируются данными табл. 4.

Таблица 4. Зависимость теплоёмкости триэтиленгликоля (ТЭГ) и его водных растворов от температуры

Температура, °C	Теплоёмкость при различной концентрации ТЭГ, кал/(г·°C)*					
	10%	20%	40%	60%	80%	100%
20	0,979	0,936	0,868	0,752	0,641	0,529
30	0,980	0,939	0,874	0,761	0,651	0,536
40	0,981	0,941	0,879	0,770	0,661	0,542
50	0,981	0,944	0,885	0,778	0,670	0,551
60	0,982	0,946	0,890	0,787	0,680	0,562
70	0,983	0,949	0,895	0,795	0,689	0,569
80	0,984	0,951	0,900	0,804	0,699	0,575
90	0,985	0,954	0,905	0,812	0,708	0,584
100	0,985	0,956	0,911	0,821	0,718	0,592
110	0,986	0,958	0,916	0,829	0,727	0,600

* 1 кал/(г·°C) = 4,19 Дж/(г·K)

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

Теплоёмкость триэтиленгликоля и его водных растворов в более широком интервале температур приведена на рис.10.

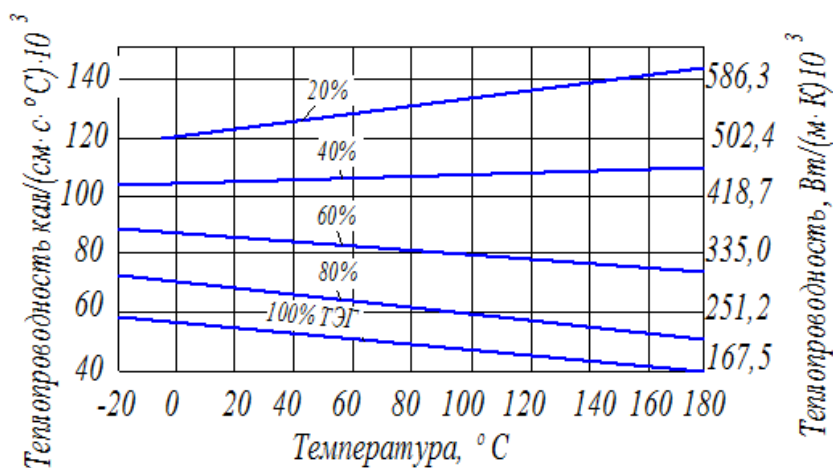


Рис.10. Зависимость теплоёмкости триэтиленгликоля и его водных растворов от температуры

Теплопроводность водных растворов триэтиленгликоля неоднозначно меняется с повышением температуры и зависит от концентрации триэтиленгликоля (рис.11).

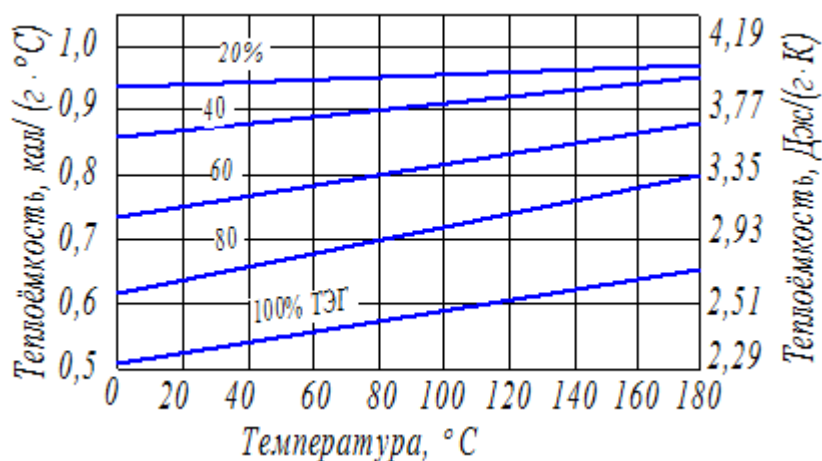


Рис. 11. Зависимость теплопроводности триэтиленгликоля и его водных растворов от температуры

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

Теплопроводность паров триэтиленгликоля показана на рис.12.

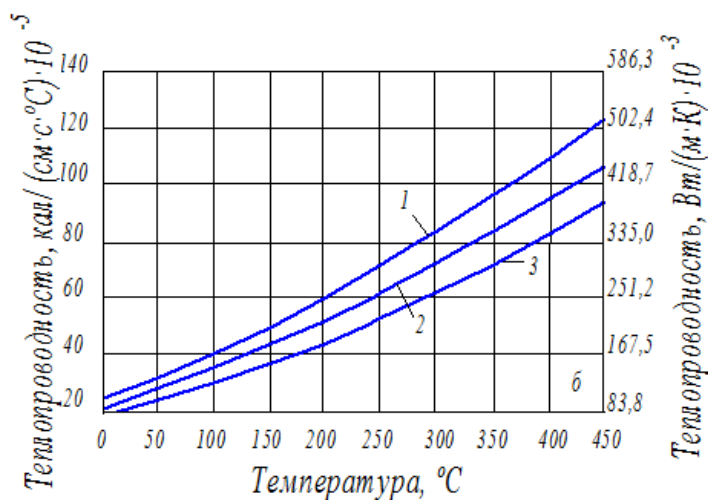


Рис. 12. Зависимость паров теплопроводности гликолей от температуры: 1 – этиленгликоль; 2 – диэтиленгликоль; 3 – триэтиленгликоль.

Изменение теплопроводности водных растворов триэтиленгликоля с температурой представлено в табл.5.

Таблица 5. Зависимость теплопроводности триэтиленгликоля (ТЭГ) и его водных растворов от температуры

Температура, °С	Теплопроводность при различной концентрации ТЭГ (в мольных долях), кал/(см·с·°С)·10 ³ *					
	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
40	0,468	0,483	0,511	0,564	0,679	0,825
60	0,466	0,487	0,519	0,574	0,693	0,875
80	0,464	0,487	0,523	0,581	0,705	0,884
100	0,464	0,485	0,521	0,581	0,705	0,899
120	0,461	0,483	0,521	0,583	0,705	0,908
140	0,459	0,478	0,514	0,581	0,712	0,908
160	0,456	0,476	0,511	0,583	0,712	0,908
* 1 кал/(см·с·°С) = 418,68 Вт/(м·К)						

Номограмма для определения теплопроводности и теплоёмкости водных растворов триэтиленгликоля в зависимости от температуры приведена в приложении стр.366 и 367.

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

Зависимость вязкости триэтиленгликоля и его водных растворов от температуры приведена в табл.6 и на рис.13.

Таблица 6 – Зависимость вязкости триэтиленгликоля (ТЭГ) и его водных растворов от температуры

Температура, °C	Вязкость при различной концентрации ТЭГ, мПа·с						
	9,93%	20,44%	29,60%	38,57%	59,89%	80,06%	100%
5	2,180	3,282	4,768	7,044	20,70	60,76	119,8
10	1,843	2,729	3,901	5,709	15,89	44,35	85,94
20	1,378	1,981	2,758	3,930	10,01	25,23	48,15
40	0,8611	1,183	1,581	2,143	4,777	10,56	19,06
60	0,6005	0,7961	1,034	1,353	2,727	5,456	9,478
80	0,4472	0,5782	0,7366	0,9382	1,736	-	5,429

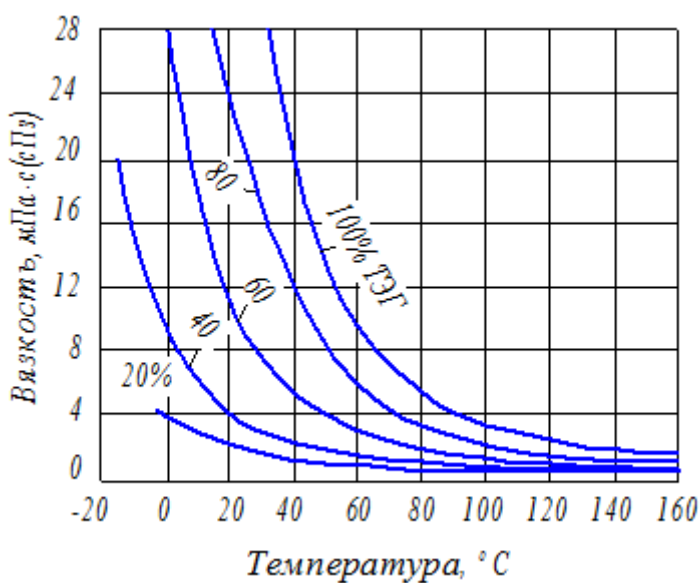


Рис.13. Зависимость вязкости триэтиленгликоля и его водных растворов от температуры.

Для паров триэтиленгликоля, а также для смеси триэтиленгликоля с этиленгликолем, взятых в соотношении 1:1, зависимости вязкости от температуры представлены на рис.14 и 15.

Техническая литература.

Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976

О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

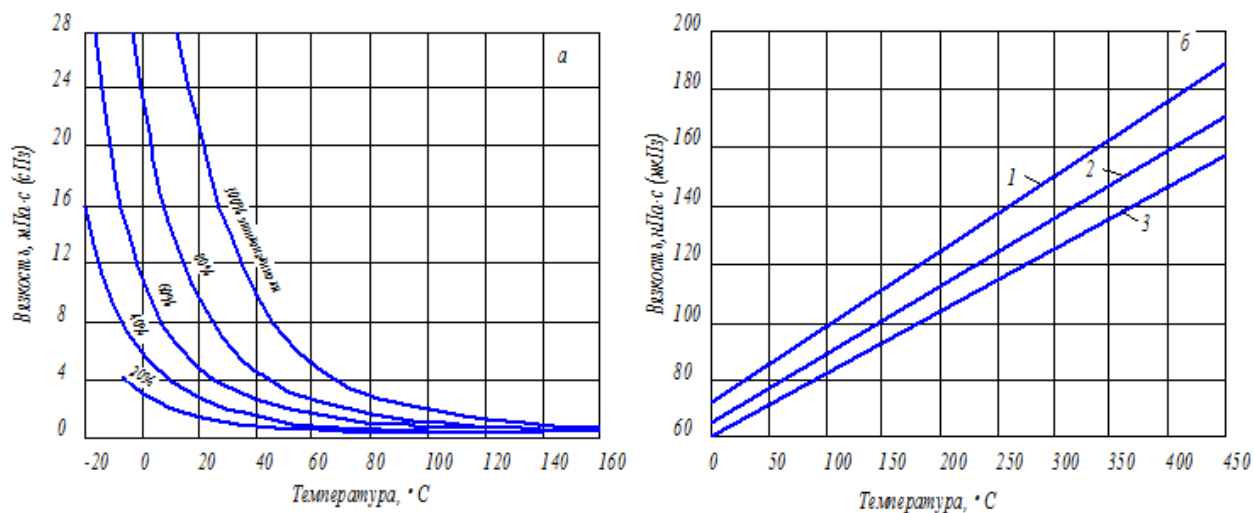


Рис. 14. Зависимость вязкости водных растворов этиленгликоля (а) и паров этиленгликоля (б) от температуры:

1 – этиленгликоль; 2 – диэтиленгликоль; 3 – триэтиленгликоль

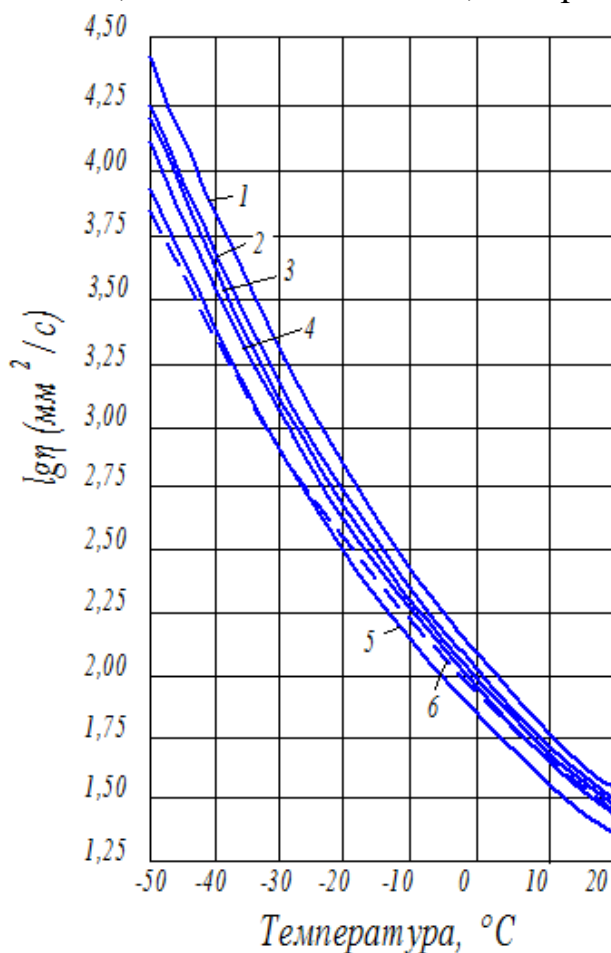


Рис. 15. Зависимость кинематической вязкости ($\lg \eta$, мм²/с) смесей этиленгликоля с другими гликолями от температуры:

Техническая литература.
Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976
О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

1 – с дипропиленгликолем; 2 – с пропиленгликолем; 3 – с тетраэтиленгликолем; 4 – с триэтиленгликолем; 5 – с диэтиленгликолем; 6 – с триметиленгликолем

Диэлектрическая проницаемость триэтиленгликоля и его водных растворов зависит от температуры:

Концентрация ТЭГ, %	Температура, °C		
	15°C	25°C	35°C
0	81,95	78,3	74,8
10	78,0	74,8	71,2
20	73,9	71,0	67,4
30	69,5	66,8	63,4
40	64,9	62,4	59,1
50	59,8	57,5	54,5
60	54,3	52,1	49,3
70	48,2	46,0	43,9
80	41,4	39,4	37,6
90	33,5	31,8	30,3
100	24,0	23,0	21,8

Для жидкого и переохлажденного триэтиленгликоля изменение диэлектрической проницаемости в зависимости от температуры составляет:

	60°C	50°C	20°C	5°C	-5°C	-20°C
ϵ	19,2	20,1	23,7	25,6	27,0	29,4

Гигроскопичность. Триэтиленгликоль очень гигроскопичен. Равновесная концентрация его с воздухом в зависимости от влажности воздуха (или другого газа) и температуры контакта дана в табл. 7.

Таблица 7 – Зависимость равновесной концентрации триэтиленгликоля от относительной влажности воздуха и температуры

Температура, °C	Равновесная концентрация при относительной влажности, %								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
-5	98,5	96,8	94,0	91,1	89	83	78	68	52
5	98,4	96,5	93,8	91,0	88	83	77	65	51
15	98,2	96,2	93,6	90,8	86	82	77	65	50
25	98,1	96,0	93,4	90,7	85	82	76	64	50
35	98,0	95,7	93,2	90,6	84	82	76	64	49
45	97,8	95,4	93,0	90,5	83	82	75	63	49

Техническая литература.

Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976

О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

Зависимость точки росы газа при его осушке от концентрации триэтиленгликоля в водном растворе и температуры контакта показана на рис.16.

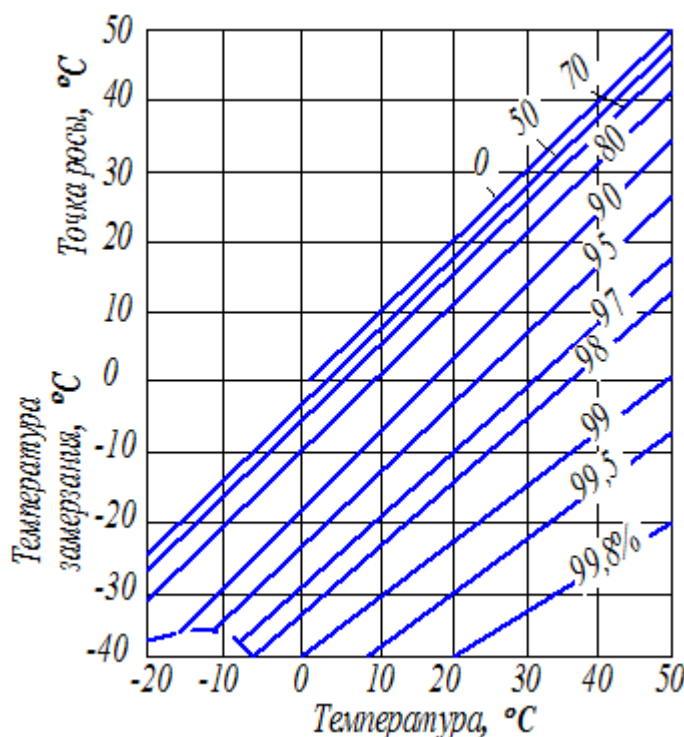


Рис.16. Зависимость точки росы газа от температуры контакта с водными растворами триэтиленгликоля.

Применение триэтиленгликоля

Хорошая растворяющая способность, высокая температура кипения, малая летучесть и низкая токсичность триэтиленгликоля определили его широкое применение в качестве экстрагента, растворителя и пластификатора для лакокрасочных изделий, клеев, печатных красок. Повышенная гигроскопичность позволяет эффективно использовать триэтиленгликоль в качестве осушающего агента для газов. Он является также исходным сырьём для синтеза пластификаторов, смол и каучукоподобных материалов.

В США в 1970 г. 30% произведённого триэтиленгликоля было израсходовано на осушку газов, 17% - для увлажнения табака, 15% - в качестве растворителя, 12% - для получения пластификаторов, 8% - в

Техническая литература.

Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976

О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

производстве полиэфирных и полиуретановых смол и частично для экстракции ароматических углеводов.

Триэтиленгликоль, как и другие гликоли, при взаимодействии с одно-, двух- и многоосновными кислотами и их ангидридами, образует сложные эфиры, широко применяемые в различных отраслях химической промышленности: лакокрасочной, пластических масс, синтетического каучука и др. например, триэтиленгликольдикаприлат совмещается с такими полимерными веществами, как поливинилхлорид, поливинилацетат, поливинилбутираль, нитроцеллюлоза, этилцеллюлоза, хлоркаучук, и применяется для их пластификации. Хорошими пластификаторами этих же полимерных материалов являются эфиры триэтиленгликоля и адипиновой, 2-этилмасляной, 2-этилгексановой, фталевой, а также смесей жирных кислот. В качестве пластификаторов описаны смешанные сложные эфиры: дикаприлат-бис-(триэтиленгликоль)фталат, дикаприлат-бис-(триэтиленгликоль)адипинат, дикаприлат-бис-(триэтиленгликоль)себагинат. Эфиры триэтиленгликоля и ненасыщенных кислот применяются в производстве слоистых пластиков.

Органическое стекло, получаемое при сополимеризации триэтиленгликольдиметакрилата с метилметакрилатом, обладает повышенной поверхностной твёрдостью, теплостойкостью и эластичностью. Прессованные и литые изделия, устойчивые к повреждениям покрытия для стёкол, линз и тому подобных изделий, получают из ненасыщенной полиэфирной смолы на основе триэтиленгликоля и фумаровой кислоты, а также этилакрилата, аллилметакрилата, триаллилцианурата и метакриловой кислоты.

Из кислых эфиров триэтиленгликоля и трехосновных кислот при их нагревании с ненасыщенным одноатомным спиртом и мономером, содержащим 1 – 3 винильные группы, в присутствии органической перекиси получается твёрдый материал, обладающий хорошими механическими и электрическими свойствами, водостойкостью и стабильностью при хранении. Линейные полиэфиры с фосфором в основной цепи, обладающие высокой огнестойкостью, образуются поликонденсацией триэтиленгликоля с дихлоридом аллилфосфорной кислоты. Оловосодержащие полимеры, являющиеся ускорителями вулканизации и полимеризации, антиоксидантами и стабилизаторами для синтетических смол, получают при реакции триэтиленгликоля с оловоорганическими дигалогенами в присутствии акцепторов галогенов. Из полиацеталей триэтиленгликоля и формальдегида,

Техническая литература.

Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976

О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

эфиров виниловых спиртов с акриловой и метакриловой кислотой синтезируют блоксополимеры, на основе которых получают пенопласты. Полиэфир триэтиленгликоля и γ -кетопимелиновой кислоты является вязкой смолой.

При окислении триэтиленгликоля азотной кислотой образуется этилдигликолевая кислота, а при действии на него трёххлористого фосфора и затем хлористого водорода получается α, ω -дихлотриэтиленгликоль. При действии на триэтиленгликоль в присутствии Ni-Ренея аминирующих агентов (аммиак, первичные или вторичные амины $C_1 - C_6$) образуются алифатические амины. Например, при $200^\circ C$ и 13 МПа (133 кгс/см²) получается $HO-C_2H_4-OC_2H_4-OC_2H_4-NH_2$, а при $225^\circ C$ и 15,9 МПа (162 кгс/см²) $H_2N-C_2H_4-OC_2H_4-OC_2H_4-NH_2$. Продукты взаимодействия триэтиленгликоля с трихлорметильными производными ароматических соединений могут быть использованы как промежуточные соединения, растворители и сельскохозяйственные химикаты. При реакции триэтиленгликоля с поли- или пергалогенированными полифенилами в присутствии акцептора галогеноводородной кислоты получают соединения, которые, взаимодействуя с насыщенными и ненасыщенными кислотами, образуют полиэфиры с повышенной стойкостью к действию химических реагентов и хорошими механическими свойствами при повышенной температуре и на холоде.

При действии на триэтиленгликоль тионилхлорида, а затем хлора в присутствии катализаторов образуются полупродукты для синтеза красителей, пластических и лекарственных препаратов. Триэтиленгликоль служит одним из видов сырья для получения депрессантов центральной нервной системы, обладающих обезболивающим, антихолинергическим и антигистаминным действием, а также для синтеза 3,5-диiodоксипиридонов, которые используют в рентгенокопии как контрастные вещества.

Триэтиленгликоль, как и другие гликоли, обладает бактерицидными свойствами и применяется для дезинфекции воздуха. При комнатной температуре и влажности воздуха 20 – 50% содержание в нём $5 \cdot 10^{-5}\%$ (об.) триэтиленгликоля, по лабораторным данным, приводит к мгновенной гибели 85% бактерий, а остальные 15% погибают в течение двух минут. Смесь триэтиленгликоля и трихлорэтана предложена в качестве бактерицидного средства для предотвращения порчи плодов: через 7 дней после обработки

Техническая литература.

Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976

О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

указанной смесью испортился 1% персиков по сравнению с 80% без обработки. Бактерицидной активностью обладает также эфир триэтиленгликоля и сульфометилфенилкабаминовой кислоты.

Триэтиленгликоль предложен для стабилизации дитиофосфатов, являющихся инсектицидными препаратами, а также некоторых других пестицидов. Триэтиленгликоль применяется в качестве среды при получении ряда продуктов, например при синтезе 100%-ного γ -гексахлорциклогексана, Ni-фенолятов диоксиалкилдифенилсульфонов, являющихся стабилизаторами полиолефинов.

Динитрат триэтиленгликоля, обладающий малой летучестью, хорошей стабильностью и стойкостью к желатинизации, **применялся в Германии в качестве компонента порохов и как ракетное топливо. Он рекомендуется в качестве компонента твёрдого ракетного топлива и в настоящее время.** Триэтиленгликоль применяется также как высокотемпературный теплоноситель.

Триэтиленгликоль находит всё возрастающее применение для осушки природных и нефтяных газов, а также воздуха. Его преимущества перед диэтиленгликолем определяется более низким давлением паров над раствором и более высокой температурой начала разложения. Меньшее давление паров ведёт к снижению потерь абсорбента с газом: в равных условиях потери с 1000м³ газа триэтиленгликоля составляют 5г по сравнению с 20г диэтиленгликоля.

С триэтиленгликолем осушку газа можно вести при более высокой температуре, чем с диэтиленгликолем; удаётся повысить температуру регенерации абсорбента, уменьшить содержание в нём воды и тем самым дополнительно понизить точку росы осушаемого газа. Потери триэтиленгликоля в производственных условиях (на испарение, механический унос, утечки, растворение и т.п.) составляют 0,33л или $\approx 0,4$ кг на 100тыс.м³ осушенного газа. При замене диэтиленгликоля на триэтиленгликоль себестоимость осушки природного газа снижается на 21%.

Триэтиленгликоль предложен также для осушки газов, получаемых при синтезе хлорвинила из ацетилена и хлористого водорода. Для многих веществ триэтиленгликоль является более эффективным растворителем, чем диэтиленгликоль. Например, бензол в нём растворяется полностью, а в диэтиленгликоле только частично; в триэтиленгликоле растворяется в

Техническая литература.

Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976

О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

полтора раза больше толуола, чем в диэтиленгликоле. В связи с этим триэтиленгликоль нашёл широкое применение в качестве селективного растворителя для экстракции ароматических углеводородов из продуктов каталитического риформинга или других продуктов, содержащих ароматические углеводороды, превосходя для этой цели диэтиленгликоль. Экстракцию проводят триэтиленгликолем, содержащим 5% (об.) воды, так как при этом растворитель кипит при 140°C, что облегчает отгонку поглощённых ароматических углеводородов.

На рис.17 показано распределение бензола между экстрактом и рафинатом при применении различных гликолей.

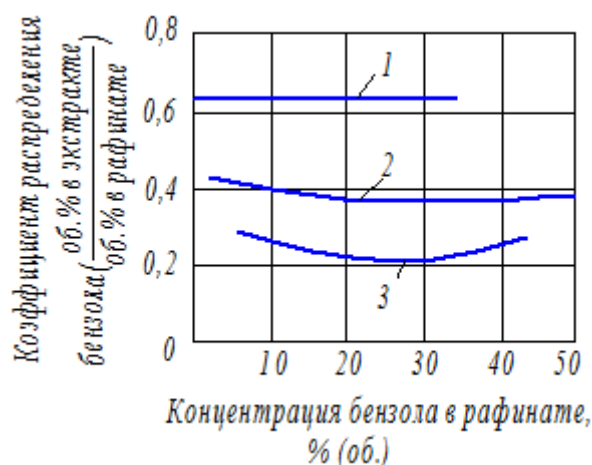


Рис. 17. Распределение бензола между экстрактом и рафинатом при применении различных гликолей в качестве экстрагентов:
1 – тетраэтиленгликоль с содержанием 3,9% (об.) воды, 100°C;
2 – триэтиленгликоль с содержанием 5,0% (об.) воды, 121,5°C;
3 – этиленгликоль с содержанием 8,0% (об.) воды, 125°C.

Коэффициент распределения бензола – отношение концентраций бензола в % (об.) в экстракте и рафинате – при применении триэтиленгликоля значительно выше, чем при использовании диэтиленгликоля. Толуол и ксилолы экстрагируются триэтиленгликолем ещё лучше.

При деароматизации газойля каталитического крекинга сернистых нефтей триэтиленгликолем происходит также его значительное обессеривание, что позволяет получать малосернистое дизельное топливо. Технологическая схема выделения ароматических углеводородов

Техническая литература.

Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Москва. 1976

О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников

триэтиленгликолем такая же, как и диэтиленгликолем (рис.18), однако производительность установки выше. Так, при переводе блока экстракции ароматических углеводородов с диэтиленгликоля на триэтиленгликоль производительность возросла на 40%, расход пара на отпаривание снизился на 17%, расход экстрагента на 1т перерабатываемого сырья уменьшился, несколько возросла глубина извлечения ароматических углеводородов.

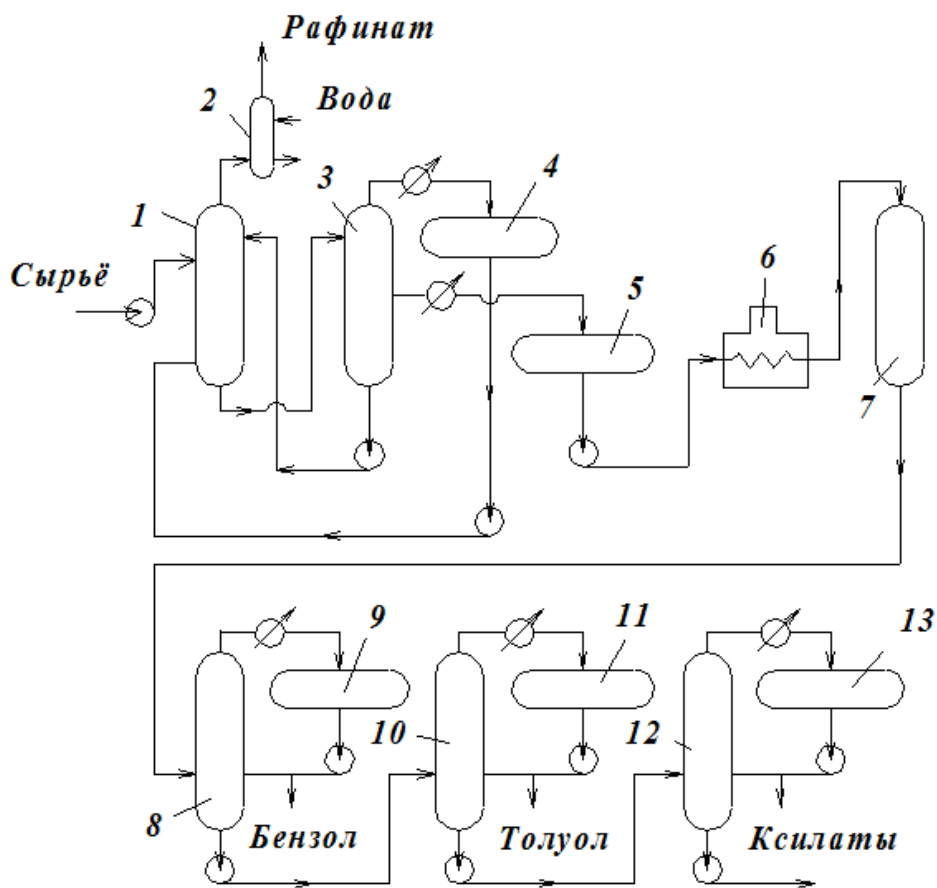


Рис.18. Технологическая схема для выделения ароматических углеводородов экстракцией диэтиленгликолем:

1 – экстракционная колонна; 2 – промывная колонна; 3 – отпарная колонна; 4, 5, 9, 11, 13 – ёмкости; 6 – печь; 7 – колонна для очистки глиной; 8 – бензольная колонна; 10 – толуольная колонна; 12 – ксилольная колонна.

Скорость окисления триэтиленгликоля при высокой температуре его регенерации может быть снижена добавкой к нему 0,5% диэтанолamina или 0,1% топанолa.