8. Kibirov A.Ya., Novozhilova Zh.S. Organizational and economic mechanisms of innovative development of agro-industrial production of institutions of the penal system (UIS). Agro-food policy of Russia. 2016. No. 2 (50). p. 13-19

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Зазуля Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e- mail: zazulja_an@rambler.ru

Макаров Валентин Алексеевич – доктор технических наук, профессор Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, Россия, г. Рязань, e- mail: va_makarov@rambler.ru

Макарова Ольга Владимировна – доктор экономических наук, профессор Академии права и управления ФСИН России, Россия, г. Рязань, e-mail: m_ov_2302@bk.ru

Гаспарян Светлана Валентиновна – кандидат экономических наук, доцент Академии права и управления ФСИН России, Россия, г. Рязань, e-mail: gasparyan.svetlana@yandex.ru

Author credentials

Affiliation

Zazulya Alexander - Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: zazulja_an@rambler.ru

Makarov Valentin - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Russia, Ryazan, e-mail: va_makarov@rambler.ru

Makarova Olga Vladimirovna - Doctor of Economics, Professor of the Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service of Russia, Russia, Ryazan, e-mail: m_ov_2302@bk.ru

Gasparyan Svetlana - Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service of Russia, Russia, Ryazan, e-mail: gasparyan.svetlana@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 31.01.2022 Принята к публикации (Accepted): 09.02.2022

УДК 662.75
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-71-81

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО СМЕСИТЕЛЯ

[1]Мещеряков Александр Геннадьевич
[1]Мещерякова Юлия Владимировна
[1]Нагорнов Станислав Александрович

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Одно из перспективных направлений по улучшению качества дизельного топлива является комбинированная обработка топлива волновым воздействием в совокупности с добавлением биотоплива на основе некондиционных растительных масел и растительных масел непищевого происхождения. Комбинированная обработка позволяет изменять структуру и свойства исходного топлива без использования реагентов, а биодобавка улучшить экологические показатели качества топлива. Комбинирование ультразвуковых колебаний с многофакторным механовоздействием позволит добиться наилучшего результата. Проводили расчёт параметров ультразвуковой пластины (длина, толщина, угол заточки) и сопла ультразвукового излучателя (высота и ширина). Для подбора оптимальных размеров ультразвуковой пластины были введены параметры λ и λ1. По мере увеличения λ от 0,1 до 1 геометрическая форма сопла из выраженной прямоугольной переходит в квадратную форму. При прямоугольной форме сопла скорость потока жидко-*

сти на краях струи отличается от скорости в центре на величину погрешности. В случае квадратного сопла отличие скоростей на краях и в центре становится более выраженным. Таким образом, оптимальным можно считать λ взятую в диапазоне от 0,1 до 0,4. Выбор конкретного λ зависит от необходимых характеристик ультразвукового излучателя и давления в системе питания дизельного двигателя. Установлено, что при увеличении частоты колебаний длина колебательной пластины уменьшается. Наибольшая длина пластины требуется для дизельного топлива, и составляет 25 мм при 25 кГц. Наименьшая длина пластины для дизельного смесевого 50% топлива, а именно 7,41 мм при частоте колебания пластины 200 кГц. Таким образом, выбор параметров ультразвуковой пластины и сопла излучателя зависит от характеристик используемого топлива и топливной аппаратуры, в какую планируется встраивать смеситель.

Ключевые слова: *ультразвуковая пластина, сопло, параметры, смеситель, излучатель, топливо.*

CALCULATION AND INVESTIGATION OF PARAMETERS OF THE ULTRASONIC RADIATOR OF THE COMBINED MIXER

[1]Meshcheryakov Alexander
[1]Meshcheryakova Yulia
[1]Nagornov Stanislav
[1]FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Oil Products in Agriculture, Tambov

Abstract. *One of the promising directions for improving the quality of diesel fuel is the combined processing of fuel by wave action in conjunction with the addition of biofuels based on substandard vegetable oils and vegetable oils of non-food origin. Combined processing allows you to change the structure and properties of the original fuel without the use of reagents, and the bioadditive improves the environmental performance of fuel quality. The combination of ultrasonic vibrations with multifactorial mechanical action will achieve the best result. The parameters of the ultrasonic plate (length, thickness, sharpening angle) and the nozzle of the ultrasonic emitter (height and width) were calculated. The parameters λ and λ1 were introduced to select the optimal dimensions of the ultrasonic plate. As λ increases from 0.1 to 1, the geometric shape of the nozzle changes from a pronounced rectangular shape to a square one. With a rectangular nozzle, the fluid flow velocity at the edges of the jet differs from the velocity in the center by an error value. In the case of a square nozzle, the difference in velocities at the edges and in the center becomes more pronounced. Thus, λ taken in the range from 0.1 to 0.4 can be considered optimal. The choice of a specific λ depends on the required characteristics of the ultrasonic transducer and the pressure in the diesel engine power supply system. It has been established that with an increase in the oscillation frequency, the length of the oscillation plate decreases. The longest plate length required for diesel fuel is 25 mm at 25 kHz. The smallest plate length for diesel mixed 50% fuel, namely 7.41 mm at a plate oscillation frequency of 200 kHz. Thus, the choice of parameters of the ultrasonic plate and emitter nozzle depends on the characteristics of the fuel used and the fuel equipment into which the mixer is planned to be built.*

Keywords: *ultrasonic plate, nozzle, parameters, mixer, emitter, fuel.*

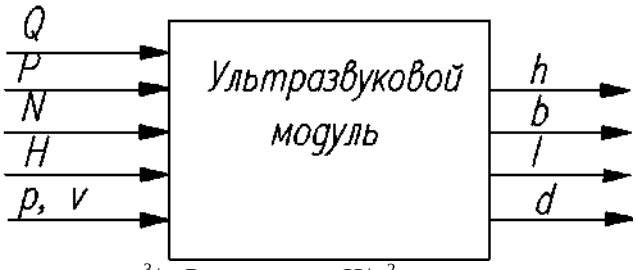
Введение. Использование дизельных двигателей в современном машиностроении позволяет повысить экономичность, мощность, надежность, долговечность эксплуатируемой техники, поэтому он нашел широкое применение в различных отраслях промышленно-экономического комплекса.

В агропромышленном комплексе основную долю ДВС составляют дизельные двигатели. Качество работы дизельного двигателя напрямую зависит от физико-химических свойств используемого топлива. В последнее время для улучшения свойств дизельного топлива применяется биодизельное топливо на основе метиловых эфиров различных растительных масел [1-7]. Одним из современных и перспективных направлений становится механическая обработка жидкости, которая способна без добавления специальных реагентов менять свойства обрабатываемой жидкости за счет волнового воздействия. Волновая или механическая обработка включает в себя кинематиче-

ское, кавитационное, ультразвуковое воздействие на обрабатываемое топливо в специальном сконструированном модуль-смесителе [8].

Целью данной работы является установление параметров ультразвуковой пластины (длина, толщина, угол заточки) и сопла ультразвукового излучателя (высота и ширина).

Материалы и методы. Объектом исследования является ультразвуковая пластина комбинированного модуль-смесителя для обработки дизельного и дизельного смесевого топлива с целью улучшения его свойств. На рисунке 1 представлены основные входные (полученные на основе предварительных экспериментальных данных на лабораторной установке) и выходные параметры ультразвуковой обработки. Зная некоторые параметры протекающей жидкости (дизельного топлива, смесевого топлива) и предварительные параметры ультразвуковой обработки, необходимо рассчитать параметры ультразвуковой пластины: высоту и ширину сопла, угол заточки пластины, длину и толщину ультразвуковой пластины.



Q – расход жидкости, м^3/с; P – давление, Н/м^2; ρ – плотность жидкости, кг/м^3;
ν – кинематическая вязкость жидкости, мм^2/с, N – мощность излучателя, кВт; H_{z1} – частота колебаний, кГц; h – высота сопла, м; b – ширина сопла, м; l – длина ультразвуковой пластины, м; d - толщина пластины, м; β – угол заточки пластины °.

Рисунок 1 – Основные параметры ультразвуковой обработки

Результаты и их обсуждение. Основные параметры рассчитывали по известным [9], формулам (1-6).

$$F = \frac{Q}{U} \tag{1}$$

где F – площадь сопла, м^2;
U – скорость истекающей жидкости, м/с
Q – расход жидкости.

$$F = h \cdot b \tag{2}$$

где h – высота сопла, м;
b – ширина сопла, м.

$$U = \mu\sqrt{2gh} \tag{3}$$

где μ – коэффициент потока жидкости
g – ускорение свободного падения, м/с^2
H – гидродинамический напор, МПа.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \tag{4}$$

где ν - кинематическая вязкость, мм^2/с;
ρ – плотность жидкости, кг/м^3.

$$\mathrm{H} = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} \tag{5}$$

где U – скорость истекающей жидкости
γ – удельный вес жидкости, Н/м^3
P – давление в центре тяжести сечения потока, Н/м^2
z – высота положения или геометрический напор - расстояние от произвольно выбранной горизонтальной плоскости сравнения до центра тяжести сечения.

$$\gamma = \rho \cdot g \tag{6}$$

После некоторых преобразований получаем следующую систему уравнений (7):

$$\begin{cases} F = \frac{Q}{U} \\ U = \nu\rho\sqrt{2gH} \\ H = z + \frac{P}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} \end{cases} \quad (7)$$

Если подставить второе уравнение системы в третье, получим уравнение (8):

$$H(1 - \nu^2\rho^2) = z + \frac{P}{\rho g} \quad (8)$$

Откуда уравнения (9-10),

$$U = \nu\rho\sqrt{\frac{z\rho g + P}{\rho g(1-\nu^2\rho^2)}} \quad (9)$$

$$F = \frac{Q}{\nu\rho}\sqrt{\frac{\rho g(1-\nu^2\rho^2)}{z\rho g + P}} \quad (10)$$

Введем коэффициент λ, учитывающий геометрию сопла (показывает отношение высоты к ширине сопла) и коэффициент λ_1, учитывающий отношение ширины сопла к толщине пластины (рисунок 2). Если λ=1 получаем частный случай квадрат.

Для сопла квадратной формы имеем (11)

$$h = b = \sqrt{F} \quad (11)$$

для прямоугольной (12-13):

$$b = \lambda H \quad (12)$$

$$h \cdot \lambda h = F \quad (13)$$

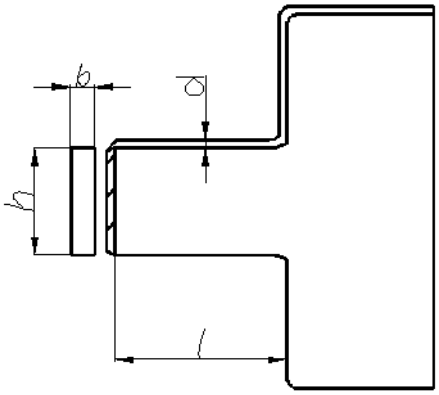


Рисунок 2 – Схема ультразвуковой пластины

Исходя из этого получаем следующую систему уравнений (14):

$$\begin{cases} b = \lambda h \\ \lambda h^2 = \frac{Q}{\nu\rho} \cdot \sqrt{\frac{\rho g(1-\nu^2\rho^2}{z\rho g + P}} \end{cases} \quad (14)$$

Известно [10], что (15)

$$N_{уз} = \frac{m}{2 \cdot 10^3 t}(U_2^2 - U_{max}^2) \quad (15)$$

где $N_{уз}$ – мощность ультразвукового излучателя, кВт

m – масса жидкости, г

t – время перемещения частицы на пути S, с

U_2 – средняя скорость частицы жидкости на участке перемещения пластины, м/с

U_{max} – скорость жидкости при которой закачивается кавитация, м/с.

$$t = \frac{1}{2f\mathrm{H}_{zp}} \quad (16)$$

где f – амплитуда колебания пластинки

H_{zp} – резонансная частота ультразвука, кГц

$$U_2 = 4f\mathrm{H}_{zp} \quad (17)$$

$$U_{mac} = U_2\sqrt{\frac{1}{k_k+1}}4f\mathrm{H}_{zp} \quad (18)$$

где k_k – критическое число кавитаций, для дизельного топлива 1,05…3,5

$$k_k = \frac{H_{\text{нп}}-\mathrm{H}_2}{\mathrm{H}_2} \quad (19)$$

где $H_{\text{нп}}$ – давление насыщенных паров дизельного топлива, 0,02 МПа

H_2 – гидродинамический напор, истекающей из сопла излучателя, МПа.

Если подставить формулы 16-18 в формулу 15 получим формулу 20:

$$N_{\text{уз}} = \frac{m\cdot 16f^3H_{zn}^3}{10^3}\cdot\frac{k_k}{k_k+1} \quad (20)$$

$$f = \frac{P_5l^3}{3EJ_z} \quad (21)$$

где P_5 – усилие, действующее на пластинку перпендикулярно оси заточки, создающее колебание пластины, Н;

l – длина консоли, м;

E – модуль упругости материала (в нашем случае $2\cdot10^5$ МПа), МПа;

J_z – момент инерции сечения, м^4.

$$P_5 = 2P\cdot sin\beta\cdot cos\beta = Psin2\beta \quad (22)$$

где β – половина угла заточки, °;

P – усилие, действующее на пластину, Н.

$$J_z = \frac{hb^3}{12} \quad (23)$$

где H – высота сечения, м;

b – ширина сечения, м.

Если подставить уравнение 22-23 в 21 получим уравнение (24):

$$f = \frac{2Psin2\beta l^3}{10^5hb^3} \quad (24)$$

$$P = \frac{E_{\text{кин}}}{S} = \frac{mQ^2}{2h^2b^2S} = \frac{mQ^2}{2h^3b^3} = \frac{\rho Q^3}{2gh^3b^3} \quad (25)$$

Подставим уравнение 25 в 24, получим уравнение 26.

$$f = \frac{\rho Q^3sin2\beta l^3}{10^5gh^4b^6} \quad (26)$$

$$H_{zn} = 2H_{z1} \quad (27)$$

где H_{z1} – частота колебания пластинки, кГц

$$\mathrm{H}_{z1} = \frac{22{,}4d}{2\pi l^3\sqrt{3}}\sqrt{\frac{E}{\rho_1}} \quad (28)$$

где l – длина пластины, м

d – толщина пластины, м

E – модуль упругости, МПа,

ρ_1 – плотность материала пластины, кг/м^3.

Для прямоугольной формы $b = \lambda h$, допустим, что $b = \lambda_1 d$, тогда $\lambda h = \lambda_1 d$, из этого следует $d = \frac{\lambda}{\lambda_1}h$ или уравнение (29)

$$d = \frac{\lambda}{\lambda_1}\sqrt{F} \quad (29)$$

Из формулы 28 и 29 получаем расчет длины пластины (31), через введённый коэффициент λ.

$$l = \sqrt{\frac{22{,}4\frac{\lambda}{\lambda_1}\sqrt{F}}{2\pi Hz_1}\sqrt{\frac{E}{\rho_1}}} \quad (31)$$

Из формулы 27 получаем формулу (32) для расчета угла заточки:

$$sin2\beta = \frac{f\cdot10^5\cdot gh^4\cdot b^6}{\rho Q^3l^3} \quad (32)$$

откуда половина угла заточки (33):

$$\beta = \frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{f\cdot10^5\cdot gh^4\cdot b^6}{\rho Q^3l^3}\right) \quad (33)$$

Для упрощения расчётов параметров ультразвукового излучателя и анализа различного рода зависимостей было написано программное обеспечение.

На рисунке 3 показана, зависимость площади сечения сопла ультразвукового модуля от давления, подаваемого насосом. С ростом процентного содержания биотоплива в дизельном топливе площадь сечения сопла убывает. За счет повышения давления возрастает расход жидкости, а это влечет за собой потребность в увеличении площади сечения сопла. С другой стороны, с ростом процентного содержания биотоплива в дизельном смесевом топливе возрастают вязкостно-плотностные характеристики топлива, из-за чего расход жидкости падает, а значит и площади сечения сопла уменьшаются.

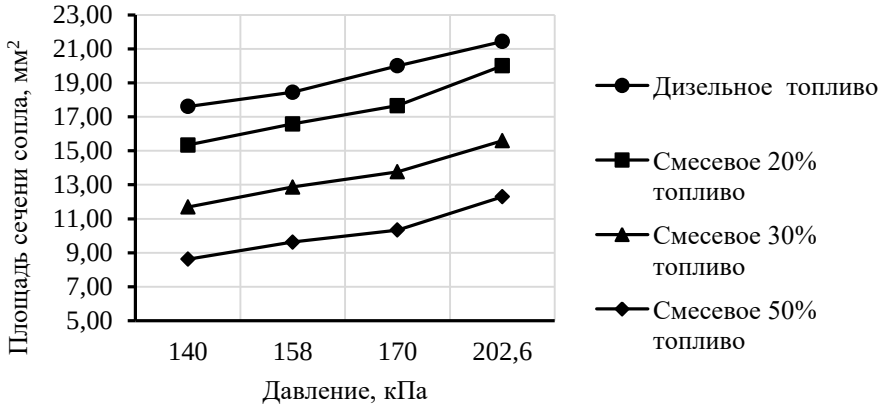
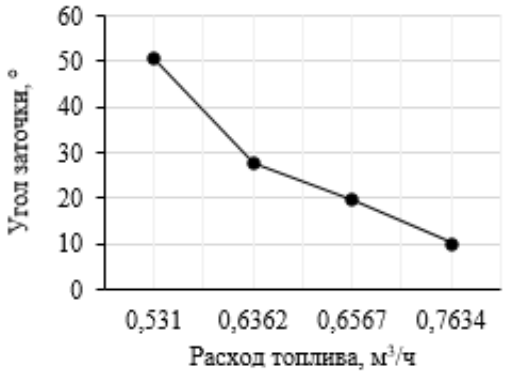
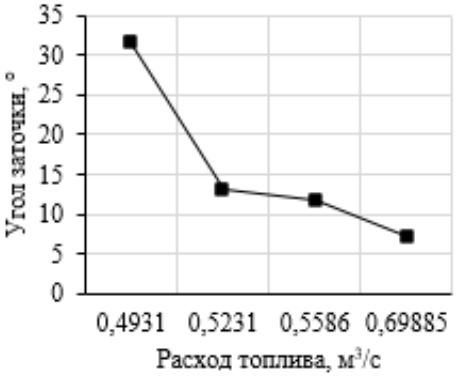


Рисунок 3 – Зависимость площади сечения сопла ультразвукового излучателя от давления, подаваемое насосом

Далее определяли угол заточки ультразвукового излучателя – пластины для разных видов дизельных смесевых топлив. На рисунке 4 а-г представлено изменение угла заточки от расхода топлива характерного для разных видов смесевых топлив при давлениях 140кПа, 158 кПа, 170 кПа, 202,6 кПа соответственно.



а) дизельное топливо



б) 20% дизельное смесевое топливо

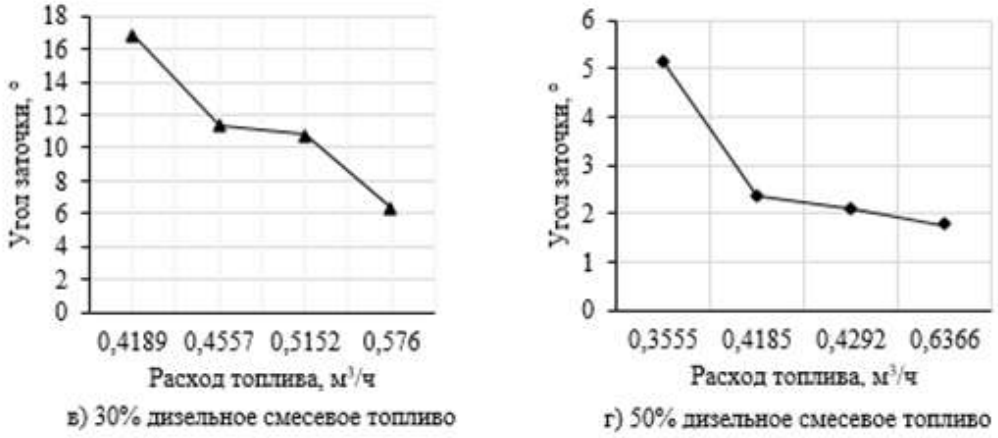


Рисунок 4 – Зависимость угла заточки от расхода топлива при λ=0,1, λ1=1,5

Установлено, что угол заточки для разных видов топлив отличается. Присутствует общая тенденция - с ростом расхода топлива угол заточки пластины уменьшается.

На рисунке 5 а-г при аналогичных параметрах по расходу, но других λ=0,3, λ1=1,5, угол заточки для дизельного топлива и дизельных смесевых 20%, 30%, 50% топлив уменьшается по сравнению с показателями при λ=0,1. Таким образом, по мере увеличения параметра λ, т.е., чем сопло ультразвукового излучателя шире и ниже, тем угол заточки пластины меньше.

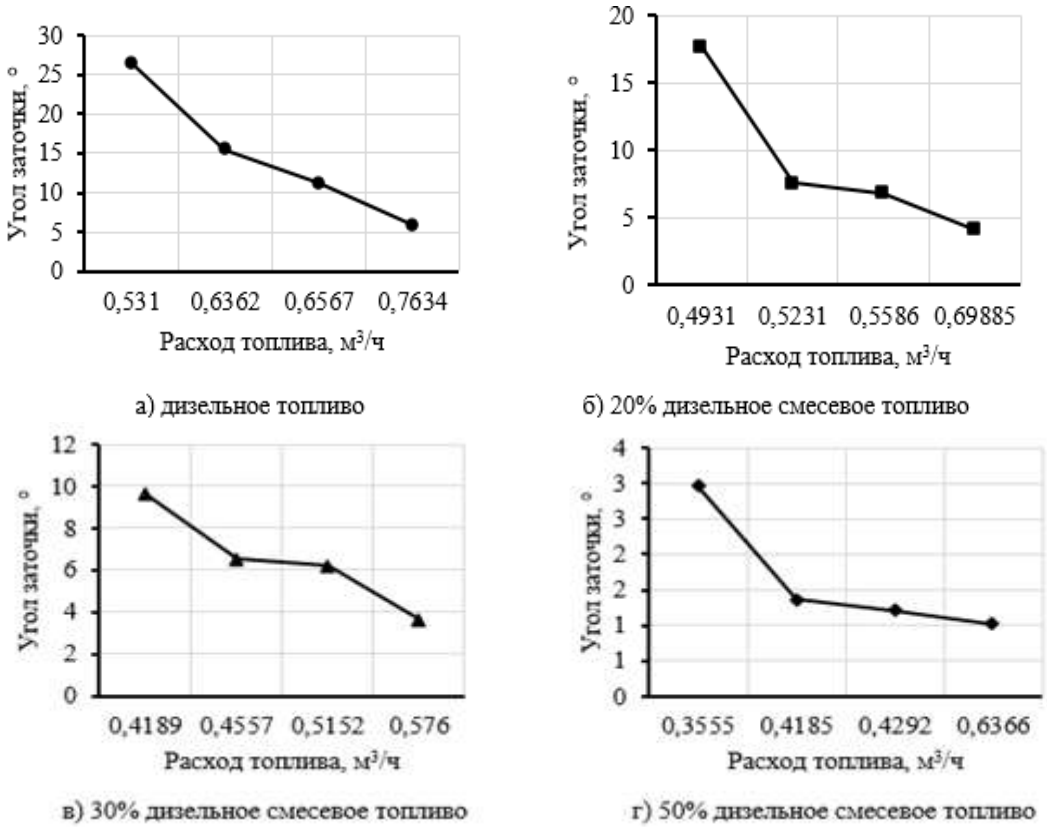
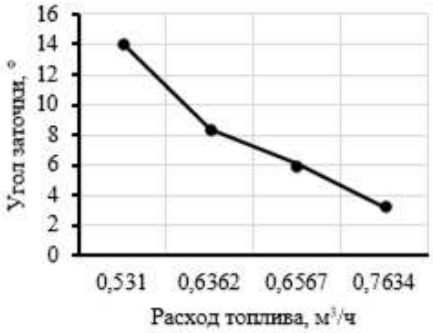
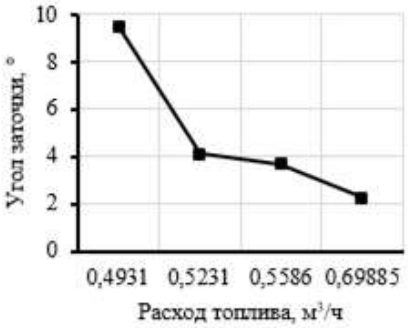


Рисунок 5 – Зависимость угла заточки от расхода жидкости при λ=0,3, λ1=1,5

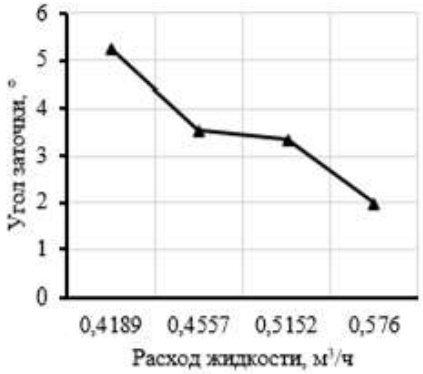
На рисунках 6 - 7 а-г видно, что при увеличении параметра λ1 (от 1 до 2,5) угол заточки ультразвуковой пластины для дизельного топлива и дизельных смесевых 20%, 30%, 50% топлив увеличивается. Следовательно, по мере уменьшения толщины пластины, угол заточки увеличивается.



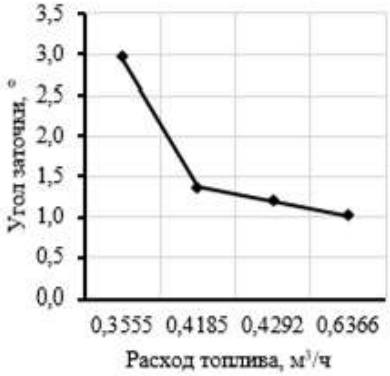
а) дизельное топливо



б) 20% дизельное смесевое топливо

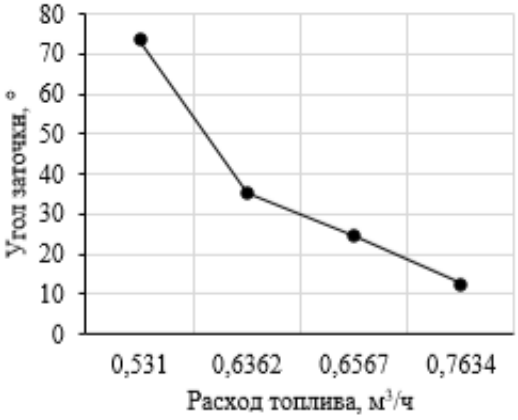


в) 30% дизельное смесевое топливо

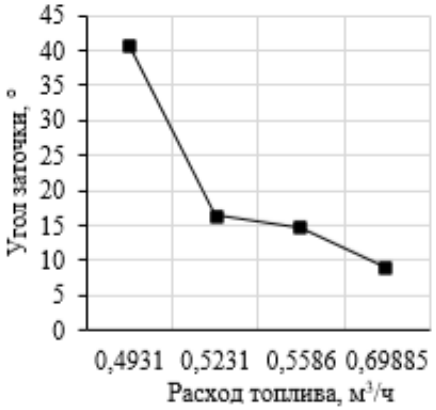


г) 50% дизельное смесевое топливо

Рисунок 6 – Зависимость угла заточки от расхода жидкости при λ=0,3, λ1=1



а) дизельное топливо



б) 20% дизельное смесевое топливо

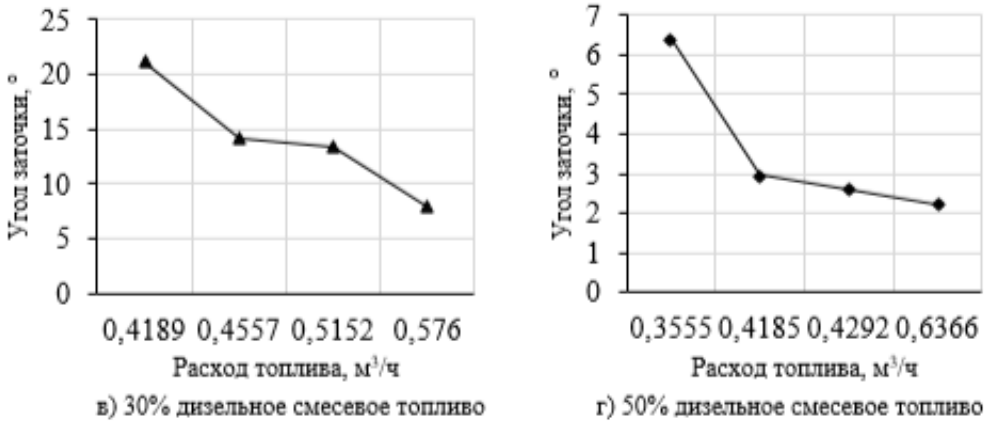


Рисунок 7 – Зависимость угла заточки от расхода жидкости при λ=0,3, λ1=2,5

Установлено, что угол заточки пластины ультразвукового излучателя уменьшается с ростом расхода жидкости. Кроме того, по мере увеличения параметра λ, т.е. чем сопло ультразвукового излучателя шире и ниже, тем угол заточки пластины меньше. Также угол заточки пластины зависит ее от толщины, а именно, чем пластина толще, тем ее угол заточки должен быть больше. Так наименьший угол может достигаться при λ=1 и λ1=1, то есть при сопле квадратной формы и тонкой пластинки. Так угол для дизельного топлива составляет 1,75°, для смесевого 20% - 1,23°, для 30% - 1,09°, для 50% - 0,3°. Максимальный угол заточки достигается при λ=0,1 и λ1=2,5 для дизельного топлива составляет 88°, для смесевого 20% - 78°, для 30% - 38,69°, для 50% - 11,09°.

По мере увеличения λ от 0,1 до 1 геометрическая форма сопла из выраженной прямоугольной переходит в квадратную форму. При прямоугольной форме сопла скорость потока жидкости на краях струи отличается от скорости в центре на величину погрешности. Когда сопло квадратное отличие скоростей на краях и в центре становится более выраженным. Таким образом, оптимальным можно считать λ взятую в диапазоне от 0,1 до 0,4.

Выбор конкретного λ зависит от необходимых характеристик ультразвукового излучателя и давления в системе питания дизельного двигателя.

Параметр λ1 может быть взят из диапазона от 1 до 2,5. По мере его увеличения толщина пластины уменьшается прямо пропорционально. Выбор конкретного λ1 зависит от выбранного λ и частоты колебания пластины. В большинстве случаев λ1 остается в диапазоне от 1,4 до 1,8.

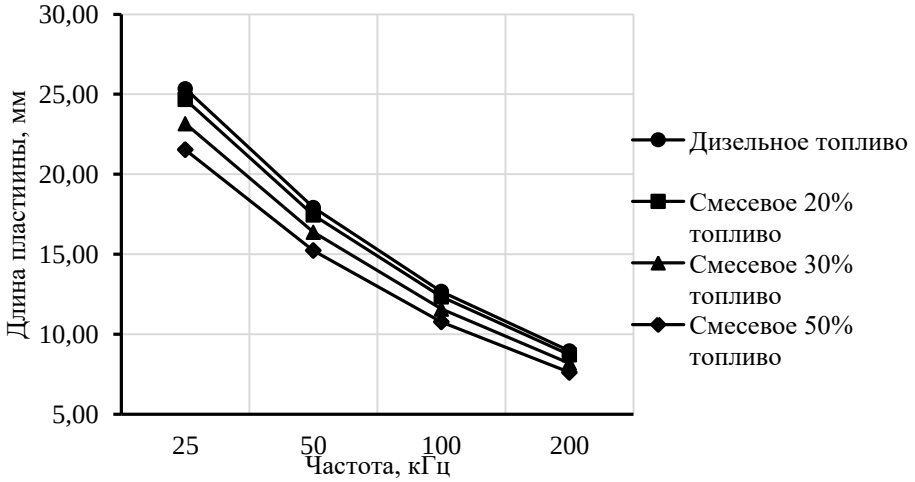


Рисунок 8 – Зависимость длины пластины от частоты модуля при λ=0,1, λ1=1,5, P=140кПа, Nуз =55 Вт

Изменение λ и λ1 влечет за собой корректировку угла заточки, частоты колебания и длины пластины, как следствие, влияет на все параметры и характеристики ультразвукового излучателя.

Далее определяли длину пластины в зависимости от частоты колебаний (рисунок 8). Установлено, что при увеличении частоты колебаний длина колебательной пластины уменьшается. Наибольшая длина пластины требуется для дизельного топлива, и составляет 25 мм при 25 кГц. Наименьшая длина пластины для дизельного смесевого 50% топлива, а именно 7,41 мм при частоте колебания пластины 200 кГц.

Заключение. Таким образом, выбор параметров ультразвуковой пластины и сопла излучателя зависит от характеристик используемого топлива и топливной аппаратуры, в какую планируется встраивать смеситель. Изменение λ и λ1 влечет за собой корректировку угла заточки, частоты колебания и длины пластины, как следствие, влияет на все параметры и характеристики ультразвукового излучателя. Основным ограничением на параметры ультразвукового излучателя является техническая возможность его реализации.

Список литературы

1. Улюкина, Е. А. Особенности применения биотоплива в сельскохозяйственном производстве / Е. А. Улюкина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2019. – № 6(94). – С. 23-27.

2. Нагорнов, С. А. Экспериментальное исследование работы дизельного двигателя на смесевом топливе / С. А. Нагорнов, Ю. В. Мещерякова, А. Г. Мещеряков // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 1. – С. 9-11.

3. Мещерякова, Ю. В. Получение сырья для биодизельного топлива на основе масла микроводоросли хлорелла / Ю. В. Мещерякова, С. А. Нагорнов // Инновации в сельском хозяйстве. – 2013. – № 3(5). – С. 39-41.

4. Мещерякова, Ю. В. Технология получения биодизельного топлива из биомассы микроводоросли / Ю. В. Мещерякова // Наука в центральной России. – 2013. – № 3. – С. 76-79.

5. Метиловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив / В.А. Марков, С.Н. Девянин, Е.А. Улюкина, Н.Н. Пуляев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 4(46). – С. 29-41.

6. Использование смесей дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла в качестве моторного топлива / В.А. Марков, С.Н. Девянин, Е.А. Улюкина, Н.Н. Пуляев // Грузовик. – 2016. – № 1. – С. 37-48.

7. Систер, В.Г. Технологии получения биодизельного топлива / В.Г. Систер, Е.М. Иванникова, А.И. Ямчук // Известия МГТУ МАМИ. – 2013. – Т. 2. – № 3(17). – С. 109-112.

8. Мещеряков, А. Г. Исследование работы топливной аппаратуры трактора на смесевом топливе с встроенным модульным смесителем / А. Г. Мещеряков, С. А. Нагорнов, Ю. В. Мещерякова // Наука в центральной России. – 2021. – № 5(53). – С. 90-95.

9. Калекин А.А. Основы гидравлики и технической гидромеханики / А.А. Калекин. – М.: Мир, 2008. – 280 с.

10. Егоров И.Н. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив в условиях сельскохозяйственного производства: дис. … канд. Тех. наук: 05.20.03: утв.1983. - Великие Луки, 1983. – 290 с.

References

1. Ulyukina, E. A. Features of the use of biofuels in agricultural production / E. A. Ulyukina // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin". - 2019. - No. 6 (94). - S. 23-27.

2. Nagornov, S. A., Meshcheryakova, Yu. V., and Meshcheryakov, A. G. Experimental study of the operation of a mixed fuel diesel engine, Tractors and agricultural machines. - 2016. - No. 1. - P. 9-11.

3. Meshcheryakova, Yu. V. Obtaining raw materials for biodiesel fuel based on chlorella microalgae oil / Yu. V. Meshcheryakova, SA Nagornov // Innovations in agriculture. - 2013. - No. 3(5). - S. 39-41.

4. Meshcheryakova, Yu. V. Technology for obtaining biodiesel fuel from microalgae biomass / Yu. V. Meshcheryakova // Science in Central Russia. - 2013. - No. 3. - P. 76-79.

5. Methyl ester of sunflower oil as an ecological component of petroleum motor fuels / V.A. Markov, S.N. Devyanin, E.A. Ulyukin, N.N. Pulyaev // Transport on alternative fuel. - 2015. - No. 4 (46). - S. 29-41.

6. Use of mixtures of diesel fuel and sunflower oil methyl ether as a motor fuel / V.A. Markov, S.N. Devyanin, E.A. Ulyukin, N.N. Pulyaev // Truck. - 2016. - No. 1. - P. 37-48.

7. Sister, V.G. Technologies for obtaining biodiesel fuel / V.G. Sister, E.M. Ivannikova, A.I. Yamchuk // Proceedings of MSTU MAMI. - 2013. - T. 2. - No. 3 (17). - S. 109-112.

8. Meshcheryakov, A.G., Nagornov, S.A., and Meshcheryakova, Yu.V., Study of the fuel equipment of a mixed-fuel tractor with a built-in modular mixer, Science in Central Russia. - 2021. - No. 5(53). - S. 90-95.

9. Kalekin A.A. Fundamentals of hydraulics and technical hydromechanics / A.A. Kalekin. – M.: Mir, 2008. – 280 p.

10. Egorov I.N. Improving the performance properties of diesel fuels in agricultural production: dis. … cand. Those. Sciences: 05.20.03: approved.1983. - Velikiye Luki, 1983. - 290 p.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Мещеряков Александр Геннадьевич – соискатель, Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно- исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: alex_mec@bk.ru

Нагорнов Станислав Александрович - доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: snagornov@yandex.ru

Мещерякова Юлия Владимировна - кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно- исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: yulya-belova@yandex.ru

Author credentials

Affiliations

Meshcheryakov Alexander - applicant, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: alex_mec@bk.ru.

Meshcheryakova Yulia - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: yulya-belova@yandex.ru.

Stanislav Nagornov - Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: snagornov@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 02.02.2022 Принята к публикации (Accepted): 12.02.2022

УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-81-91

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

[1]Ли Роман Иннакентьевич
[2]Псарев Дмитрий Николаевич
[3]Киба Мария Романовна
[1]Мельников Антон Юрьевич
[1]Быконя Андрей Николаевич

[1]ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк
[2]ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск
[3]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный горный университет»