

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИЗЕЛЬНОГО СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА
НА ОСНОВЕ РИЦИНОВОГО МАСЛА**

**THEORETICAL STUDY OF THE INDICATORS OF WORK OF TRACTOR DIESEL
WHEN USING DIESEL MIXTURE FUEL ON THE BASIS OF RICHIN OIL**

А.А. Садов, аспирант,

Л.А. Новопашин, кандидат технических наук, доцент,

Л.В. Денежко, кандидат технических наук, доцент,

Ю.В. Панков, кандидат химических наук, доцент

Уральского государственного аграрного университета

(г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Рецензент: В.П. Новоселов, кандидат технических наук, доцент

Уральского государственного федерального университета,

Аннотация

Актуальность данного вопроса подтверждается многочисленными исследованиями альтернативных моторных топлив, в частности, из возобновляемых источников сырья (биомассы), изучаемых в различных регионах Российской Федерации и за границей.

В качестве сырья для получения дизельных смесевых топлив привлекательны масленичные культуры, неиспользуемые в пищевой промышленности, как, например, сафлор, рыжик, рапс, сурепица, крамбе абиссинская и клещевина [7, 13, 18].

На данный момент в Российской Федерации растет потребность в рициновом масле, используемом в военной, химической, машиностроительной, радиоэлектронной, полиграфической, лакокрасочной, медицинской, косметической и других отраслях промышленности. В результате переработки плодов клещевины путем холодного отжима в остаточном шроте или лузге остается порядка 10% масла, которое возможно выделить путем переработки шрота по технологии экстракции с получением технического рицинового масла с возможностью применения как сырья для получения лакокрасочных, смазочных материалов и дизельного смесевого топлива.

Однако вязкость рицинового масла на порядок выше, чем у дизельного топлива, поэтому его необходимо применять в смеси с маловязкими компонентами. В качестве добавки к рициновому маслу могут быть использованы минеральное нефтяное топливо и биоэтанол, благодаря которым значительно снижается вязкость смеси, снижается температура помутнения и

кристаллизации, что делает ее пригодной к использованию в стандартных дизельных системах питания с точки зрения качественного распыла, низкотемпературных свойств [3].

В качестве дизельного смесового топлива исследована смесь рицинового масла (РицМ), и летнего дизельного топлива согласно ГОСТ 305-2013. На основании проведенного теплового расчета определены показатели рабочего цикла, показаны зависимости от концентрации компонентов смесового топлива. По результатам теоретического расчета проведено сравнение полученных показателей с дизельным топливом [15].

Ключевые слова: рициновое масло, касторовое масло, дизельное смесовое топливо, дизель, двигатель внутреннего сгорания, смеси, теоретический расчет, мощность, экономичность, альтернативный вид моторных топлив.

Abstract

The relevance of this issue is confirmed by numerous studies of alternative motor fuels in particular from renewable sources of raw materials (biomass) studied in various regions of the Russian Federation and abroad.

As a raw material for the production of diesel blended fuels, Maslenica cultures not used in the food industry are attractive, such as safflower, redhead, rape, prune, Abyssinian crumb and castor oil [7, 13, 18].

At present, there is a growing need in the Russian Federation for ricin oil used in military, chemical, machine-building, radio electronic, printing, paint, medical, cosmetic and other industries. As a result of the processing of castor beans by cold pressing in residual meal or husk, there remains about 10% of the oil that can be recovered by processing the meal using extraction technology to produce a technical ricin oil with the possibility of using it as a raw material for the production of paint and varnish, lubricants and diesel mixed fuel.

However, the viscosity of ricin oil is an order of magnitude higher than that of diesel fuel, so it must be used in a mixture with low-viscosity components. As an additive to ricin oil, mineral oil fuel and bioethanol can be used due to which the viscosity of the mixture decreases significantly, the cloud point and crystallization temperature decreases and makes it suitable for use in standard diesel power systems in terms of high-quality spraying, low-temperature properties [3].

As a diesel mixed fuel, a mixture of ricin oil (RitzM), bioethanol and summer diesel fuel according to GOST 305-2013 was investigated. On the basis of the performed heat calculation, the operating cycle indices are determined, the dependences on the concentration of the components of the mixture fuel are shown. Based on the results of the theoretical calculation, the obtained indicators were compared with diesel fuel.

Keywords: ricin oil, castor oil, diesel mixed fuel, diesel, internal combustion engine, mixtures, theoretical calculation, power, economy, alternative type of motor fuels.

За последние годы ученые всего мира проявили высокий интерес к альтернативным видам топлив, получаемых из возобновляемых ресурсов, в частности, из биомассы. Это обусловлено ежегодным увеличением количества техники, использующей дизельные ДВС, в результате эксплуатации которых ежегодно ухудшается экологическая ситуация регионов. В частности, загрязнение окружающей среды происходит такими веществами, как угарный газ, углекислый газ, сажевые частицы и др. [2, 5, 9, 11].

Физико-химические показатели растительных масел и биоэтанола существенно отличаются от характеристик дизельного топлива [1, 4, 14, 17]. Это повышенная вязкость и плотность у масел, а также повышенная температура вспышки у биоэтанола и масла растительного происхождения.

Смесевое топливо имеет преимущество перед нефтяными минеральными: данный вид топлива значительно снижает количество требуемого нефтяного сырья, основная часть топлива изготавливается из возобновляемой биомассы [2, 8, 10].

В данное время наиболее исследованным источником растительного сырья является рапс. Однако заслуживает внимания применение масел и других масленичных культур. На данный момент в Российской Федерации растет потребность в рициновом масле в военной, химической, машиностроительной, радиоэлектронной, полиграфической, лакокрасочной, медицинской, косметической и других отраслях промышленности. В связи с проводимой политикой по импортозамещению растут и потребности масла в РФ, так как основная доля рицинового масла на рынке производится в Индии, можно считать, что техническое рициновое масло может являться перспективным конкурентом другим растительным маслам, исследованным как компоненты ДСТ [1, 18, 6].

Клещевина относится к роду многолетних растений семейства молочайных. Этот род представлен одним видом – клещевина обыкновенная (*Ricinus communis*), который подразделяется на несколько подвидов.

В тропических и субтропических странах клещевину выращивают как многолетнюю или однолетнюю культуру, в районах с умеренным климатом – только как однолетнюю.

В севообороте клещевину размещают после озимой пшеницы, озимого ячменя, кукурузы и зернобобовых. Сама клещевина – хороший предшественник для яровых зерновых культур.

Сорт клещевины Хортицкая 1 является среднеспелым, растения средней высоты, слабо-фиолетовые, закладывают плотную кисть на 8-10 узле. Штамб высотой 50-70 см. Хортицкая 1 высокоустойчива к фузариозу, приспособлена для механизированной уборки. Масличность семян 51-52%. Урожайность 1.2-1.5 т/га.

В результате переработки плодов клещевины путем холодного отжима в остаточном шроте остается порядка 10% масла, которое возможно выделить путем переработки шрота по технологии экстракции или переработки плодов путем горячего отжима с получением технического рицинового масла с возможностью применения как сырья для получения лакокрасочных материалов и дизельного смесевоего топлива.

Однако вязкость и плотность рицинового масла в разы выше, чем у дизельного топлива. Но при добавлении в техническое рициновое масло дизельного топлива или биоэтанола наблюдается улучшение данных показателей [6, 12, 16].

Цель данной работы – проанализировать влияние дизельного смесевоего топлива на основе рицинового масла различного состава на экономические, мощностные показатели рабочего цикла дизельного двигателя Д-240.

Нами был проведен тепловой расчет двигателя Д-240 с использованием трех топливных смесей следующего состава: РицМ+ДТ соответственно (15+85); (20+80); (25+75)%. Результаты расчетов представлены в таблице 1

Таблица 1

**Показатели рабочего цикла дизельного двигателя
при использовании смесей различной концентрации**

№	Показатели / Indicators	Дизельное топливо / diesel fuel	15% РицМ +85% ДТ 15% ricin oil / 85% diesel fuel	20% РицМ +80% ДТ 20% ricin oil 80% diesel fuel	25% РицМ +75% ДТ 25% ricin oil 75% diesel fuel
1	2	3	4	5	6
1.	Теплота сгорания топлива, МДж\кг Heat of combustion of fuel	42,5	41,37065	40,986	40,6013
2.	Теоретическое количество воздуха, кг\кг топлива Theoretical amount of air	14.35	13,94	13,80	13,67
3.	Теплота сгорания горючей смеси МДж\кг The heat of combustion of the combustible mixture	1.8874	1.8882	1.88876	1.8880
4.	Коэффициент молекулярного изменения	1,041	1,04283771	1,04334192	1,043856

	Coefficient of molecular change				
5.	Температура сгорания, ⁰ К Combustion temperature	2158,0	2168,5	2168	2167,5
6.	Среднее эффективное давление, Мпа Mean effective pressure	0.7233	0.709635	0.71	0,71035
7.	Эффективный КПД Effective performance	0.363	0,351645	0,3517	0,35174
8.	Эффективный удельный расход топлива, г\кВт Effective unit flow	233,3	247,46	249,74	252,08
9.	Эффективная мощность, кВт Effective Power	63,0	61,80	61,83	61,86
10.	Изменение мощности, % Power change	-	-1,91	-1,86	-1,81
11.	Изменение удельного расхода топлива, % Change in specific consumption	-	+6,07	+7,048	+ 8,05

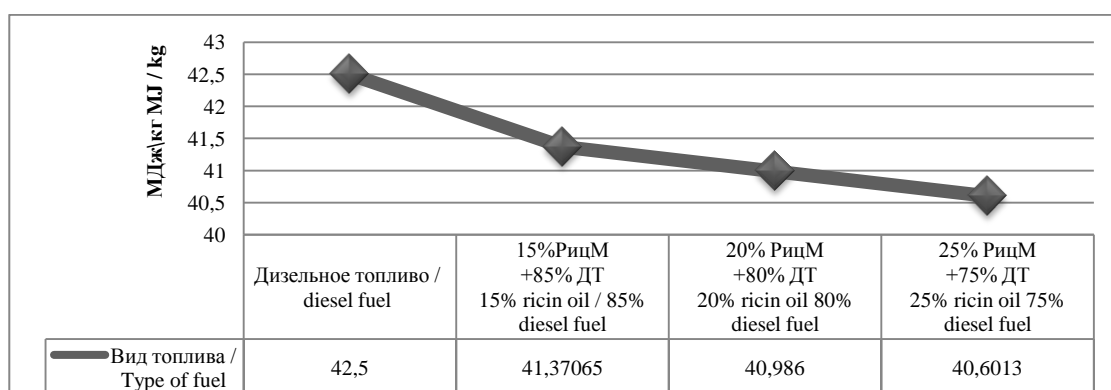


Рисунок 1. Изменение теплоты сгорания исследуемых смесей

При анализе расчетов заметно снижение теплоты сгорания у исследуемых смесей на 2.6% по сравнению с дизельным топливом. При изменении доли масла на 5% показатель теплоты сгорания в среднем изменяется на 0,93%.

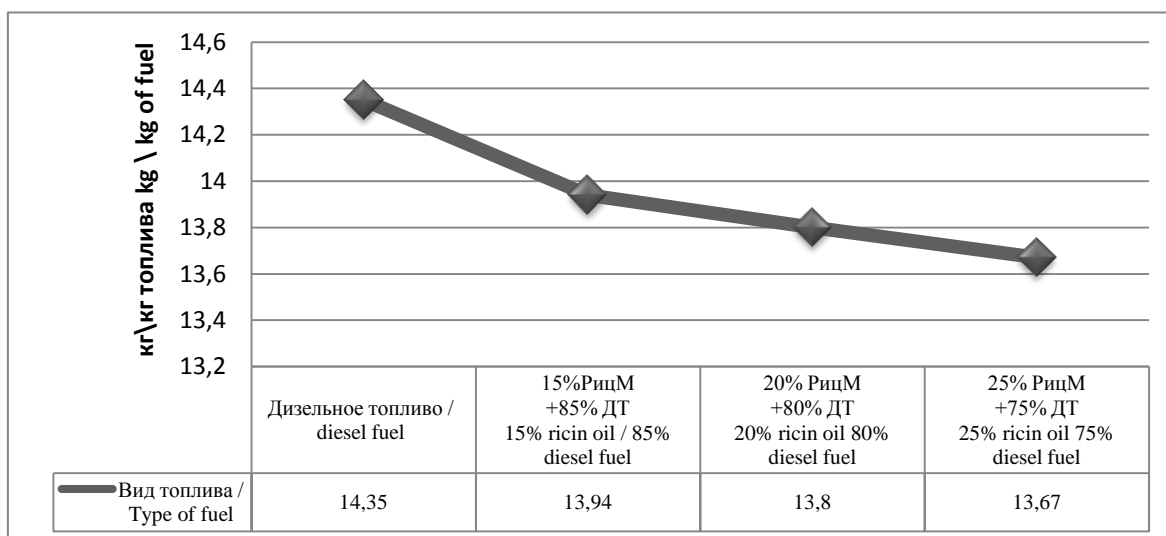


Рисунок 2. Изменение количества воздуха необходимое для сгорания

При применении смесей на основе рицинового масла снижается требуемое количество воздуха для сгорания смеси: согласно расчетам, в сравнении с дизельным топливом снижается на 2,86%, при этом потребное количество воздуха снижается по мере увеличения концентрации масла в смеси. Это обусловлено большим содержанием кислорода согласно элементному составу $C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)_3$ рицинового масла по сравнению с дизельным топливом [4, 7].

При этом было выявлено, что теплота сгорания горючей смеси сравнительно мало изменяется, что связано с уменьшением количества молей продуктов сгорания.

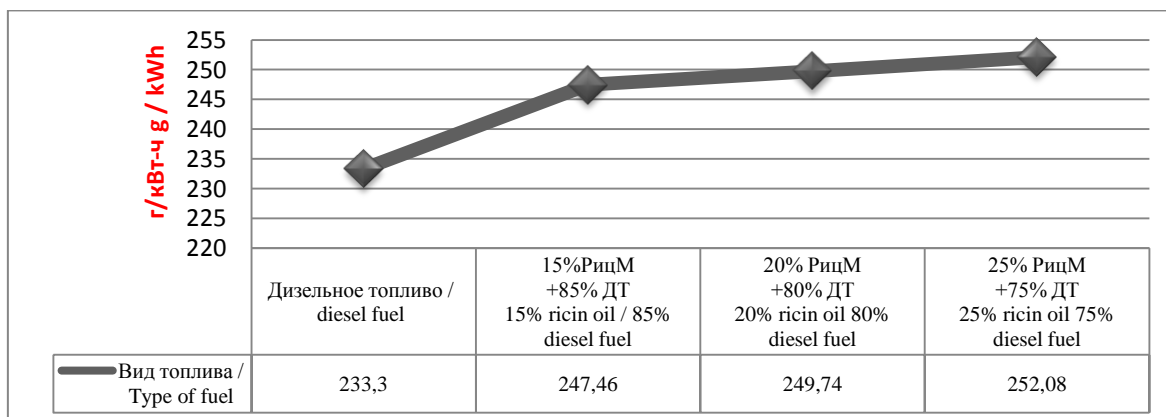


Рисунок 3. Изменение удельного расхода топлива

Удельный расход топлива значительно увеличивается на 6,07% в сравнении с дизельным топливом, и выявлена закономерность: при увеличении концентрации масла на каждые 5% расход возрастает на 2,3 г/кВт-ч.

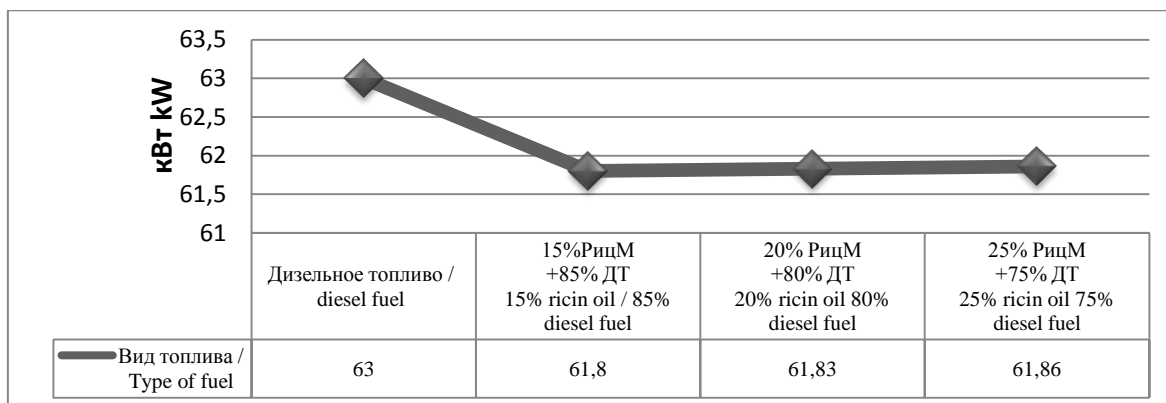


Рисунок 4. Изменение эффективной мощности

Имеет место незначительное уменьшение мощности по сравнению с работой двигателя на дизельном смесевом топливе: в среднем на 1,86-1,91% в зависимости от концентраций используемых компонентов.

Выводы.

Таким образом, дизельное смесевое топливо на основе рицинового масла имеет возможность применения на дизельных двигателях внутреннего сгорания, согласно проведенным расчетам имеет схожие показатели с смесями на основе рапсового, горчичного, соевого масла. Данные исследования будут интересны предприятиям по выращиванию и переработке клещевины с целью снижения затрат на ГСМ. Но имеет смысл для уменьшения доли нефтяной основы и повышения экологичности работы ДВС провести исследования по добавлению биоэтанола.

Теоретические расчеты рабочего цикла дизельного двигателя при использовании смесей различной концентрации показывают:

1. Происходит снижение требуемого количества воздуха для сгорания смеси по мере увеличения концентрации масла в смеси.
2. Незначительное снижение мощности двигателя Д-240 на 1,86-1,91% при работе на дизельном смесевом топливе на основе рицинового масла по сравнению с дизельным топливом.
3. Экономичность двигателя ухудшается на 6,07% в сравнении с дизельным топливом или в среднем на 2,3 г/кВт-ч при увеличении доли масла в смеси на 5%.

Библиографический список

1. Марков В.А., Девянин С.Н., Каськов С.И. Оптимизация состава смесей нефтяного дизельного топлива с растительными маслами // Известия вузов. Машиностроение. 2016. №7 (676). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-sostava-smesey-neftyanogo-dizelnogo-topliva-s-rastitelnymi-maslami> (дата обращения: 22.01.2018).

2. Уханов А.П., Уханов Д.А., Адгамов И.Ф. Биотопливо для автотракторных дизелей из сафлорового масла // Нива Поволжья. 2016. №4 (41). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biotoplivo-dlya-avtotraktornyh-dizeley-iz-saflorovogo-masla> (дата обращения: 22.01.2018).
3. Уханов А. П., Уханов Д. А., Адгамов И. Ф. Исследование свойств биологических компонентов дизельного смесевоего топлива // Нива Поволжья. 2014. №1 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-svoystv-biologicheskikh-komponentov-dizelnogo-smesevogo-topliva> (дата обращения: 22.01.2018).
4. Панков Ю.В., Новопащин Л.А., Денежко Л.В., Садов А.А. Количественные соотношения и свойства смесевых систем углеводородного состава для дизельного двигателя // Аграрный вестник Урала. 2016. № 12 (154). С. 72-76.
5. Уханов А.П., Уханов Д.А., Адгамов И.Ф. Дизельное смесевое топливо: проблемы и инновационные разработки // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. Т. 1. № 2. С. 46-51.
6. Уханов Д.А., Адгамов И.Ф. Результаты моторных исследований дизеля д-243-648 при работе на сафлоро-минеральном топливе // В сборнике: ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ПРАКТИКА: ИННОВАЦИОННЫЙ АСПЕКТ Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. ФГБОУ ВПО "Пензенская государственная сельскохозяйственная академия". 2015. С. 76-80.
7. Денежко Л.В., Новопащин Л.А., Асанбеков К.А. Исследование рапсовых смесей различного состава в тракторном дизеле // Аграрный вестник Урала. 2015. № 1 (131). С. 53-54.
8. Плотников С.А., Черемисинов П.Н., Карташевич А.Н., Бирюков А.Л. Исследование работы автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом // Молочнохозяйственный вестник. 2017. №1 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-raboty-avtotraktornogo-dizelya-4chn-11-0-12-5-na-smesyah-dizelnogo-topliva-s-rapsovyim-maslom> (дата обращения: 22.01.2018).
9. Загородских Б. П. Работа тракторного двигателя на биотопливе // Известия НВ АУК. 2017. №2 (46). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rabota-traktornogo-dvigatelya-na-biotoplive-the-operation-of-the-tractor-engine-on-biofuel> (дата обращения: 22.01.2018).
10. Марков В.А., Нагорнов С.А., Девянин С.Н. Состав и теплота сгорания биотоплив, получаемых из растительных масел // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки». 2012. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostav-i-teplota-sgoraniya-biotopliv-poluchaemyh-iz-rastitelnyh-masel> (дата обращения: 22.01.2018).

11. Уханова Ю.В., Воскресенский А.А., Уханов А.П. Сравнительная оценка свойств растительных масел, используемых в качестве биодобавки к нефтяному дизельному топливу // Нива Поволжья. 2017. №2 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-svoystv-rastitelnyh-masel-ispolzuemyh-v-kachestve-biodobavki-k-neftyanomu-dizelnomu-toplivu> (дата обращения: 22.01.2018).
12. Марков В.А., Девянин С.Н., Каськов С.И. Оптимизация состава смесей нефтяного дизельного топлива с растительными маслами // Известия вузов. Машиностроение. 2016. №7 (676). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-sostava-smesey-neftyanogo-dizelnogo-topliva-s-rastitelnymi-maslami> (дата обращения: 22.01.2018).
13. Плотников С.А. Создание новых альтернативных топлив // Концепт. 2014. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-novyh-alternativnyh-topliv> (дата обращения: 22.01.2018).
14. Чибанда Э. К., Славуцкий В. М., Курапин А. В., Салыкин Е. А. Оценка влияния состава и свойств смесей дизельного топлива и пальмового масла на показатели процесса впрыскивания топлива в дизеле // Известия НВ АУК. 2017. №2 (46). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyanija-sostava-i-svoystv-smesey-dizelnogo-topliva-i-palmovogo-masla-na-pokazateli-protsesta-vpryskivaniya-topliva-v-dizele> (дата обращения: 22.01.2018).
15. Уханов А.П., Уханов Д.А., Адгамов И.Ф. Теоретический анализ энергозатрат машинно-тракторного агрегата при работе на дизельном смесевом топливе // Нива Поволжья. 2015. №1 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskiy-analiz-energozatrat-mashinno-traktornogo-agregata-pri-rabote-na-dizelnom-smesevom-toplive> (дата обращения: 22.01.2018).
16. Марков В.А., Девянин С.Н., Трифонов В.Л. Смесевое биотопливо с добавкой льняного масла для дизельных двигателей // Известия вузов. Машиностроение. 2015. №7 (664). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/smesevoe-biotoplivo-s-dobavkoy-lyanogo-masla-dlya-dizelnyh-dvigateley> (дата обращения: 22.01.2018).
17. Марков В.А., Маркова В.В., Сивачёв В.М., Сивачёв С.М. Оптимизация состава смесевых биотоплив на основе растительных масел для дизельных двигателей // Вестник ВолГУ. Серия 10: Инновационная деятельность. 2014. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-sostava-smesevykh-biotopliv-na-osnove-rastitelnyh-masel-dlya-dizelnyh-dvigateley> (дата обращения: 22.01.2018).
18. Lilibeth A. Acosta, Damasa B. Magcale-Macandog, K. S. Kavi Kumar, Xuefeng Cui, Elena A. Eugenio, Paula Beatrice M. Macandog, Arnold R. Salvacion and Jemimah Mae A. The

Role of Bioenergy in Enhancing Energy, Food and Ecosystem Sustainability Based on Societal Perceptions and Preferences in Asia. *Agriculture* 2016, 6(2), 19.

19. *Ngang E.A., Abbe C.V. Ngayihi.* Experimental and numerical analysis of the performance of a diesel engine retrofitted to use LPG as secondary fuel // *APPLIED THERMAL ENGINEERING*. MAY 2018. Vol. 136. Pp. 462-474.