

**УДК 621.436**

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЭНЗИМНОЙ ТОПЛИВНОЙ ДОБАВКИ SOLTRON® НА ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ И ИХ СМЕСЕЙ**

**Хохлов А.А., доктор технических наук, доцент,  
тел.: 89997693210, khokhlov.73@mail.ru**

**Хохлов А.Л., доктор технических наук, профессор,  
тел.: 89278280897, chochlov.73@mail.ru**

**Жукова О.С., магистрант, тел.: 89377395286, khokhlov.73@mail.ru  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** цетановое число, дизельное топливо, плотность, теплотворная способность, топливная добавка, эксплуатационные показатели*

*В статье описываются исследования влияния энзимной топливной добавки Soltron® на физико-химические и эксплуатационные показатели топлив. Результаты исследований показывают, что энзимная топливная добавка Soltron® может быть использована в виде добавки к товарным углеводородным дизельным топливам для использования их в двигателях внутреннего сгорания с целью повышения топливной экономичности и экологической безопасности тракторов, автомобилей и самоходной техники сельскохозяйственными, промышленными предприятиями, организациями различных форм собственности и частными лицами.*

**Введение.** К качеству современных топлив предъявляются высокие требования. Автомобильные бензины и дизельное топливо включены в номенклатуру продукции, подлежащей обязательной сертификации. Нормативную базу подтверждения соответствия при обязательной сертификации в системе ГОСТ Р составляют стандарты. На срок работоспособности любой техники влияет качество залитого в неё топлива. Дизельное топливо низкого качества может привести к поломке форсунок и насоса или привести к снижению качества

распыления топлива. Во время транспортировки или перевозки дизельного топлива в негерметичные контейнеры может попасть вода, что приводит к снижению теплотворной способности топлива и как следствие влияет на работу двигателя. Для повышения качества дизельных топлив используют различные присадки, добавки [1-7]. Также результаты исследований показывают, что энзимная топливная добавка Soltron® может быть в перспективе использована для создания новых, экологически безопасных видов топлив для двигателей внутреннего сгорания [8,9].

Цель работы - исследование влияния энзимной топливной добавки Soltron® на физико-химические и эксплуатационные показатели топлив и их смесей.

**Материалы и методы исследований.** Лабораторные исследования проводились по определению цетанового числа топлив, фракционному составу, реакции на медную пластину, теплотворную способность, плотность и внешний вид.

Определение цетанового числа топлив проводились с использованием прибора «Октанометр-М» типа СВП 1.00.000 с пределом расхождения значений по цетановому числу – не более  $\pm 0,5$  ед. Исследования проводились по определению цетанового числа дизельных товарных топлив Л-0,2-40, Л-0,2-62, марки А и 3-0,2 ГОСТ 305-82 и с добавлением энзимной топливной добавки Soltron® в соотношении 1:4000, а также смесей топлив 30 % Л-0,2-40 + 70 % топливо печное бытовое малосернистое светлое (ТПБМС) (ТУ 38.101656-99), 30 % марк А + 70 % ТПБМС, 30 % Л-0,2-62 + 70 % ТПБМС, и их смесей с добавлением энзимной топливной добавки Soltron® в соотношении 1:2000.

Результаты исследования физико-химических и эксплуатационных свойств дизельных топлив и их смесей представлены в таблицах 1 и 2.

Исследования дизельных топлив (табл. 1) показали, что цетановое число не изменяется. Однако температура 50 % фракции перегонки у топлива Л-0,2-40 с энзимной топливной добавкой Soltron® понизилась на 5 °С, у топлива 3-0,2 на 3 °С, у топлива Л-0,2-62 – на 7 °С по сравнению с товарными топливами. Температура конечной фракции разгонки соответственно понизилась на 4, 2 и 3 °С. Температура

вспышки при этом понизилась на 2 °С. Температура застывания не изменилась и находится в пределах погрешности измерений.

**Таблица 1 - Результаты исследования физико-химических свойств дизельных топлив с добавлением энзимной топливной добавки Soltron® в соотношении 1:4000**

| Наименование показателя                    | Марки исследуемых дизельных топлив |                                                 |                   |                                              |                   |                                                |                   |                                                 |
|--------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|
|                                            | Л-0,2-40                           | Л-0,2-40 + энзимная топливная добавка Soltron®. | 3-0,2             | 3-0,2 + энзимная топливная добавка Soltron®. | Марки А           | Марки А + энзимная топливная добавка Soltron®. | Л-0,2-62          | Л-0,2-62 + энзимная топливная добавка Soltron®. |
| 1 Цетановое число:                         | 45,2                               | 45,4                                            | 45,1              | 45,2                                         | 46,2              | 45,2                                           | 52,3              | 52,3                                            |
| 2 Фракционный состав                       |                                    |                                                 |                   |                                              |                   |                                                |                   |                                                 |
| 50 %                                       | 281                                | 276                                             | 279               | 276                                          | 276               | 276                                            | 273               | 266                                             |
| 95 %                                       | 362                                | 358                                             | 341               | 339                                          | 339               | 339                                            | 343               | 340                                             |
| 3 Температура вспышки в закрытом тигле, °С | 40                                 | 38                                              | 35                | 33                                           | 33                | 33                                             | 70                | 68                                              |
| Температура застывания, °С                 | - 10,6                             | - 10,2                                          | - 35,4            | - 34,8                                       | - 34,8            | - 34,8                                         | - 13,8            | - 13,8                                          |
| 3 Испытание на медной пластинке            | Выдерж.                            | Выдерж.                                         | Выдерж.           | Выдерж.                                      | Выдерж.           | Выдерж.                                        | Выдерж.           | Выдерж.                                         |
| 4 Внешний вид                              | Чистое Прозрачное                  | Чистое Прозрачное                               | Чистое Прозрачное | Чистое Прозрачное                            | Чистое Прозрачное | Чистое Прозрачное                              | Чистое Прозрачное | Чистое Прозрачное                               |
| 5 Плотность при 15 °С, кг/м³               | 862                                | 862                                             | 844               | 844                                          | 844               | 844                                            | 832               | 832                                             |
| 6 Теплотворная способность, МДж/кг         | 43,26                              | 44,02                                           | 44,12             | 44,86                                        | 44,86             | 44,86                                          | 45,12             | 46,02                                           |

**Таблица 2 - Результаты исследования физико-химических свойств смесей дизельных топлив с ТПБМС с энзимной топливной добавкой Soltron® в соотношении 1:2000.**

| Наименование показателя                    | Составы исследуемых смесей |                                                                   |                         |                                                                |                           |                                                                  |                            |                                                                   |
|--------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                            | 30 % Л-0,2-40 + 70 % ТПБМС | 30 % Л-0,2-40 + 70 % ТПБМС + энзимная топливная добавка Soltron®. | 30 % 3-0,2 + 70 % ТПБМС | 30 % 3-0,2 + 70 % ТПБМС + энзимная топливная добавка Soltron®. | 30 % марки А + 70 % ТПБМС | 30 % марки А + 70 % ТПБМС + энзимная топливная добавка Soltron®. | 30 % Л-0,2-62 + 70 % ТПБМС | 30 % Л-0,2-62 + 70 % ТПБМС + энзимная топливная добавка Soltron®. |
| 1 Цетановое число:                         | 38,4                       | 38,4                                                              | 37,2                    | 37,2                                                           | 36,2                      | 36,2                                                             | 41,3                       | 41,3                                                              |
| 2 Фракционный состав                       |                            |                                                                   |                         |                                                                |                           |                                                                  |                            |                                                                   |
| 50 %                                       | 211                        | 206                                                               | 218                     | 216                                                            | 216                       | 212                                                              | 223                        | 220                                                               |
| 95 %                                       | 351                        | 348                                                               | 339                     | 332                                                            | 349                       | 341                                                              | 343                        | 328                                                               |
| 3 Температура вспышки в закрытом тигле, °С | 40                         | 38                                                                | 35                      | 53,2                                                           | 54                        | 54                                                               | 72                         | 68                                                                |
| Температура застывания, °С                 | - 14,6                     | - 14,2                                                            | - 26,4                  | - 26,8                                                         | - 25,2                    | - 25,2                                                           | - 16,8                     | - 16,8                                                            |
| 3 Испытание на медной пластинке            | Выдерж.                    | Выдерж.                                                           | Выдерж.                 | Выдерж.                                                        | Выдерж.                   | Выдерж.                                                          | Выдерж.                    | Выдерж.                                                           |
| 4 Внешний вид                              | Чистое Прозрачное          | Чистое Прозрачное                                                 | Чистое Прозрачное       | Чистое Прозрачное                                              | Чистое Прозрачное         | Чистое Прозрачное                                                | Чистое Прозрачное          | Чистое Прозрачное                                                 |
| 5 Плотность при 15 °С, кг/м³               | 832                        | 832                                                               | 838                     | 838                                                            | 832                       | 832                                                              | 833                        | 833                                                               |
| 6 Теплотворная способность, МДж/кг         | 44,16                      | 45,02                                                             | 45,26                   | 46,11                                                          | 45,16                     | 46,26                                                            | 46,12                      | 47,41                                                             |

Анализ результатов исследований теплотворной способности углеводородных топлив показывает, что теплотворная способность

дизельных топлив с энзимной топливной добавкой Soltron® повысилась на 1,8 %, по сравнению с товарными дизельными топливами.

Исследования смесей топлив (табл. 2) показали следующее. При смешивании 30 % Л-0,2-40 и 70 % ТПБМС (ТУ 38.101656-99) цетановое число снизилось с 45,2 до 38,4, а при введении в смесь энзимной топливной добавки Soltron® в соотношении 1:2000, цетановое число смеси не изменилось. Температура перегонки 50 % составила 211 °С, а при введении добавки снизилась до 206 °С. Температура 95 % соответственно снизилась с 351 до 348 °С. Температура застывания понизилась на 4 °С и составила -14,6 °С. Теплотворная способность смеси, по сравнению с товарным топливом Л-0,2-40 повысилась с 43,26 до 44,16, а при вводе энзимной топливной добавкой Soltron® повысилась до 45,02.

При смешивании 30 % 3-0,2 и 70 % ТПБМС цетановое число снизилось с 45,1 до 37,2, а при введении в смесь энзимной топливной добавки Soltron® в соотношении 1:2000, цетановое число смеси не изменилось. Температура перегонки 50 % составила 218 °С, а при введении добавки снизилась до 216 °С. Температура 95 % соответственно снизилась с 339 до 332 °С. Температура застывания повысилась до -26 °С. Теплотворная способность смеси, по сравнению с товарным топливом 3-0,2 повысилась с 44,12 до 45,26, а при вводе энзимной топливной добавкой Soltron® повысилась до 46,11 МДж/кг.

При смешивании 30 % марки А и 70 % ТПБМС цетановое число снизилось с 46,2 до 36,2, а при введении в смесь энзимной топливной добавки Soltron® в соотношении 1:2000, цетановое число смеси не изменилось. Температура перегонки 50 % составила 216 °С, а при введении добавки снизилась до 212 °С. Температура 95 % соответственно снизилась с 349 до 341 °С. Температура застывания повысилась на 9 °С и составила -25,2 °С. Теплотворная способность смеси, по сравнению с товарным топливом марки А повысилась с 44,86 до 45,16, а при вводе энзимной топливной добавкой Soltron® повысилась до 46,26 МДж/кг.

При смешивании 30 % Л-0,2-62 и 70 % ТПБМС цетановое число снизилось с 52,3 до 41,3, а при введении в смесь энзимной топливной добавки Soltron® в соотношении 1:2000, цетановое число смеси не изменилось. Температура перегонки 50 % составила 223 °С, а при

введении добавки снизилась до 220 °С. Температура 95 % соответственно снизилась с 343 до 328 °С. Температура застывания понизилась на 3 °С и составила -16,8 °С. Теплотворная способность смеси, по сравнению с товарным топливом Л-0,2-62 повысилась с 45,12 до 46,12, а при вводе энзимной топливной добавкой Soltron® повысилась до 47,41 МДж/кг.

**Заключение.** Результаты исследований показывают, что энзимная топливная добавка Soltron® может быть использована в виде добавки к товарным углеводородным дизельным топливам для использования их в двигателях внутреннего сгорания с целью повышения топливной экономичности и экологической безопасности тракторов, автомобилей и самоходной техники сельскохозяйственными, промышленными предприятиями, организациями различных форм собственности и частными лицами.

### **Библиографический список:**

1. Хохлов, А. Л. Анализ использования присадок, добавок к топливу для повышения топливно-экономических показателей ДВС / А. Л. Хохлов, А. В. Киреев, Д. С. Петряков // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения: материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина, Ульяновск, 15 декабря 2022 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 1047-1051.

2. Design adaptation of the automobile and tractor diesel engine for work on mixed vegetable-mineral fuel / A. Khokhlov, A. Khokhlov, D. Marin [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00077.

3. Хохлов, А. А. Биотопливо на основе рыжикового масла / А. А. Хохлов // В мире научных открытий : Материалы II Всероссийской студенческой научной конференции, Ульяновск, 01 января – 31 2013 года / Редакционная коллегия: В.А. Исайчев, О.Н. Марьина. Том 2, Часть 1. – Ульяновск: Ульяновская государственная

сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2013. – С. 267-271. – EDN RUFWZZ.

4. Уханов, А. П. Биотопливо из рыжика / А. П. Уханов, А. А. Хохлов. – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – 192 с. – ISBN 978-5-907181-39-7. – EDN QSNFGL.

5. Перспективы использования возобновляемых биологических источников энергии предприятиями АПК России / А. П. Уханов, Е. А. Хохлова, А. А. Хохлов, А. А. Гузьев // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 04–05 февраля 2016 года. Том 2016-2. – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2016. – С. 238-244. – EDN VIAQUT.

6. Хохлова, Е. А. Эффективность использования рыжикового масла в качестве компонента смесового дизельного топлива / Е. А. Хохлова, А. А. Хохлов, А. А. Гузьев // Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : сборник статей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 22–23 октября 2015 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 141-145. – EDN VANNPH.

7. Evaluating the use of composite rapeseed and mineral diesel-fuel oil in automotive diesel engines and the effect of its heating on the operating conditions of fuel-injection equipment / A. S. Averyanov, S. N. Vlasov, A. L. Khokhlov, A. A. Khokhlov // AIP Conference Proceedings : INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021, Sevastopol, 06–10 сентября 2021 года. Vol. 2503. – Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. – P. 030004

8. Хохлов, А. Л. Предпосылки использования энзимной топливной добавки / А. Л. Хохлов, А. В. Киреев, Д. С. Петряков // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения: материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина, Ульяновск, 15 декабря 2022 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. – С. 1059-1063.

9. Хохлов, А. Л. Оценка влияния энзимной топливной добавки на технико-эксплуатационные показатели дизеля / А. Л. Хохлов, А. В. Пугач // Аграрный потенциал в системе продовольственного обеспечения: теория и практика: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ульяновск, 21–22 июня 2016 года. Том Часть II. – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина, 2016. – С. 206-214.

## **THE RESULTS OF THE STUDY OF THE EFFECT OF THE ENZYME FUEL ADDITIVE SOLTRON® ON THE PHYSICO- CHEMICAL AND OPERATIONAL PARAMETERS OF HYDROCARBON DIESEL FUELS AND THEIR MIXTURES**

**Khokhlov A.A., Khokhlov A.L., Zhukova O.S.**

**Keywords:** *cetane number, diesel fuel, density, calorific value, fuel additive, performance indicators*

*The article describes studies of the effect of the enzyme fuel additive Soltron® on the physico-chemical and operational characteristics of fuels. The research results show that the enzyme fuel additive Soltron® can be used as an additive to commercial hydrocarbon diesel fuels for use in internal combustion engines in order to increase fuel efficiency and environmental safety of tractors, cars and self-propelled machinery by agricultural, industrial enterprises, organizations of various forms of ownership and individuals.*