

## ПРОСТЫЕ АЛКИЛОВЫЕ ЭФИРЫ ГЛИЦЕРИНА КАК КОМПОНЕНТЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

©2024 г. В. А. Лаврентьев<sup>1,\*</sup>, М. У. Султанова<sup>1</sup>, Д. Н. Рамазанов<sup>1</sup>, В. О. Самойлов<sup>1</sup>,  
Т. И. Столоногова<sup>2</sup>, Ю. В. Кожевникова<sup>2</sup>, Е. А. Чернышева<sup>2</sup>, В. М. Капустин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва, 199991 Россия

<sup>2</sup>Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина, Москва,  
119991, Россия

\*E-mail: lavrentev@ips.ac.ru

Поступила в редакцию 10.10.2024

После доработки 26.11.2024

Принята в печать 26.12.2024

### СОДЕРЖАНИЕ

Приложение А. Хроматограммы синтетических образцов эфиров глицерина

Приложение В. Свойства коммерческого образца биодизеля B<sub>100</sub> FAME.

Приложение С. Измерение плотности: калибровка, исходные данные, погрешности.

### Приложение А. Хроматограммы синтетических образцов эфира глицерина.

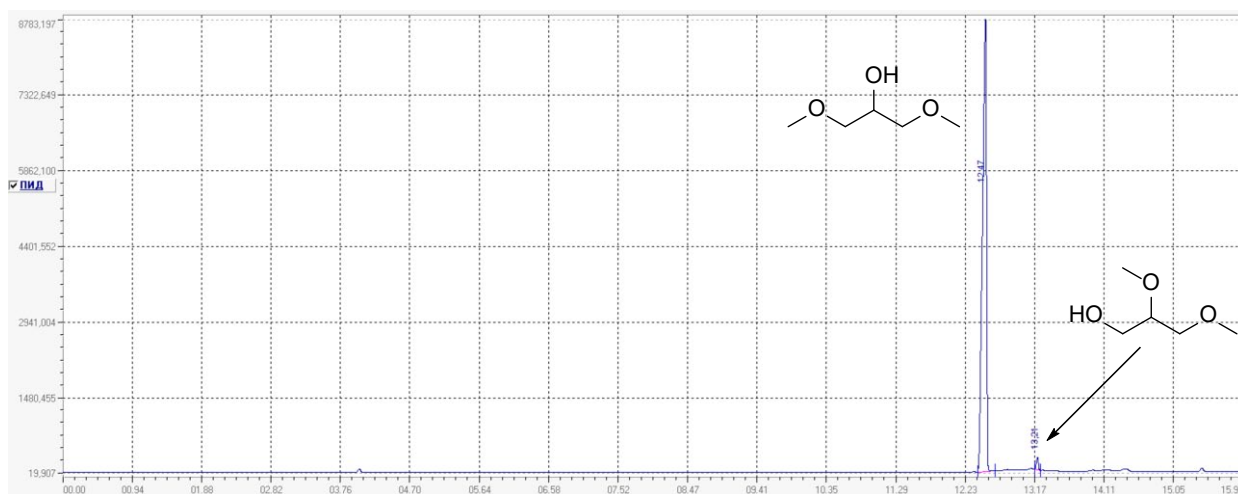


Рисунок А.1. ГХ-ПИД хроматограмма образца ДМЭГ.

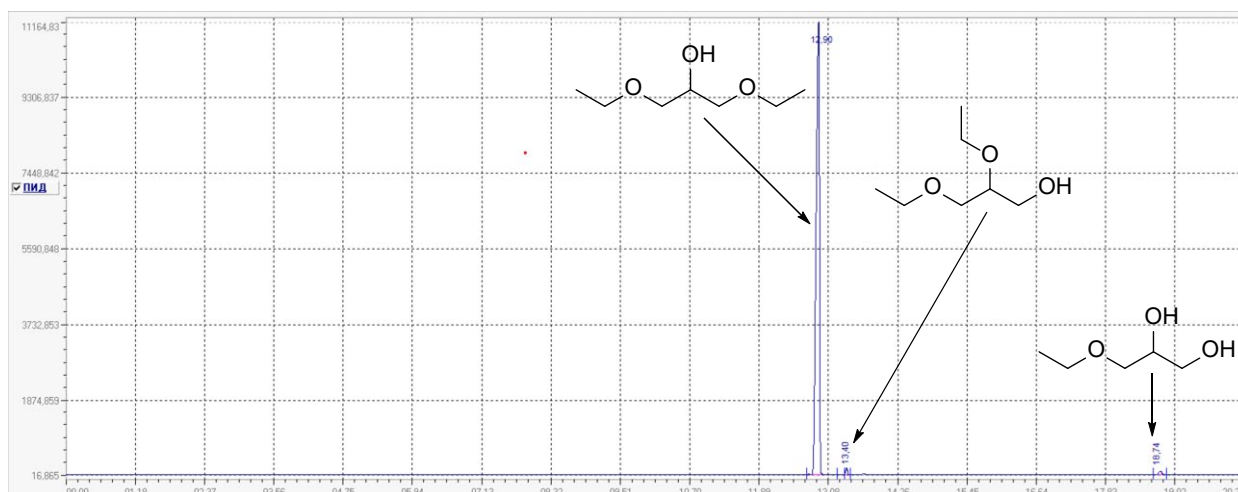


Рисунок А.2. ГХ-ПИД хроматограмма образца ДЭЭГ.

## Приложение В. Свойства коммерческого образца биодизеля В<sub>100</sub> FAME.

Таблица В.1. Состав жирных кислот и содержание глицерина в образце биодизеля В<sub>100</sub>, определенных методом ГХ-ПИД.

Компонент	Содержание, % мас.
Метилвый эфир миристиновой кислоты	2.3
Метилвый эфир пальмитиновой кислоты	7.9
Метилвый эфир стеариновой кислоты	3.3
Метилвый эфир олеиновой кислоты	38.1
Метилвый эфир линолевой кислоты	47.7
Глицерин	0.1

## Приложение С. Исходные данные (био) дизельных смесей

### Низкотемпературные свойства

Таблица С.1. Исходные данные и средние значения (СЗ) измеренных низкотемпературных свойств.

Образец	Т <sub>заст.</sub> , °C			Т <sub>пом.</sub> , °C			ПТФ, °C		
	Значение 1	Значение 2	СЗ	Значение 1	Значение 2	СЗ	Значение 1	Значение 2	СЗ
Базовые топлива									
В <sub>100</sub>	-4	-4	-4,0	1	1	1,0	-5	-6	-6,0
В <sub>0</sub>	-8	-7	-7,5	-2	-1	-1,5	-5	-5	-5,0
В <sub>1</sub>	-39	-40	-39,5	-20	-20	-20,0	-25	-25	-25,0
Смеси биодизеля В <sub>100</sub> FAME + петродизеля									
В <sub>20</sub> (с летним петродизелем В <sub>0</sub> )	-7	-7	-7,0	-2	-1	-1,5	-4	-4	-4,0
В <sub>20</sub> (с зимним петродизелем В <sub>1</sub> )	-24	-25	-24,5	-15	-15	-15,0	-28	-27	-27,5
Смеси эфиров глицерина + летний петродизель В <sub>0</sub>									
5% ДМЭГ	-9	-9	-9,0	-2	-1	-1,5	-5	-5	-5,0
10% ДМЭГ	-9	-8	-8,5	3	2	2,5	-6	-7	-6,5
5% ДЭЭГ	-9	-9	-9,0	-2	-1	-1,5	-5	-6	-5,5
10% ДЭЭГ	-9	-9	-9,0	0	-1	-0,5	-5	-5	-5,0
Смеси эфиров глицерина + биодизеля В <sub>100</sub> FAME									
5% ДМЭГ	-4	-4	-4,0	-1	-1	-1,0	-7	-7	-7,0
10% ДМЭГ	-6	-5	-5,5	-1	-1	-1,0	-7	-7	-7,0
15% ДМЭГ	-6	-5	-5,5	-1	-2	-1,5	-8	-9	-8,5
20% ДМЭГ	-6	-6	-6,0	-3	-2	-2,5	-7	-8	-7,5
40% ДМЭГ	-7	-7	-7,0	-3	-3	-3,0	-8	-8	-8,0
5% ДЭЭГ	-4	-4	-4,0	-1	-1	-1,0	-8	-8	-8,0
10% ДЭЭГ	-4	-4	-4,0	-1	-1	-1,0	-6	-7	-6,5
15% ДЭЭГ	-4	-4	-4,0	-2	-1	-1,5	-10	-9	-9,5
20% ДЭЭГ	-6	-5	-5,5	-2	-1	-1,5	-9	-8	-8,5
40% ДЭЭГ	-8	-7	-7,5	-4	-3	-3,5	-8	-9	-8,5
Смеси эфиров глицерина + зимний петродизель В <sub>1</sub>									
5% ДМЭГ	-44	-44	-44,0	15	15	15,0	-27	-27	-27,0
10% ДМЭГ	-45	-46	-46,0	12	13	13,0	-26	-26	-26,0
5% ДЭЭГ	-48	-48	-48,0	-19	-20	-20,0	-26	-26	-26,0
10% ДЭЭГ	-49	-48	-49,0	-21	-21	-21,0	-27	-27	-27,0

Трехкомпонентные смеси с летним петродизелем В <sub>0</sub>									
ДМЭГ									
В18/2	-10	-11	-10,5	1	0	0,5	-4	-4	-4,0
В16/4	-10	-10	-10,0	-1	0	-0,5	-4	-4	-4,0
В12/8	-9	-9	-9,0	-1	0	-0,5	-4	-4	-4,0
В10/10	-9	-9	-9,0	0	0	0,0	-8	-8	-8,0
ДЭЭГ									
В18/2	-10	-10	-10,0	0	1	0,5	-4	-4	-4,0
В16/4	-11	-10	-10,5	0	0	0,0	-3	-4	-3,5
В12/8	-9	-10	-9,5	-1	0	-0,5	-4	-4	-4,0
В10/10	-9	-9	-9,0	1	0	0,5	-7	-8	-7,5
Трехкомпонентные смеси с зимним петродизелем В <sub>1</sub>									
ДМЭГ									
В16/4	-24	-25	-25,0	-19	-19	-19,0	-28	-28	-28,0
В10/10	-29	-28	-29,0	-17	-16	-17,0	-27	-26	-27,0
ДЭЭГ									
В16/4	-25	-26	-26,0	-17	-17	-17,0	-27	-28	-28,0
В10/10	-30	-31	-31,0	-15	-14	-15,0	-29	-29	-29,0

### Измерение плотности

Прибор: «ВИП-2МР» вибрационный плотномер ('Термэкс', Томск, Россия).

Калибровка:

- Сухой воздух, T=20°C, индивидуальные значения 0.0012; 0.0012; 0.0012 г/мл; контрольное значение 0.0012 г/мл.
- Дистиллированная вода (стандартный контрольный образец), T=20°C, индивидуальные значения 0.9982; 0.9982; 0.9982 г/мл; контрольное значение 0.9982 г/мл.

Исходные данные плотности смесей эфиров глицерина с (био)дизелем представлены в таблице С.2.

Таблица С.2. Исходные данные по плотности образцов смесей (био)дизельного топлива.  
СЗ – среднее значение

Образец	Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>			
	Значение 1	Значение 2	Значение 3	СЗ
Базовые топлива				
В <sub>100</sub>	889,5	889,5	889,5	889,5
В <sub>0</sub>	835,1	835,1	835,1	835,1
Смесь биодизеля В <sub>100</sub> FAME + петродизель				
В <sub>20</sub> (с летним петродизелем В <sub>0</sub> )	845,5	845,5	845,5	845,5

Смеси эфиров глицерина + летний петродизель B <sub>0</sub>				
5% ДМЭГ	840,6	840,6	840,6	840,6
10% ДМЭГ	846,6	846,6	846,6	846,6
5% ДЭЭГ	838,4	838,4	838,4	838,4
10% ДЭЭГ	843,2	843,2	843,2	843,2
Смеси эфиров глицерина + биодизель B <sub>100</sub> FAME				
5% ДМЭГ	895,1	895,1	895,1	895,1
10% ДМЭГ	899,7	899,7	899,7	899,7
15% ДМЭГ	905,0	905,0	905,0	905,0
20% ДМЭГ	910,3	910,3	910,3	910,3
40% ДМЭГ	933,9	933,9	933,9	933,9
5% ДЭЭГ	892,1	892,1	892,1	892,1
10% ДЭЭГ	894,5	894,5	894,5	894,5
15% ДЭЭГ	896,7	896,7	896,7	896,7
20% ДЭЭГ	900,0	900,0	900,0	900,0
40% ДЭЭГ	911,8	911,8	911,8	911,8
Трёхкомпонентные смеси с летним петродизелем B <sub>0</sub>				
ДМЭГ				
B18/2	847,2	847,2	847,2	847,2
B16/4	848,6	848,6	848,6	848,6
B12/8	853,2	853,2	853,2	853,2
B10/10	853	853	853	852,5
ДЭЭГ				
B18/2	846,3	846,3	846,3	846,3
B16/4	847,1	847,1	847,1	847,1
B12/8	848,2	848,3	848,2	848,2
B10/10	848,4	848,4	848,4	848,4

## Измерения кинематической вязкости

**Прибор:** «ВПЖ-4» стеклянный капиллярный вискозиметр («ЭКРОС», Москва, Россия) С метрологическим сертификатом, Термостат КРИО-ВИС-Т-06-01 («Термекс», Томск, Россия).

**Калибровка:** для дополнительного контроля точности измерений измерялось вязкость подготовленной в лаборатории дистиллированной воды

Измеренные значения: 1.004 мм<sup>2</sup>/с при 20°C, 0.658 мм<sup>2</sup>/с at 40°C, 0.365 мм<sup>2</sup>/с при 80°C.

Эталонные значения: 1.0034 мм<sup>2</sup>/с при 20°C, 0.6579 мм<sup>2</sup>/с при 40°C, 0.3643 мм<sup>2</sup>/с при 80°C.

Эталонные значения были взяты из открытого источника Anton Paar (<https://wiki.anton-paar.com/be-en/water/>).

Исходные данные по вязкости образцов смесей глицериновых эфиров и (био)дизеля представлены в таблице С.3.

Таблица С.3. Исходные данные вязкость (био)дизельных смесей. СЗ – среднее значение.

Образец	Вязкость 20 °С, мм <sup>2</sup> /с		
	Значение 1	Значение 2	СЗ
Базовые топлива			
В <sub>100</sub>	5,41	5,409	5,4
В <sub>0</sub>	3,258	3,253	3,3
Смесь биодизеля В <sub>100</sub> FAME + петродизелем			
В <sub>20</sub> (с летним петродизелем В <sub>0</sub> )	3,585	3,590	3,6
Смеси эфиров глицерина + летний петродизель В <sub>0</sub>			
5% ДМЭГ	2,986	-	3,0
10% ДМЭГ	2,893	-	2,9
5% ДЭЭГ	3,064	-	3,1
10% ДЭЭГ	2,954	-	3,0
Смеси эфиров глицерина + биодизель В <sub>100</sub> FAME			
5% ДМЭГ	4,972	4,973	5,0
10% ДМЭГ	4,731	4,766	4,7
15% ДМЭГ	4,402	4,402	4,4
20% ДМЭГ	4,083	4,079	4,1
40% ДМЭГ	3,349	3,357	3,4
5% ДЭЭГ	5,154	5,215	5,2
10% ДЭЭГ	4,795	4,788	4,8
15% ДЭЭГ	4,638	4,652	4,6
20% ДЭЭГ	4,342	4,294	4,3
40% ДЭЭГ	3,570	3,571	3,6
Трёхкомпонентные смеси с летним петродизелем В <sub>0</sub>			
ДМЭГ			
В18/2	3,448	3,452	3,5
В16/4	3,252	3,267	3,3
В12/8	3,141	3,103	3,1
В10/10	-	2,619	2,619
ДЭЭГ			
В18/2	3,452	3,428	3,4
В16/4	3,365	3,367	3,4
В12/8	3,162	3,154	3,2
В10/10	-	3,069	3,069