

## ОЦЕНКА ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ДИЗЕЛЬНЫХ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ РЫЖИКА, СУРЕПИЦЫ И ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

**Сидоров Евгений Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Технический сервис и ремонт машин» ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина». 433431, Ульяновская область, Чердаклинский район, п. Октябрьский, ул. Студенческая, д. 24. Тел.: 8-927-820-45-59.

**Уханов Александр Петрович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика» ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия». 440014, г. Пенза, ул. Конструкторская, д. 2. Тел.: 8(8412) 62-85-17.

**Зеленина Ольга Николаевна**, канд. с.-х. наук, зав. лабораторией ГНУ «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» Россельхозакадемии. 442600, Пензенская область, п.г.т. Лунино. Тел.: 8-927-384-20-99.

**Ключевые слова:** дизель, топливо, масло, компонент, ультразвук.

*Приведены результаты исследований жирнокислотного состава рыжикового, сурепного и льняного масел и дизельных смесевых топлив на их основе. Дана оценка влияния ультразвука на жирнокислотный состав растительных масел и смесевых растительно-минеральных топлив.*

Одним из перспективных направлений повышения конкурентоспособности отечественного агропромышленного производства является работа по переводу автотракторной техники на дизельное смесевое топливо (ДСТ), получаемое путём смешивания минерального дизельного топлива (ДТ) и растительного масла (РМ) [1, 2]. Россия, как страна, имеющая значительные невозделываемые сельскохозяйственные площади и благоприятные условия для выращивания многих масличных культур, сможет не только обеспечить себя РМ, но и прочно занять ведущее место среди поставщиков альтернативных источников энергии биологического происхождения на мировой рынок.

В качестве биологического компонента для производства ДСТ наиболее изучено и широко внедрено в производство рапсовое масло [3,4]. Технология получения этого масла хорошо отлажена, однако агротехника возделывания рапса достаточно сложна и затратна. Поэтому в качестве альтернативных видов РМ могут являться рыжиковое, сурепное и льняное масла [5-10].

Для использования перечисленных РМ в качестве биологического компонента ДСТ, в первую очередь, необходимо оценить жирнокислотный состав РМ и ДСТ на их основе при различных объёмных соотношениях РМ и минерального ДТ.

*Цель исследований* – оценка жирнокислотного состава натуральных и озвученных масел (рыжикового, сурепного и льняного) и ДСТ. Для достижения поставленной цели была определена следующая задача – провести хроматографический анализ натуральных и озвученных масел (рыжикового, сурепного и льняного) и ДСТ на их основе.

**Объект исследований:** растительные масла рыжика, сурепицы и льна масличного, полученные методом холодного отжима, а также их смеси с летним минеральным ДТ в объёмном соотношении 25:75, 50:50, 75:25 и 90:10.

Содержание высокомолекулярных жирных кислот (ВЖК) растительных масел определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл 5000.1» в Пензенском НИИСХ Россельхозакадемии.

Сравнительный состав ВЖК масел рыжика, сурепицы и льна масличного приведен в таблице 1.

Таблица 1

## Сравнительный состав ВЖК масел рыжика, сурепицы и льна масличного

Наименование ВЖК	Химическая формула	Содержание ВЖК, %		
		рыжик	сурепица	лён
<b>Насыщенные</b>		<b>8,500</b>	<b>5,822</b>	<b>9,440</b>
Миристиновая	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,040	0,036	0,033
Пентадекановая	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,010	0,013	0,013
Пальмитиновая	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	4,300	3,322	5,250
Стеариновая	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	2,300	1,527	3,663
Арахиновая	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	1,040	0,460	0,133
Бегеновая	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	0,310	0,310	0,167
Лигноцериновая	C <sub>24</sub> H <sub>48</sub> O <sub>2</sub>	0,500	0,154	0,181
<b>Мононенасыщенные</b>		<b>26,400</b>	<b>56,000</b>	<b>15,966</b>
Пальмитоолеиновая	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,070	0,151	0,072
Олеиновая	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	12,730	44,564	15,560
Годоиновая	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	11,190	2,917	0,142
Эруковая	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	2,380	7,856	0,024
Нервоновая	C <sub>24</sub> H <sub>46</sub> O <sub>2</sub>	0,030	0,512	0,168
<b>Полиненасыщенные</b>		<b>65,090</b>	<b>38,184</b>	<b>74,597</b>
Линолевая	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	24,290	25,974	69,509
Эйкозодиеновая	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1,520	0,178	0,047
Докозодиеновая	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0,240	0,024	0,018
γ-линоленовая	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,010	0,004	0,002
α-линоленовая	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	36,920	11,954	5,016
Докозатриеновая	C <sub>22</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	0,240	0,035	0,001
Арахидоновая	C <sub>20</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1,870	0,015	0,004

В масле рыжика основными ВЖК являются полиненасыщенные α-линоленовая (37%) и линолевая (24%) кислоты, а также мононенасыщенные олеиновая (12,7%) и годоиновая (11%) кислоты.

Масло сурепицы по составу ВЖК отличается от масла рыжика высоким содержанием мононенасыщенных ВЖК и, прежде всего, высоким содержанием олеиновой кислоты (44,5%).

Отличительной особенностью масла льна масличного от масел рыжика и сурепицы является более низкое содержание мононенасыщенных кислот (16%) и повышенное содержание полиненасыщенных кислот (74,6%), основную долю которых составляет линолевая кислота (69,5%).

Суммарное содержание мононенасыщенных ВЖК составило в масле рыжика 26,4%, сурепицы – 56% и льна – 16%.

Добавление в исследуемые растительные масла летнего минерального топлива Л-02-62 привело к некоторому изменению содержания ВЖК в ДСТ (табл. 2-4).

Анализ данных таблицы 2 показывает, что при повышении в рыжико-минеральном топливе доли минерального ДТ до 75% увеличивается содержание пентадекановой, γ-линоленовой, эйкозодиеновой, эруковой и нервоновой кислот и уменьшается содержание стеариновой, линолевой и годоиновой кислот.

Из таблицы 3 следует, что с повышением в сурепно-минеральном топливе доли минерального ДТ происходит увеличение содержания пальмитиновой, γ-линоленовой, годоиновой и арахидоновой кислот.

Исследования ВЖК масла льна (табл. 4) показало, что при увеличении в ДСТ доли летнего минерального ДТ наблюдается увеличение содержания миристиновой, пентадекановой, пальмитиновой, γ-линоленовой и арахиновой кислот, при некотором снижении содержания пальмитоолеиновой, стеариновой, олеиновой и докозодиеновой кислот.

Представляет научный и практический интерес оценить влияние ультразвука на относительное содержание ВЖК в растительном масле и ДСТ (табл. 5-7).

Таблица 2

## Содержание ВЖК в рыжико-минеральном топливе

Наименование ВЖК	Относительное содержание ВЖК, %				
	доля масла в смеси, %				
	100	90	75	50	25
Миристиновая	0,04	0,006	0,03	0,03	0,01
Пентадекановая	0,01	0,0019	0,22	0,47	1,36
Пальмитиновая	4,30	4,254	4,22	4,23	4,23
Пальмитоолеиновая	0,07	0,026	0,09	0,11	0,17
Стеариновая	2,30	2,276	2,27	2,23	2,14
Олеиновая	12,73	13,531	12,65	12,60	12,09
Линолевая	24,29	24,240	24,15	23,96	23,92
γ-линоленовая	0,01	0,032	0,04	0,06	0,13
α-линоленовая	36,92	36,023	36,93	36,80	36,60
Арахидовая	1,04	1,049	1,04	1,04	1,03
Годоиновая	11,19	11,248	11,21	11,15	10,75
Эйкозодиеновая	1,52	1,523	1,55	1,56	1,62
Арахидоновая	1,87	1,828	1,88	1,87	1,85
Бегеновая	0,31	0,339	0,33	0,34	0,38
Эруковая	2,38	2,452	2,41	2,49	2,54
Докозодиеновая	0,24	0,016	0,22	0,21	0,21
Докозатриеновая	0,24	0,379	0,24	0,25	0,26
Лигноцериновая	0,50	0,143	0,51	0,53	0,56
Нервоновая	0,03	0,619	0,03	0,08	0,16

Таблица 3

## Содержание ВЖК в сурепно-минеральном топливе

Наименование ВЖК	Относительное содержание ВЖК, %				
	доля масла в смеси, %				
	100	90	75	50	25
Миристиновая	0,036	0,040	0,036	0,031	0,031
Пентадекановая	0,013	0,014	0,013	0,013	0,023
Пальмитиновая	3,322	3,329	3,346	3,353	3,589
Пальмитоолеиновая	0,151	0,151	0,158	0,152	0,143
Стеариновая	1,527	1,522	1,529	1,556	1,448
Олеиновая	44,564	44,711	44,403	44,181	43,854
Линолевая	25,974	25,878	26,147	26,090	26,427
γ-линоленовая	0,004	0,005	0,013	0,014	0,079
α-линоленовая	11,954	11,952	11,895	11,940	11,907
Арахидовая	0,460	0,464	0,460	0,458	0,412
Годоиновая	2,917	2,923	2,931	3,013	2,947
Эйкозодиеновая	0,178	0,171	0,176	0,172	0,135
Арахидоновая	0,015	0,016	0,020	0,031	0,076
Бегеновая	0,310	0,329	0,328	0,273	0,373
Эруковая	7,856	7,758	7,777	7,941	7,856
Докозодиеновая	0,024	0,026	0,028	0,026	0,023
Докозатриеновая	0,035	0,034	0,035	0,037	0,020
Лигноцериновая	0,154	0,174	0,207	0,217	0,198
Нервоновая	0,512	0,509	0,504	0,506	0,463

Таблица 4

## Содержание ВЖК в льняно-минеральном топливе

Наименование ВЖК	Относительное содержание ВЖК, %				
	доля масла в смеси, %				
	100	90	75	50	25
1	2	3	4	5	6
Миристиновая	0,033	0,033	0,033	0,040	0,069
Пентадекановая	0,013	0,013	0,015	0,020	0,022
Пальмитиновая	5,250	5,261	5,265	5,319	5,595
Пальмитоолеиновая	0,072	0,073	0,067	0,057	0,056
Стеариновая	3,663	3,657	3,658	3,649	3,567
Олеиновая	15,560	15,565	15,554	15,533	15,460
Линолевая	69,509	69,364	69,422	69,169	69,145
γ-линоленовая	0,002	0,008	0,013	0,046	0,084

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
α-линоленовая	5,016	5,179	5,136	5,253	5,061
Арахидиновая	0,133	0,144	0,147	0,162	0,190
Годоиновая	0,142	0,191	0,187	0,241	0,236
Эйкозодиеновая	0,047	0,053	0,060	0,059	0,058
Арахидиновая	0,004	0,013	0,012	0,019	0,018
Бегеновая	0,167	0,175	0,163	0,149	0,131
Эруковая	0,024	0,024	0,019	0,033	0,054
Докозодиеновая	0,018	0,018	0,014	0,008	0,005
Докозатриеновая	0,001	0,002	0,001	0,005	0,009
Лигноцеридовая	0,181	0,067	0,071	0,080	0,079
Нервоновая	0,168	0,164	0,165	0,161	0,167

Таблица 5

## Содержание ВЖК в озвученном рыжико-минеральном топливе

Наименование ВЖК	Относительное содержание ВЖК, %				
	доля масла в смеси, %				
	100	90	75	50	25
Миристиновая	0,039	0,042	0,026	0,026	0,519
Пентадекановая	0,011	0,023	0,015	0,022	0,178
Пальмитиновая	4,378	4,625	4,324	4,463	5,522
Пальмитоолеиновая	0,070	0,079	0,092	0,084	0,436
Стеариновая	2,475	2,265	2,271	2,255	2,190
Олеиновая	12,772	12,946	12,666	12,898	12,643
Линолевая	24,066	24,784	24,283	24,223	24,588
γ-линоленовая	0,027	0,023	0,025	0,039	0,261
α-линоленовая	36,625	37,932	36,661	36,797	34,614
Арахидиновая	1,054	0,942	1,054	1,016	1,039
Годоиновая	11,225	10,242	11,259	10,984	10,360
Эйкозодиеновая	1,513	1,397	1,536	1,481	1,573
Арахидиновая	1,841	1,711	1,855	1,804	1,554
Бегеновая	0,312	0,259	0,332	0,362	0,824
Эруковая	2,409	1,951	2,442	2,363	2,653
Докозодиеновая	0,019	0,018	0,032	0,130	0,275
Докозатриеновая	0,376	0,265	0,335	0,365	0,336
Лигноцеридовая	0,182	0,115	0,188	0,151	0,081
Нервоновая	0,610	0,411	0,609	0,544	0,358

Таблица 6

## Содержание ВЖК в озвученном сурепно-минеральном топливе

Наименование ВЖК	Относительное содержание ВЖК, %				
	доля масла в смеси, %				
	100	90	75	50	25
Миристиновая	0,039	0,039	0,033	0,034	0,038
Пентадекановая	0,013	0,013	0,012	0,013	0,018
Пальмитиновая	3,316	3,368	3,366	3,387	3,563
Пальмитоолеиновая	0,155	0,154	0,164	0,161	0,152
Стеариновая	1,532	1,556	1,536	1,559	1,544
Олеиновая	44,643	43,957	44,134	43,920	42,602
Линолевая	25,959	26,768	26,225	26,039	26,164
γ-линоленовая	0,009	0,007	0,016	0,019	0,068
α-линоленовая	11,745	11,700	11,925	12,181	13,073
Арахидиновая	0,466	0,464	0,460	0,465	0,461
Годоиновая	2,955	2,926	2,956	3,038	3,317
Эйкозодиеновая	0,177	0,178	0,169	0,183	0,215
Арахидиновая	0,015	0,015	0,021	0,033	0,073
Бегеновая	0,327	0,331	0,326	0,339	0,296
Эруковая	7,853	7,752	7,855	7,862	7,648
Докозодиеновая	0,026	0,026	0,031	0,031	0,018
Докозатриеновая	0,033	0,033	0,035	0,038	0,049
Лигноцеридовая	0,216	0,207	0,220	0,190	0,206
Нервоновая	0,525	0,511	0,521	0,511	0,500

Содержание ВЖК в озвученном льняно-минеральном топливе

Наименование ВЖК	Относительное содержание ВЖК, %				
	доля масла в смеси, %				
	100	90	75	50	25
Миристиновая	0,036	0,034	0,032	0,035	0,076
Пентадекановая	0,014	0,014	0,014	0,015	0,026
Пальмитиновая	5,256	5,272	5,285	5,280	5,566
Пальмитоолеиновая	0,074	0,074	0,071	0,069	0,082
Стеариновая	3,649	3,646	3,646	3,669	3,525
Олеиновая	15,566	15,635	15,553	15,479	15,616
Линолевая	69,041	68,960	69,282	69,135	67,754
γ-линоленовая	0,002	0,002	0,002	0,013	0,050
α-линоленовая	5,399	5,391	5,252	5,345	5,981
Арахидиновая	0,153	0,154	0,146	0,165	0,225
Годоиновая	0,259	0,257	0,224	0,266	0,465
Эйкозодиеновая	0,062	0,068	0,055	0,062	0,095
Арахидононовая	0,022	0,019	0,017	0,022	0,054
Бегеновая	0,172	0,170	0,153	0,152	0,129
Эруковая	0,039	0,046	0,028	0,044	0,121
Докозодиеновая	0,018	0,016	0,016	0,009	0,002
Докозатриеновая	0,005	0,003	0,003	0,005	0,010
Лигноцериновая	0,078	0,077	0,068	0,084	0,056
Нервоновая	0,160	0,165	0,158	0,158	0,170

Обработка растительных масел и ДСТ ультразвуком с частотой излучения 44 кГц привела к изменению в них содержания того или иного вида ВЖК.

Так, при обработке рыжикового масла ультразвуком произошло увеличение процентного содержания стеариновой (с 2,3 до 2,475%), докозатриеновой (с 0,24 до 0,376%) и нервоновой (с 0,03 до 0,512%) кислот, с одновременным уменьшением содержания линолевой (с 24,29 до 24,066%), α-линоленовой (с 36,92 до 36,625%), докозодиеновой (с 0,24 до 0,019%) и лигноцериновой (с 0,5 до 0,182%) кислот по сравнению с натуральным (необработанным ультразвуком) маслом. Аналогичная динамика наблюдается и при обработке ультразвуком рыжико-минерального топлива.

При обработке сурепного масла ультразвуком произошло увеличение процентного содержания олеиновой (с 44,564 до 44,643%), лигноцериновой (с 0,154 до 0,216%), с одновременным уменьшением содержания α-линоленовой (с 11,954 до 11,745%) кислоты по сравнению с натуральным (необработанным ультразвуком) маслом. При этом необходимо отметить, что при обработке ультразвуком сурепно-минерального топлива динамика несколько меняется. Так, например, при обработке ультразвуком сурепно-минерального топлива с долей масла в смеси равной 25% отмечается увеличение содержания α-линоленовой (с 11,907 до 13,073%), годоиновой (с 2,947 до 3,317%) и эйкозодиеновой (с 0,135 до 0,215%) кислот, с одновременным уменьшением содержания олеиновой (с 43,854 до 42,602%), линолевой (с 26,427 до 26,164%), бегеновой (с 0,373 до 0,296%) и эруковой (с 7,856 до 7,648%) кислот.

При обработке льняного масла ультразвуком произошло увеличение процентного содержания α-линоленовой (с 5,016 до 5,399%) и годоиновой (с 0,142 до 0,259%) кислот, с одновременным уменьшением содержания линолевой (с 69,509 до 69,041%) и лигноцериновой (с 0,181 до 0,078%) кислот по сравнению с натуральным (необработанным ультразвуком) маслом. Аналогичная динамика наблюдается и при обработке ультразвуком рыжико-минерального топлива.

Таким образом, в результате лабораторных исследований определён жирнокислотный состав натуральных и озвученных масел (рыжикового, сурепного и льняного) и ДСТ на их основе. Использование полученных результатов позволяет определить теплотворные свойства исследованных масел и ДСТ и рассчитать основные показатели рабочего процесса дизеля.

#### Библиографический список

1. Федоренко, В. Ф. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, С. А. Нагорнов, А. П. Зазуля. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 136 с.
2. ГОСТ Р 52808-2007. Нетрадиционные технологии. Энергетика биотопливо. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2008. – 25 с.
3. Уханов, А. П. Рапсовое биотопливо : монография / А. П. Уханов, В. А. Рачкин, Д. А. Уханов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2008. – 229 с.
4. Савельев, Г. С. Производство и использование биодизельного топлива из рапса : монография. – М. : ГНУ ВИМ, 2007. – 96 с.

5. Уханов, А. П. Дизельное смесевое топливо : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Д. С. Шеменев. – Пенза : РИО ПГСХА, 2012. – 147 с.
6. Киреева, Н. С. Обоснование использования биотопливных композиций в качестве моторного топлива на тракторах сельскохозяйственного назначения : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Киреева Наталья Сергеевна. – Пенза : ПГСХА, 2009. – 19 с.
7. Голубев, В. А. Эффективность использования тракторного агрегата при работе на горчично-минеральном топливе : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Голубев Владимир Александрович. – Пенза : ПГСХА, 2012. – 23 с.
8. Уханов, А. П. Работа тракторного дизеля на смесевом топливе / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, В. А. Рачкин, В. А. Иванов // Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей, тракторов и двигателей : сб. науч. тр. Международной НТК. – СПб. : СПбГАУ, 2008. – С. 103-109.
9. Уханов, А. П. Экспериментальная оценка влияния смесевое топлива на показатели рабочего процесса дизеля / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров, Л. И. Сидорова, Е. Д. Година // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – №3. – С. 33-38.
10. Уханов, А. П. Оценка влияния смесевое редьково-минерального топлива на эффективные показатели дизеля / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров, Л. И. Сидорова, Е. Д. Година // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники : сб. материалов 25 Международного науч.-техн. семинара им. В. В. Михайлова. – Саратов : СГАУ, 2012. – С. 267-272.