

DOI: 10.24412/2077-8481-2024-2-16-25

УДК 537.634.2

**А. П. КАРЛЮК**

**В. Н. ЕДНАЧ**, канд. техн. наук, доц.

Белорусский государственный аграрный технический университет (Минск, Беларусь)

## **ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

### **Аннотация**

Проведен тщательный и подробный анализ с целью изучения эффективности применения различных методов с низкой энергетической интенсивностью для улучшения эксплуатационных характеристик дизельного топлива. Главная цель исследования заключалась в определении оптимальных параметров магнитной активации для повышения энергетической эффективности дизельного топлива. Исходя из полученных данных, разработали технологию, которая позволяет определить оптимальные параметры для достижения максимального эффекта от магнитной активации. В результате исследования разработана технология для определения оптимальных магнитотропных параметров и предложены новые авторские конструкции магнитных активаторов, которые способствуют увеличению теплотворности дизельного топлива и повышению его эффективности в работе двигателей.

### **Ключевые слова:**

тепловые двигатели, дизельное топливо, теплотворная способность, молекулярные кластеры, диамагнетики, сила связи, малоэнергетические воздействия, неодимовый магнит, магнитная активация, вязкость.

### **Для цитирования:**

Карлюк, А. П. Проведение анализа эффективности магнитной активации дизельного топлива двигателей внутреннего сгорания / А. П. Карлюк, В. Н. Еднач // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2024. – № 2 (83). – С. 16–25.

### **Введение**

В настоящее время с увеличенным спросом на использование дизельного топлива в автотранспорте возникает потребность в поиске новых подходов для повышения энергетической эффективности и снижения экологического воздействия дизельных двигателей.

В современном мире использование магнитных активаторов становится все более важным аспектом. Они обладают способностью воздействовать на молекулярную структуру дизельного топлива, что приводит к улучшению энергетических и экологических характеристик двигателей. Это особенно актуально в условиях ограниченности мировых запасов нефти и растущего потребления топливно-энергетических ресурсов.

Использование магнитных активаторов имеет потенциал для оптимизации процесса сгорания дизельного топлива внутри двигателя, что приводит к увеличению его КПД и сокращению количества вредных веществ в отработанных газах. Магнитная активация обеспечивает постоянную молекулярную структуру топлива, делая его более стабильным и эффективным. В результате происходит более полное сжигание топлива и эффективное использование полученной энергии.

Применение магнитных активаторов приводит к значительному улучшению состояния и экологических характеристик дизельных двигателей внутреннего сгорания. Это важный шаг в достижении топливной эффективности и более эффективного использования ограниченных топливно-энергетических

ресурсов.

Наиболее распространенным методом является применение присадок и воздействий различных факторов, таких как ультразвук, электричество, электромагнитные поля и магнитные силы. Эти методы позволяют повысить уровень организованности внутримолекулярных и надмолекулярных структур [1–3].

Для улучшения технических характеристик двигателей, в том числе отремонтированных, планируется использовать магнитные активаторы топлива.

Теплотворная способность – один из основных показателей качества топлива. Она напрямую связана с полнотой сгорания топлива, что влияет на энергетическую и экологическую эффективность двигателей внутреннего сгорания.

Целью исследования является изучение эффективности активации топлива путем его физико-химической обработки для выделения дополнительной тепловой энергии, что позволит повысить полноту сгорания топлива и снизить количество вредных компонентов в выхлопных газах.

### **Основная часть**

Использование магнитной обработки или повышение эффективности жидких углеводородных топлив является наиболее надежным методом с точки зрения технико-экономических показателей. В различных областях деятельности, таких как медицина, сельское хозяйство, промышленность, теплоэнергетика, коммунальное хозяйство и другие, уже имеется резерв опыта применения постоянных магнитных полей, созданных специальными устройствами (например, магнетроны или магнитоактиваторы), которые работают на ферромагнитных элементах с различной физико-химической природой [2, 5–8].

Применение магнитной обработки в нефтяных средах, основанное на «коллоидной теории», направлено на воздействие смолисто-асфальтеновых

компонентов (САК) в нефти и нефтепродуктах. Такие компоненты представляют собой дополнительные микропримеси, которые обладают свободными поверхностными зарядами и могут взаимодействовать с внешним магнитным полем [7, 8].

Следовательно, основной целью повышения энергетической эффективности теплотворной способности топлива является дезагрегация молекулярных кластеров с целью извлечения малых молекул [6].

Следующим шагом в улучшении тепловой эффективности топлива является процесс диссоциации молекул на свободные радикалы и атомы. Под воздействием оптимальных магнитных полей, с учетом различных параметров, структура топлива изменяется, что приводит к образованию различных радикалов. Жидкая фаза частично переходит в газообразную, при этом высвобождается водород, метан превращается в метил, этан – в этил, бутан – в бутил и т. д. Задача заключается в настройке параметров магнитного процесса, чтобы повысить распространение тепловой энергии и обеспечить полное сгорание. Для этого стремимся разделить кластеры на отдельные молекулы и далее разложить их на составные части, что существенно улучшит тепловую эффективность топлива; осуществляем регулирование магнитных параметров, чтобы достичь полного сгорания и увеличить выделяемую тепловую энергию. В рамках данного метода исследований используем мощность магнитного поля для разрушения кластеров и внутримолекулярных связей [3].

Во-первых, магнитное поле эффективно нейтрализует электростатический заряд, который может накапливаться в топливных элементах и изменять его структуру.

Во-вторых, магнитное поле влияет на вязкость и другие связанные с ней параметры, такие как диэлектрическая

проницаемость, поверхностное натяжение жидкости, константы горения и растворимость кислорода в топливе. Эти изменения в свойствах топлива могут существенно повлиять на его характеристики и процессы сгорания [5].

В-третьих, магнитное поле обеспечивает упорядочивание ориентаций спиновых и орбитальных моментов молекул, которые ранее находились в хаотическом состоянии.

В-четвертых, переменное магнитное поле вызывает переменные движения ассоциатов-кластеров, что приводит к разрушению их диполи. Эти диполи более эффективно участвуют в процессе горения. В результате таких процессов высвобождаются свободные радикалы и производятся компоненты молекул, что дополнительно обеспечивает теплотворную способность [4].

Все вышеупомянутые факторы имеют огромное значение для целей повышения энергетической эффективности и улучшения экологических показателей горючего топлива. Они направлены на достижение полного сгорания компонентов топлива, что, в свою очередь, позволяет увеличить его энергетическую эффективность и снизить выбросы вредных веществ в окружающую среду [1].

При разработке устройств для магнитного воздействия и в других исследованиях особое внимание уделяют следующим параметрам: индекс магнитного поля (ИМП); градиент распространения ИМП; время воздействия в ИМП; количество пересечений магнитных полей рассматриваемой жидкостью, вызывающей воздействие; скорость движения жидкости в магнитном поле [2].

В соответствии с теорией близкого действия энергия магнитного поля (ЭМП) распределена по всему объему пространства  $V$ , в котором присутствует магнитное поле. ЭМП, содержащаяся в единичном объеме этого поля, называется объемной плотностью энергии магнитного поля  $w$  [7]:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{BH}{2},$$

где  $B$  – магнитная индукция, Тл;  $\mu_0$  – магнитная постоянная, Гн/м;  $H$  – напряженность магнитного поля, А/м;  $\mu$  – относительная магнитная проницаемость.

Магнитное поле, применяемое к молекулярным цепочкам органического топлива, вызывает их вибрации и разрывы. В результате этого процесса увеличивается количество активных участков молекулы, которые одновременно участвуют в окислительных процессах [4].

При выборе конкретного выходного параметра в каждом случае руководствуемся его приоритетностью. В большинстве ситуаций наиболее важным параметром является выдержка магнитного поля (МП). Изменяя этот параметр, можем настроить оптимальные рабочие условия для достижения желаемых результатов [5].

Существующие способы активации с помощью неодимовых магнитов основаны на принципе пропускания жидкости через магнитное поле таким образом, чтобы угол между направлением движения жидкости и направлением магнитной индукции был отличен от нуля. Если угол около  $90^\circ$ , то достигается наибольший эффект омагничивания.

Всем известно, что устройства магнитной обработки жидкостей имеют множество вариантов конструкции, которые становятся все более сложными. На сегодняшний день существует более ста различных устройств, что затрудняет их классификацию и сравнение. Для удобства классификации таких устройств можно использовать различные признаки. Например, можно учитывать источник магнитного поля, такой как постоянные магниты или переменные.

Также можно учитывать движение потока жидкости, например, прямолинейный, спиральный или другой. Еще одним важным признаком может быть характер изменения магнитного поля, например, постоянное, пульсирующее, звуковые частоты, высокие частоты и т. д. [6].

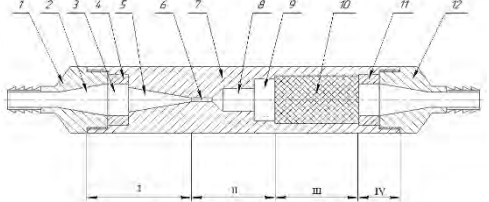
Известно, что существующие аппараты для магнитной активации жидкостей (АМАЖ) имеют низкий коэффициент использования рабочего объема (КИРО), который представляет собой отношение длины активационных зон к общей длине рабочей части устройства и

обычно составляет 0,75...0,8. Когда скорость протекания жидкости составляет от 0,5 до 1,0 м/с, время, которое жидкость проводит в магнитном зазоре, не превышает 0,2 с. Чтобы увеличить время воздействия в магнитном поле, предлагаем новые конструкции АМАЖ, которые либо увеличивают длину рабочей зоны, либо уменьшают скорость движения жидкости путем локального расширения сечения трубопровода. Новые конструкции АМАЖ на основе данной концепции [5] представлены в табл. 1.

Табл. 1. Улучшенные конструкции аппаратов для магнитной активации жидкостей

Конструкция	Преимущество	Примечание
 <p>1 – внутренняя обойма с магнитами; 2 – трубопровод; 3 – внешняя обойма с магнитами</p>	<p>КИРО – св. 2,5; время экспозиции в МП – более 2 с</p>	<p>Рабочая жидкость движется в зигзагообразном потоке через оптимально сформированные магнитные поля, пересекая магнитные силовые линии под углом, близким к 90°. В результате она находится под воздействием магнитного поля в течение продолжительного времени, что способствует эффективной магнитной активации</p>
 <p>1 – внешняя обойма; 2 – внутренняя обойма; 3 – магнитный активатор; 4 – неодимовые магниты</p>	<p>Ламинарное движение потока жидкости под углом 90° к силовым линиям магнитного потока; КИРО – св. 20</p>	<p>Для создания переменного магнитного поля происходит изменение полярности магнитов на противоположную через определенные угловые промежутки, которые называются секторами. Каждый сектор содержит определенное количество магнитов, что обеспечивает требуемую смену полярности и создание переменного магнитного поля</p>

Окончание табл. 1

Конструкция	Преимущество	Примечание
 <p>1 – корпус; 2 – обратно усеченный конус; 3 – цилиндрическая часть; 4 – кольцевой магнит; 5 – коническая часть; 6 – канал; 7 – ступенчатая часть; 8, 9 – зоны переменного диаметра; 10 – смесительный элемент лабиринтного типа; 11, 12 – кольцевые магниты; 13 – коническая часть; I – зона подачи топлива; II – зона кавитации; III – зона смешения; IV – зона отвода</p>	<p>Ламинарное движение потока жидкости под углом 90° к силовым линиям магнитного потока; увеличение времени экспозиции жидкости в магнитном поле в 20–25 раз</p>	<p>Для создания переменного магнитного поля происходит изменение полярности магнитов на противоположную через определенные промежутки, которые равны длине магнита. Это позволяет создать периодическое изменение магнитного поля, которое может быть использовано для различных целей, таких как магнитная обработка или активация жидкостей</p>

Эффективность конструктивных решений АМАЖ и степень активации могут быть оценены косвенными методами (табл. 2) путем анализа изменений физических свойств жидкости. Некоторые из таких свойств включают диэлектрическую проницаемость, электропроводность, магнитную восприимчивость, коэффициент преломления,

плотность, вязкость, поверхностное натяжение, скорость испарения и др. Измерение этих параметров позволяет сделать выводы о степени воздействия магнитного поля на жидкость и оценить эффективность применяемых конструктивных решений АМАЖ [1, 5].

Табл. 2. К применению косвенных методов оценки эффективности активации

Показатель	Расчетная зависимость	Примечание
Плотность	<p>С учетом температурного расширения</p> $\rho = \frac{\rho_{cm}}{1 + \beta_t (T - T_{cm})}$ <p>для неассоциированных растворов</p> $\rho_{cm} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{x_k}{\rho_k}}$	<p><math>T</math> – текущее значение температуры; <math>T_{cm}</math> – стандартная температура; <math>\beta_t</math> – коэффициент объемного температурного расширения; <math>x_i</math> – массовая доля <math>i</math>-го компонента в смеси; <math>\rho_i</math> – плотность <math>i</math>-го компонента</p>
Вязкость	<p>Касательные силы по формуле Ньютона</p> $\tau = \mu \frac{dV}{dn}$ <p>для смеси неассоциированных жидкостей</p> $\lg \mu_{cm} = x_1 \lg \mu_1 + x_2 \lg \mu_2 + \dots + x_n \lg \mu_n$	<p><math>\mu</math> – динамический коэффициент вязкости; <math>V</math> – скорость потока жидкости; <math>n</math> – единица длины изменения скорости по нормали к направлению движения; <math>\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n</math> – динамические коэффициенты вязкости компонентов смеси жидкостей, Па·с; <math>\mu_{cm}</math> – динамический коэффициент вязкости смеси жидкостей, Па·с; <math>x_1, x_2, \dots, x_n</math> – мольные доли компонентов смеси</p>
Теплоемкость	<p>Массовая теплоемкость смеси жидкостей пропорциональна массовой доле компонента смеси и рассчитывается по уравнению</p> $c_{cm} = c_1 \bar{\chi}_1 + c_2 \bar{\chi}_2 + \dots + c_n \bar{\chi}_n$	<p><math>c_{cm}</math> – массовая теплоемкость смеси жидкостей или газов, Дж/(кг·К); <math>c_1, c_2, \dots, c_n</math> – теплоемкости компонентов смеси, Дж/(кг·К); <math>\bar{\chi}_1, \bar{\chi}_2, \dots, \bar{\chi}_n</math> – массовые доли компонентов смеси</p>

В мае–июне 2023 г. провели серию экспериментов, чтобы оценить изменение вязкости дизельного топлива после прохождения через магнитный активатор (рис. 1). Для этого использовали

вискозиметр ВПЖ-3 и засекали время, которое дизельное топливо затрачивало на прохождение через контрольный отрезок. Результаты опытов приведены в табл. 3 и 4.



Рис. 1. Схема установки магнитной активации топлива

Табл. 3. Результаты проведения опытов по изменению вязкости дизельного топлива (разноименные полюсы)

Номер опыта	Количество активаций	Время прохождения жидкости через контрольный отрезок вискозиметра, с	Вязкость дизельного топлива $\mu$ , мм <sup>2</sup> /с
1	1	27,14	$0,01632 \cdot 27,14 \cdot 4,5 = 1,99$
2	2	26,52	$0,01632 \cdot 26,52 \cdot 4,5 = 1,95$
3	4	26,25	$0,01632 \cdot 26,25 \cdot 4,5 = 1,94$
4	8	24,88	$0,01632 \cdot 24,88 \cdot 4,5 = 1,82$
5	16	23,61	$0,01632 \cdot 23,61 \cdot 4,5 = 1,73$
6	32	22,78	$0,01632 \cdot 22,78 \cdot 4,5 = 1,67$
7	64	21,86	$0,01632 \cdot 21,86 \cdot 4,5 = 1,60$
8	128	20,91	$0,01632 \cdot 20,91 \cdot 4,5 = 1,53$

Табл. 4. Результаты проведения опытов по изменению вязкости дизельного топлива (одноименные полюсы)

Номер опыта	Количество активаций	Время прохождения жидкости через контрольный отрезок вискозиметра, с	Вязкость дизельного топлива $\mu$ , мм <sup>2</sup> /с
1	1	27,10	$0,017 \cdot 27,10 \cdot 4,5 = 2,07$
2	2	26,50	$0,017 \cdot 26,52 \cdot 4,5 = 2,028$
3	4	25,14	$0,017 \cdot 25,14 \cdot 4,5 = 1,92$
4	8	24,88	$0,017 \cdot 24,88 \cdot 4,5 = 1,90$
5	16	23,28	$0,017 \cdot 23,28 \cdot 4,5 = 1,78$
6	32	22,78	$0,017 \cdot 22,78 \cdot 4,5 = 1,74$
7	64	21,62	$0,017 \cdot 21,62 \cdot 4,5 = 1,65$
8	128	20,41	$0,017 \cdot 20,41 \cdot 4,5 = 1,56$

Количество проходов жидкости через активатор определялось исходя из геометрической прогрессии: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128 раз.

*Технические характеристики вискозиметра ВПЖ-3.*

Диаметр капилляра – 0,43 мм.

Кинематическая вязкость дизельного топлива (зимнего) – 4,5 мм<sup>2</sup>/с.

Постоянная вискозиметра – 0,01632 мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>.

Вязкость жидкости  $\mu$ , мм<sup>2</sup>/с, измерялась по формуле

$$\mu = K t V,$$

где  $K$  – постоянная вискозиметра, мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;  $V$  – кинематическая вязкость жидкости, мм<sup>2</sup>/с;  $t$  – время истечения жидкости, с.

В первом опыте (см. табл. 3) магниты из внешней и внутренней кассет были расположены разноименными полюсами по отношению к топливопроводу.

Во втором опыте (см. табл. 4) магниты из внешней и внутренней кассет были расположены одноименными полюсами по отношению к топливопроводу.

По результатам проведенных исследований установлено, что использование магнитного активатора способствует снижению вязкости дизельного

топлива при увеличении числа проходов через активатор. Это наблюдаемое снижение вязкости является одним из косвенных показателей эффективности магнитной активации топлива.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что наиболее эффективное снижение вязкости дизельного топлива наблюдается при использовании магнитного активатора с одноименной полюсностью. При использовании активатора с разноименной полюсностью наблюдается обратная динамика: вязкость сначала незначительно снижается на начальных этапах, а затем постепенно возрастает. Стоит отметить, что при выключении магнитного поля наблюдается снижение вязкости в течение первых 10 активаций, причем это снижение более заметное, чем при использовании разноименной полюсности. Однако с дальнейшим увеличением количества активаций, вязкость практически не изменяется (рис. 2).

При проведении стендовых испытаний (рис. 3) активированного дизельного топлива на двигателе ММЗ Д-240 зафиксировано снижение расхода топлива около 7 %, а снижение выбросов – более 15 % по дымности отработавших газов [5, 8].

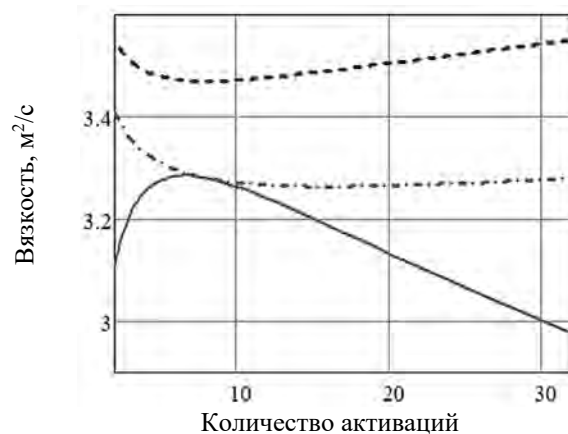


Рис. 2. Зависимость вязкости дизельного топлива от количества циклов активации при различной полярности магнитных наконечников: сплошная линия – одноименные; пунктирная – разноименные; штрихпунктирная – выключены



Рис. 3. Стендовые испытания магнитного активатора топлива



### Заключение

Правильный выбор и использование параметров активатора, связанных с магнитными свойствами, способствуют улучшению экономических и потребительских характеристик углеводородных топлив. Это открывает новые возможности для оптимизации процессов сгорания и повышения энергетической эффективности топлива. Следовательно наша основная цель – успешно

разработать и внедрить магнитный активатор в системы топлива для двигателей внутреннего сгорания. Также стремимся предоставить заводам по производству двигателей соответствующую документацию, которая поможет им оптимизировать процессы и повысить эффективность работы двигателей. Команда авторов полностью нацелена на достижение этих целей и непрерывно работает над совершенствованием технологий и инноваций в области магнитной активации дизельного топлива.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Щурин, К. В.** Теоретическое обоснование характеристик магнетронов для активации жидких диамагнетиков / К. В. Щурин, И. Г. Панин // Информ.-технолог. вестн. – 2023. – № 1 (35). – С. 119–132.
2. **Щурин, К. В.** Прикладные методы магнитной активации диамагнетиков / К. В. Щурин, А. П. Карлюк, И. Г. Панин // Современные материалы, техника и технологии: сб. ст. 12 Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Юго-Запад. гос. ун-т, 2022. – С. 427–432.
3. **Щурин, К. В.** Оценка эффективности магнитной активации жидких углеводородных топлив / К. В. Щурин, Ю. Н. Паныш, А. П. Карлюк // Качество в производственных и социально-экономических системах: сб. ст. 10 Междунар. науч.-техн. конф. – Курск: Юго-Запад. гос. ун-т, 2022. – С. 434–441.
4. **Карлюк, А. П.** Энергетическая оценка молекулярного взаимодействия в структуре углеводородного топлива / А. П. Карлюк, В. Н. Еднач, К. В. Щурин // Рейнжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робототехнических комплексов: сб. ст. Моск. Междунар. межвуз. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 19–20 дек. 2023 г.: в 2 т. – Москва: РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева, 2024. – Т. 2. – С. 104–111.
5. **Щурин, К. В.** Магнитная активация топлива как эффективный способ повышения энергетических и экологических показателей двигателей внутреннего сгорания / К. В. Щурин, Д. А. Жданко // Агропанорама. – 2021. – С. 28–33.
6. **Щурин, К. В.** Оценка эффективности магнитной обработки бензина / К. В. Щурин, Ю. Н. Паныш // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: сб. науч. ст. 7 Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Курск: Юго-Запад. гос. ун-т, 2022. – С. 78–83.
7. **Карлюк, А. П.** Анализ эффективности магнитной активации дизельных топлив / А. П. Карлюк, К. В. Щурин // Актуальные вопросы обеспечения научно-технологической безопасности: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию образования гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь. – Минск: БелИСА, 2023. – С. 71–74.
8. **Карлюк, А. П.** Экологическая эффективность магнитной активации дизельных топлив / А. П. Карлюк, К. В. Щурин // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы его рационального использования: материалы 10 Нац. науч.-техн. конф. – Элиста: КалмГУ им. Б. Б. Городовикова, 2023. – С. 153–158.

*Статья сдана в редакцию 6 марта 2024 года*

Контакты:

karlyuk.aleksej@yandex.ru (Карлюк Алексей Петрович);  
val-ed@mail.ru (Еднач Валерий Николаевич).

**A. P. KARLYUK, V. N. EDNACH**

**ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF MAGNETIC ACTIVATION OF DIESEL FUEL IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

**Abstract**

A thorough and detailed analysis was conducted to investigate the effectiveness of various low energy intensity techniques to improve the performance of diesel fuel. The main purpose of the study was to determine the optimal parameters of magnetic activation to enhance the energy efficiency of diesel fuel. Based on the data obtained, a technology was developed that makes it possible to determine the parameters for maximizing the effect of magnetic activation and to establish optimal magnetotropic parameters. New author's designs of magnetic activators were proposed, which increase the calorific value of diesel fuel and its efficiency in engine operation.

**Keywords:**

heat engines, diesel fuel, calorific value, molecular clusters, diamagnetic materials, connection strength, low-energy effects, neodymium magnet, magnetic activation, viscosity.

**For citation:**

Karlyuk, A. P. Analysis of the effectiveness of magnetic activation of diesel fuel in internal combustion engines / A. P. Karlyuk, V. N. Ednach // Belarusian-Russian University Bulletin. – 2024. – № 2 (83). – P. 16–25.