

УДК 621.436

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
ВХОДНЫХ КАНАЛОВ СМЕСИТЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ
ТЕМПЕРАТУРЕ КОМПОНЕНТОВ БИОНЕФТЯНОГО ТОПЛИВА**

Хохлов А.А., доктор технических наук, доцент

E-mail: khokhlov.73@mail.ru

Хохлов А.Л., доктор технических наук, профессор

Петряков Д.С., студент

Петряков М.С., магистрант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина», г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Одно из перспективных направлений экономии дизельного топлива (ДТ) совместно с улучшением экологических показателей тракторной сельскохозяйственной техники считается применение смесового бионефтяного топлива (БНТ), получаемого смешиванием товарного нефтяного ДТ и рыжикового масла (РМ). Для применения его в тракторных дизелях используются смесители, обеспечивающие подготовку БНТ необходимого процентного состава, при этом дозирование компонентов осуществляется с помощью электродозаторов. Одной из проблем реализации двухтопливных систем питания дизеля является сложность дозирования компонентов БНТ, заключающаяся в различии их физических свойств (плотность, вязкость), а также постоянно изменяющийся расход БНТ связанный с изменением температурного, нагрузочного и скоростного режима дизеля. Поэтому целью исследования является определение пропускной способности входных каналов смесителя в зависимости от температуры БНТ. По результатам лабораторных исследований установлено, что для обеспечения одинакового расхода компонентов БНТ, необходимо открыть клапаны на разную величину, например для обеспечения расхода 2,4 мл/с нефтяного дизельного топлива необходимо открыть клапан электродозатора ДТ на 0,98 мм, а такой же расход рыжикового масла обеспечивается открытием клапана электродозатора РМ на 2,0 мм.

Ключевые слова: бионефтяное топливо, рыжиковое масло, пропускная способность, входные каналы, смеситель.

**DETERMINING THE THROUGHPUT CAPACITY
OF THE MIXER INPUT CHANNELS AT DIFFERENT TEMPERATURES
OF THE BIO-OIL FUEL COMPONENTS**

Khokhlov A.A., doctor of technical sciences, assistant professor

Khokhlov A.L., doctor of technical sciences, professor



Petryakov D.S., student

Petryakov M.S., master's student

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin»,
Ulyanovsk, Russia

Annotation. One of the promising areas of saving the diesel fuel (DF), together with improving the environmental performance of tractor agricultural machinery, is the use of mixed bio-oil fuel (BOF), obtained by mixing commercial petroleum DF and german sesame oil (GSO). To use it in tractor diesels, mixers are used to ensure the preparation of the required percentage of the BOF composition, while dosing of the components is carried out with the use of electric dispensers. One of the problems of implementing dual-fuel diesel power systems is the complexity of the dosing of the BOF components, which consists in the difference in their physical properties (density, viscosity), as well as the constantly changing consumption of the BOF associated with changes in the temperature, load and speed mode of the diesel. Therefore, the purpose of the study is to determine the throughput of the mixer input channels depending on the BOF temperature. According to the laboratory studies results, it has been found out that in order to ensure the same flow rate of the BOF components, it is necessary to open the valves by different values of mm. For example, to ensure the flow rate of 2.4 ml/s of petroleum diesel fuel, it is necessary to open the valve of the electric dispenser of DF by 0.98 mm, and the same flow rate of german sesame oil is provided by opening the valve of the electric dispenser of GSO by 2.0 mm.

Keywords: bio petroleum fuel, german sesame oil, throughput, input channels, mixer.

Введение. Одно из перспективных направлений экономии дизельного топлива (ДТ) совместно с улучшением экологических показателей тракторной сельскохозяйственной техники считается применение смесового бионефтяного топлива (БНТ), получаемого смешиванием товарного нефтяного ДТ и рыжикового масла (РМ). Для применения его в тракторных дизелях используются смесители, обеспечивающие подготовку БНТ необходимого процентного состава, при этом дозирование компонентов осуществляется с помощью электродозаторов. Одной из проблем реализации двухтопливных систем питания дизеля является сложность дозирования компонентов БНТ,



закрывающаяся в различии их физических свойств (плотность, вязкость), а также постоянно изменяющийся расход БНТ, связанный с изменением температурного, нагрузочного и скоростного режима дизеля [2-4, 6, 7, 9]. Поэтому целью исследования является определение пропускной способности входных каналов смесителя в зависимости от температуры БНТ.

БНТ получается смешиванием товарного нефтяного ДТ и растительного масла, обладающего функциями биологического компонента (смешиваемость, совместимость) со свойствами биологической добавки (поверхностно-активные вещества). При рациональном соотношении нефтяного и биологического компонентов физико-химические и эксплуатационные свойства БНТ близки к аналогичным свойствам товарного нефтяного ДТ, что позволяет использовать его в дизельных ДВС без существенной модернизации автотракторной техники [5, 8, 10-12].

Приборы и оборудование. При определении изменения содержания в бионефтяном топливе (БНТ) рыжикового масла (РМ) и нефтяного дизельного топлива (ДТ) в зависимости от пропускной способности входных каналов смесителя за объект исследования принята закономерность влияния пропускной способности каналов смесителя на процентный состав компонентов БНТ.

Экспериментальные исследования по определению влияния пропускной способности входных каналов смесителя на состав БНТ проводились путем определения хода штока клапанов шагового электродвигателя электродозаторов на экспериментальной установке (рисунок 1).

Лабораторная исследовательская экспериментальная установка создана на базе стенда – 1 для регулировки и испытания дизельной топливной аппаратуры КИ-921 (рисунок 1) и включает: топливный насос высокого давления 4УТНМ – 2; смеситель растительного масла и нефтяного ДТ – 3; бак ДТ – 5 и бак РМ термостат (ТСЖ) – 4; приборы контроля и определения частоты вращения кулачкового вала



ТНВД; блок манометров – 6; блок электронного управления (ЭБУ) – 7; компьютер персональный – 8 с программным обеспечением ЭБУ; стакан мерный – 9.

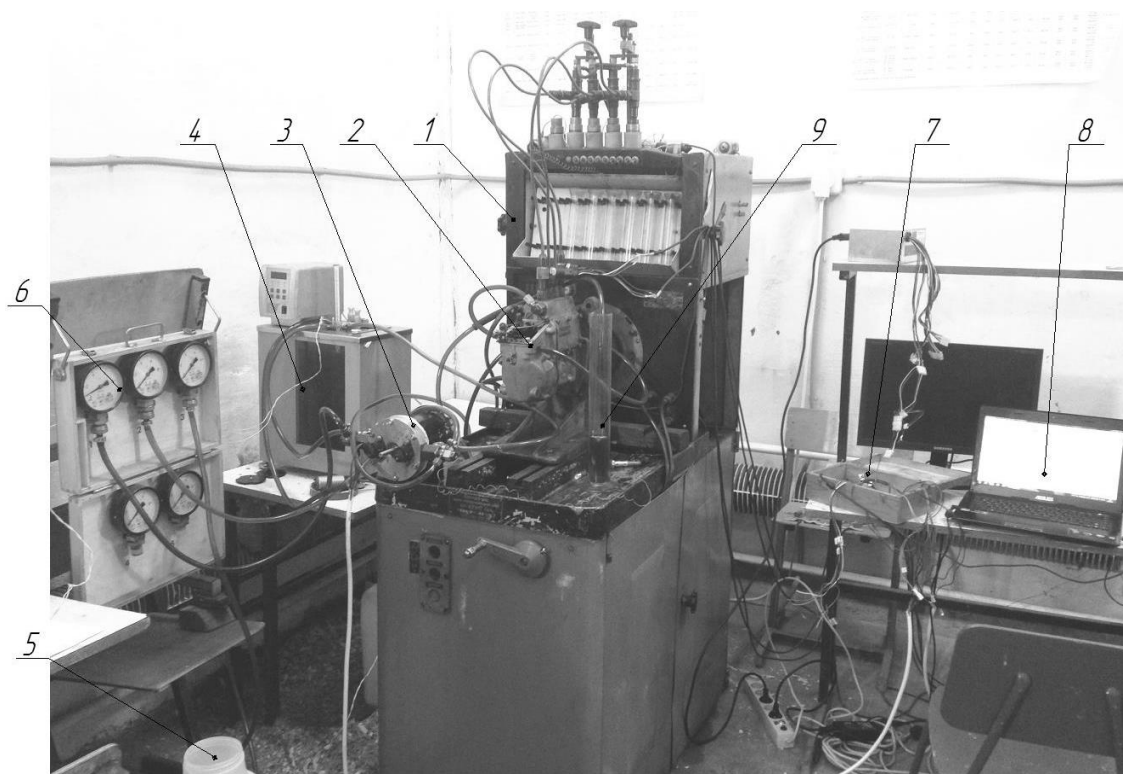


Рисунок 1 – Экспериментальная лабораторная исследовательская установка
(наименование позиций в тексте)

Методика. Перед проведением исследований входные каналы – 1, 2 (рисунок 2) исследуемого смесителя соединялись гибким топливопроводом для подачи нефтяного ДТ с электронасосом, помещенным в бак для ДТ – 5 и гибким топливопроводом для подачи РМ электронасосом, помещенным в термостат (бак с рыжиковым маслом) – 4.

Вход топливоподкачивающего насоса соединялся с выходным каналом – 3 смесителя. Для изменения площади проходного сечения (пропускной способности) входных каналов – 1, 2 смесителя устанавливали электродозаторы – 8, 9 (регулируемые дроссели, – функцию которых выполняли РХХ 2112-1148300).



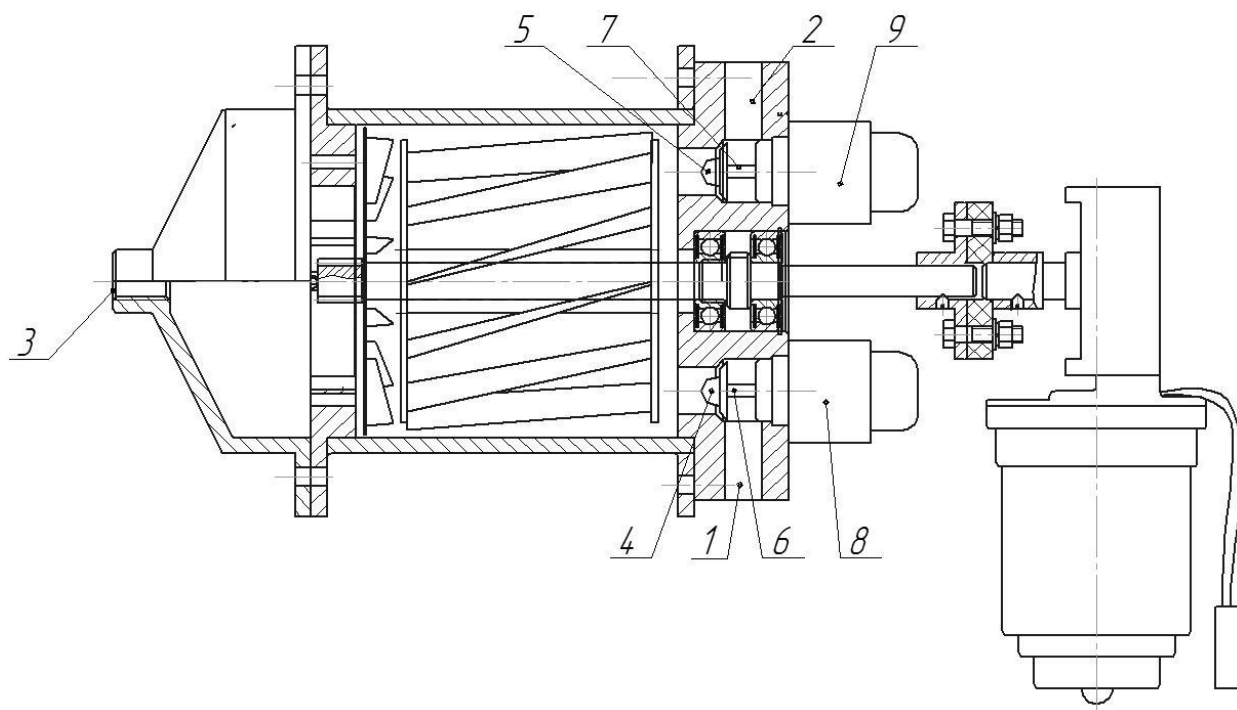


Рисунок 2 – Устройство смесителя нефтяного ДТ и рыжикового масла: 1 – входной канал нефтяного ДТ; 2 – входной канал рыжикового масла; 3 – выходной канал смесевого БНТ; 4, 5 – клапаны электродозаторов ДТ и RM; 6,7 – штоки клапанов электродозаторов ДТ и RM; 8, 9 – электродозаторы ДТ и RM

Оценка влияния состава БНТ на пропускную способность входных каналов – 1, 2 (рисунок 2) смесителя проводилась по объемному расходу топлива проходящего через регулируемые электродозаторами дроссели – 8, 9.

Путем изменения длины хода штоков клапанов – 6, 7 (рисунок 2) шаговых электродвигателей электродозаторов – 8, 9 происходило изменение кольцевых зазоров, что позволяло менять пропускную способность каналов – 1, 2 смесителя. Управление ходом штоков клапанов шаговых электродвигателей осуществлялось с компьютера через ЭБУ путем изменения количества шагов. Измерение объемного расхода в зависимости от величины кольцевого зазора осуществлялось для каждого канала отдельно.

Определение пропускной способности входных каналов смесителя проводили следующим образом:



1. Исследования входного канала нефтяного ДТ

- выдвинуть штоки клапанов шаговых электродвигателей электродозаторов – 6, 7 (рисунок 2) на 50 шагов до упора, то есть установить клапаны электродозаторов – 4, 5 в закрытое положение;
- шток клапана – 6 переместить назад на 5 шагов;
- включить стенд КИ-921, подготовить к работе в режиме номинальной мощности установив частоту вращения кулачкового вала ТНВД 1100 мин^{-1} ;
- перепускным клапаном, по манометру в блоке – 6, в топливопроводе низкого давления отрегулировать давление до 0,18 МПа (рисунок 1);
- не менее 3 раз по секундомеру провести замер времени прохождения нефтяного дизельного топлива через смеситель путем наполнения мерного стакана – 9 до объема 500 мл (рисунок 1), зафиксировать давление по блоку манометров – 6 во время прохождения топлива;
- повторять измерения по пятому пункту, изменяя величину хода штока клапана электродозатора – 6 (рисунок 2) на каждые 5 шагов до достижения величины уменьшения длины штока 30 шагов.

2. Исследования входного канала рыжикового масла проводятся аналогично.

Исследования пропускной способности проводили при температурах дизельного топлива и рыжикового масла 20, 30, 40, 50, 60, 70 и 80°C.

Пропускную способность входных каналов смесителя определяли при разной площади проходных сечений каналов, изменяющейся за счет перемещения штока клапана электродозатора на разное количество шагов, и рассчитывали объемный расход топлива

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}, \text{ мл/с}, \quad (1)$$



где ΔV – средняя навеска топлива (за три опыта) при испытании, мл;

Δt – среднее время (за три опыта) расхода навески топлива, с.

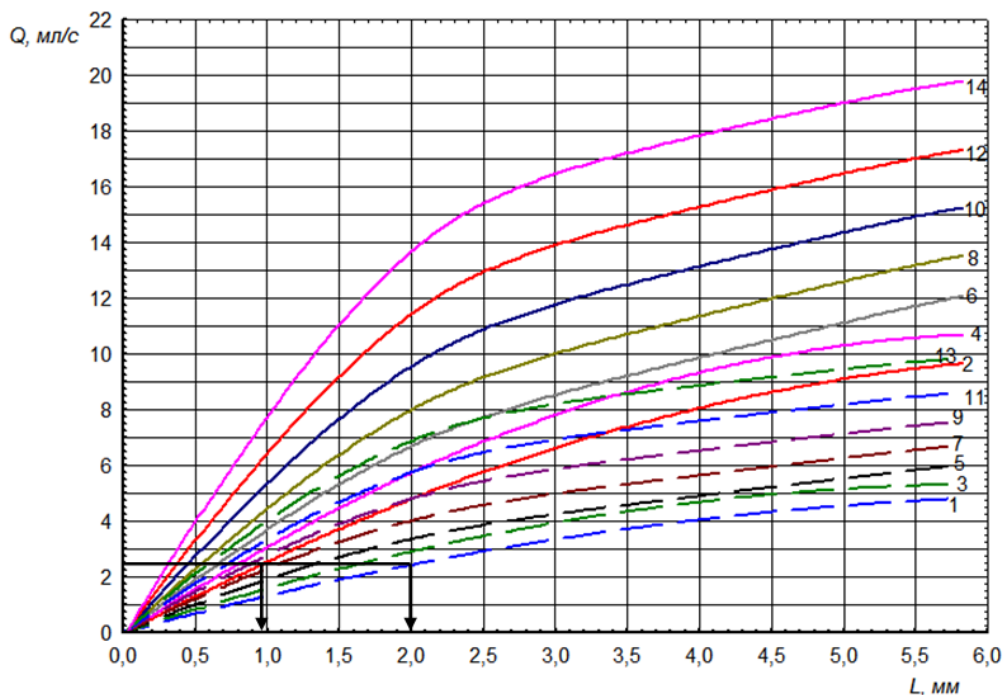
Результаты. Для обеспечения идентичности результатов проводимых исследований необходимо обеспечить кинематическую вязкость БНТ, соответствующую ГОСТ 305-2013 [1]. С этой целью осуществлялся подогрев БНТ до температуры, при которой кинематическая вязкость была равной или близкой товарному нефтяному дизельному топливу. Так, например, топливо состава 20%RM+80%ДТ для достижения им кинематической вязкости 5 мм²/с необходимо подогревать до температуры +30°С. Аналогично проводился подогрев смесового БНТ других составов (таблица 1).

Результаты лабораторных экспериментальных исследований смесителя нефтяного ДТ и RM для оценки влияния хода штока клапана электродозатора смесителя на пропускную способность входных каналов смесителя при различной температуре нагрева (от 20 до 80°С с шагом 10°С) представлены на рисунке 3.

Таблица 1 – Вязкость и плотность БНТ в зависимости от состава и температуры

| Состав топлива | Температура на входе в ТНВД, °С | Кинематическая вязкость, мм ² /с | Плотность, кг/м ³ |
|----------------|---------------------------------|---|------------------------------|
| 100%ДТ | 30 | 3,0 | 822 |
| 10%RM+90%ДТ | 30 | 3,8 | 831 |
| 20% RM +80% ДТ | 30 | 5,0 | 840 |
| 30% RM +70% ДТ | 40 | 4,9 | 841 |
| 40% RM +60% ДТ | 40 | 5,8 | 847 |
| 50% RM +50% ДТ | 50 | 5,5 | 846 |
| 60% RM +40% ДТ | 60 | 4,9 | 850 |
| 70% RM +30% ДТ | 70 | 6,1 | 854 |
| 80% RM +20% ДТ | 80 | 6,7 | 860 |
| 90% RM +10% ДТ | 80 | 8,6 | 870 |





1 – РМ 20°C; 2 – ДТ 20°C; 3 – РМ 30°C; 4 – ДТ 30°C; 5 – РМ 40°C;
 6 – ДТ 40°C; 7 – РМ 50°C; 8 – ДТ 50°C; 9 – РМ 60°C; 10 – ДТ 60°C;
 11 – РМ 70°C; 12 – ДТ 70°C; 13 – РМ 80°C; 14 – ДТ 80°C

Рисунок 3 – Зависимость объемного расхода нефтяного топлива и рыжикового масла при температуре нагрева от 20 до 80°C от количества шагов (хода штоков клапанов) соответствующих электродозаторов

Выводы. Из графика (рисунок 3) зависимости объемного расхода ДТ и РМ от хода штоков клапанов соответствующих электродозаторов видно, что для обеспечения одинакового расхода компонентов БНТ при их температуре 20°C необходимо открыть клапаны на разную величину. Так, например, для обеспечения расхода 2,4 мл/с нефтяного дизельного топлива необходимо открыть клапан электродозатора ДТ на 0,98 мм (линия 2, рисунок 3), а такой же расход рыжикового масла обеспечивается открытием клапана электродозатора РМ на 2,0 мм (линия 1, рисунок 3). При увеличении температуры нагрева нефтяного дизельного топлива и рыжикового масла до 60°C разница между открытиями клапанов электродозаторов дизельного топлива и рыжикового масла заметно снижается.



Список источников

1. ГОСТ–305-2013. Топливо дизельное. Технические условия : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие 2015-01-01. М. : Стандартиформ, 2014. 17 с.
2. Лиханов В. А., Арасланов М. И. Исследование показателей рабочего процесса быстроходного дизеля при работе на этаноле и рапсовом масле / под общ. ред. В. А. Лиханова. Киров : Вятский ГАТУ, 2021. 181 с.
3. Лиханов В. А., Юрлов А. С. Улучшение экологических показателей быстроходного дизеля снижением дымности отработавших газов при работе на альтернативных топливах / под общ. ред. В. А. Лиханова. Киров : Вятский ГАТУ, 2021. 180 с.
4. Нагорнов С. А., Романцова С. В., Марков В. А. Использование эфирных смесей в качестве альтернативных моторных топлив для дизелей. Часть 1 // Грузовик. 2018. № 3. С. 41–47.
5. Смеситель минерального топлива и растительного масла с активным приводом / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, А. Л. Хохлов, А. А. Хохлов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : в 2 т. : материалы X Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 23 июня 2020 г. Том 2020-2. Ульяновск : Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2020. Т. 2020-2. С. 311–315.
6. Уханов, А. П., Уханов Д. А. Биотопливо из альтернативных масличных культур / Пензенский государственный аграрный университет, 25-й Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны РФ. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2022. 174 с.
7. Уханов А. П., Уханов А. А. Биотопливо из рыжика : монография. Пенза : РИО ПГАУ, 2020. 192 с.



8. Уханов Д. А., Уханов А. П., Хохлов А. А. Методология определения параметров электродозаторов смесителя компонентов бионефтяного топлива // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (61). С. 203-209.
9. Уханов А. П., Уханова, Ю. В. Применение соевого масла в качестве биодобавки к нефтяному дизельному топливу. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2021. 174 с.
10. Design adaptation of the automobile and tractor diesel engine for work on mixed vegetable-mineral fuel/ A. Khokhlov, A. Khokhlov, D. Marin, D. Molochnikov, I. Gayaziev // BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, 2020. Volume 17. 00077. Doi:10.1051/bioconf/20201700077.
11. Likhanov V. A., Lopatin O. P. Research of load modes of diesel engine at work on biofuel // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 18–21 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 734. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 12202.
12. Study of indicators of the working process of tractor diesel when working on ethanol and rapeseed oil / V. A. Likhanov, O. P. Lopatin, A. S. Yurlov, N. S. Anfilatova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 16–19 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 839. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 52054.

