

## УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИСАДОК

А. Н. КАРТАШЕВИЧ, Е. А. КЫЗЛАСОВ

)( ' . -mail: kartashevich@yandex.ru

07.04.2025)

### **Ключевые слова**

*The main performance characteristics of automotive and tractor diesel engines are the indicators that ensure the installed capacity, fuel efficiency, environmental safety, reliability, depending on a set of design and operational factors. One of the main factors for meeting the required indicators is the quality of the diesel fuel used. Chemical and physical properties of diesel fuel have a significant impact on the organization of mixture formation and combustion processes, toxicity of exhaust gases, reliability indicators of the fuel supply equipment, parts of the cylinder-piston group and the engine as a whole. The most acceptable way to ensure the required indicators of diesel fuel is the use of various additives. As a result of the review, the main indicators of modern cetane-enhancing additives to diesel fuel are presented, providing improved mixture formation and combustion of fuel, which leads to improved power, economic and environmental performance of diesel engines. The main indicators of modern depressant additives to diesel fuel are given, providing improved performance, achieving the maximum filterability temperature and reducing the level of paraffin deposition. The most acceptable way to ensure the required environmental performance of diesel fuel is to use various anti-smoke additives based on barium, manganese and iron compounds. Anti-wear additives based on fatty naphthenic or carboxylic acids increase the service life of the engine, bring fuel performance to compliance with profile regulatory requirements, additionally protect fuel equipment components from corrosion and, as a result, reduce the cost of scheduled maintenance.*

**Key words:** indicator, diesel fuel, performance characteristics.

### **Введение**

Основными эксплуатационными характеристиками автотракторных дизелей являются показатели, обеспечивающие установленную мощность, топливную экономичность, экологическую безопасность, надежность, зависящие от комплекса конструктивных и эксплуатационных факторов. Одним из основных факторов по выполнению требуемых показателей является качество применяемого дизельного топлива. Химические и физические свойства дизельного топлива оказывают существенное влияние на организацию процессов смесеобразования и сгорания, токсичность отработавших газов, показатели надежности топливоподающей аппаратуры, деталей цилиндропоршневой группы и двигателя в целом. Наиболее приемлемым способом обеспечения требуемых показателей дизельного топлива является применение различных присадок.

Наличие обширного парка дизельных силовых установок, работающих длительное время в условиях низких температур, большая удаленность этих зон эксплуатации от источников снабжения, сложность поставок запасных частей требует значительного повышения надежности автотракторной техники.

Опыт эксплуатации машин показывает, что их надежность существенно зависит от климатических условий. Это становится особенно заметно, если машины работают в климате, на который они не рассчитаны. Количество отказов, интенсивность изнашивания деталей в условиях зимней эксплуатации в 3...5 раз выше, чем при положительной температуре окружающей среды [1].

Следует отметить, что дизельного топлива зимних сортов выпускают значительно меньше, чем летних. Нефтеперерабатывающие заводы производят около 11 % зимнего и 1 % арктического дизельного топлива от общего объема. Потребность в зимнем дизельном топливе удовлетворяется менее чем на 50 % [2]. Поэтому зимние сорта топлива следует использовать только в холодное время не допускать их смешивания с летними топливами.

Белорусский стандарт СТБ 1658–2006 [3] предусматривает выпуск дизельных топлив для различных климатических районов. Для районов с умеренным климатом выпускается 6 марок дизельных топлив (А, В, С, D, E, F), имеющих предельные температуры фильтруемости соответственно +5; 0; –5; –10; –15; и –20 °С. Для районов с холодным и арктическим климатом предусмотрен выпуск 5 классов (0,1,3,4,5) дизельного топлива с предельной температурой фильтруемости от –20 до –44 °С.

Целью исследований явилось изучение возможностей использования присадок к дизельным топливам.

Задачей исследования явилось обоснование и создание новых видов дизельных топлив с улучшенными эксплуатационными свойствами.

### Основная часть

Качество дизельного топлива регламентирует ГОСТ 305-82 – «Топливо дизельное. Технические условия» [1], который устанавливает значения основных физико-химических показателей, определяющих качество топлива: цетановое число, кинематическая вязкость, температуры помутнения, застывания и вспышки, массовая доля серы, содержание водорастворимых кислот и щелочей, концентрация физических смол, кислотность, зольность и др. Для обеспечения требуемых значений отдельных показателей на завершающем этапе производства дизельных топлив в смесь дистиллятной газойлевой фракции и продуктов в результате каталитического крекинга вводятся присадки, улучшающие одно или несколько свойств дизельного топлива. Присадки для дизельного топлива подразделяются на следующие группы (рис. 1):

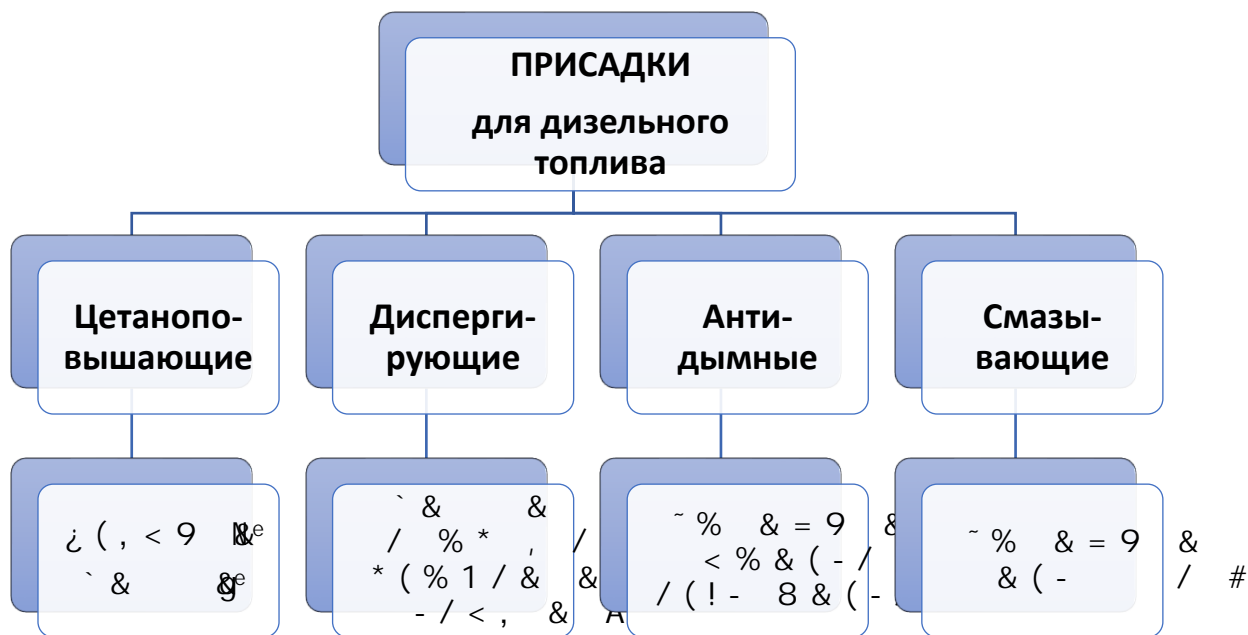


Рис. 1. Присадки для дизельного топлива

Цетаноповышающие (промоторы воспламенения): увеличивают цетановое число топлива, что улучшает его воспламеняемость и снижает время задержки воспламенения. Это способствует более равномерному и полному сгоранию топлива.

Депрессорно-диспергирующие: предотвращают кристаллизацию парафинов в топливе при низких температурах, улучшая его текучесть и предотвращая засорение фильтров.

Противодымные служат для уменьшения дымности отработавших газов.

Смазывающие противоизносные: защищают топливную систему от износа, особенно при использовании малосернистого топлива. Они уменьшают трение и предотвращают коррозию.

Как правило большинство присадок являются многофункциональным, сочетающих в себе несколько функций, таких как улучшение сгорания, защита от износа и повышение мощности двигателя.

По ГОСТ 305-82 цетановое число дизельного топлива должно быть не менее 45. Согласно СТБ 1658–2006 [2] цетановое число должно быть не менее 51 для дизельного топлива, применяемого в

условиях умеренного климата, и 47...49 – для дизельного топлива, применяемого в условиях арктического и холодного климата. Чем выше цетановое число, тем лучше воспламеняемость топлива. В то же время при использовании топлива с повышенным цетановым числом происходит преждевременное воспламенение топливной смеси, которое снижает мощность и экономичность дизеля, повышает дымность отработавших газов. Применение топлива с цетановым числом менее 40 обуславливает жесткую работу двигателя, при которой возникает характерный металлический стук, напоминающий детонацию в двигателе с искровым зажиганием, повышенную вибрацию перегрев деталей цилиндра-поршневой группы.

Для повышения цетанового числа дизельного топлива к нему добавляются кислородосодержащие присадки (органические перекиси, сложные эфиры азотной кислоты –этилнитрат, изопропилнитрат и др.) [3], которые резко снижают период задержки самовоспламенения. Данные присадки ускоряют начальные предпламенные реакции и способствуют образованию новых активных центров реакции. Например, добавление 1 % изопропилнитрата в зимнее, арктическое или низкоцетановое топливо повышает цетановое число на 10...12.

Специалистами фирмы «Юникол» разработана новая эффективная присадка «Миакрон-2000», основу которой составляет этилгексилнитрат. Массовая доля присадки в дизельное топливо должна быть 0,1...0,3 %. Один килограмм цетаноповышающей присадки Миксент 2000 на 1 тонну дизельного топлива повышает цетановое число на 3...4 единицы [4]. Присадка применяется нефтеперерабатывающими заводами для доведения цетанового числа выпускаемого ДТ до нормативных требований по ГОСТ (ТУ). Данная присадка снижает время задержки воспламенения топливной смеси, увеличивает равномерность и полноту сгорания топлива в двигателе, смягчает жесткость работы дизельного двигателя и облегчает его запуск, за счет улучшения сгорания топлива улучшает экологические характеристики и снижают расход топлива на 5...7 % [5].

Цетаноповышающая присадка Difron H 375 снижает шум в двигателе, облегчает холодный запуск. Эта присадка используется также в качестве антиокислителей, так как дизельное топливо начинает окисляться уже через три месяца хранения [6].

Для повышения цетанового числа используются также универсальные присадки с дополнительными возможностями [7]: Liqui Moly Super Diesel Additiv – очищает топливную систему; Hi-Gear – защищает металлические детали и уменьшает расход топлива; ВВF– обладает антикоррозийным эффектом; Lavr – рекомендуется для постоянного использования в условиях низких температур; Castrol TDA – обладает одновременно смазывающим и противоизносным эффектом.

Заводы, производящие дизельное топливо по европейским стандартам, закупают цетаноповышающие присадки в основном за рубежом. Наиболее известные присадки – Kerobrizol (BASF), Hitec 4103W (Afton Chemical Corporation), RV 100 (Total) [8,9].

Низкотемпературные свойства дизельного топлива улучшают двумя способами [3]: удалением из их состава высокоплавких парафинов нормального строения или добавления в них депрессорных присадок. Добавляя эти присадки, можно снизить предельную температуру застывания на 15...20 °С. Механизм действия депрессорных присадок заключается в модификации структуры кристаллизующихся парафинов и уменьшении их размеров. Низкотемпературные свойства дизельного топлива с депрессорными присадками оцениваются по температуре помутнения и предельной температуре фильтрации (ПТФ), а топлив без присадок – по температуре помутнения и застывания.

Эффективность депрессорных присадок во многом определяется составом дизельного топлива и его характеристиками. Топлива с разными характеристиками обладают отличными способностями к приемистости депрессоров [10]. Дизельные топлива с широкими пределами выкипания расширенного фракционного состава (РФС) более восприимчивы к депрессорам, чем топлива узкого фракционного состава (УзФС). Данные по эффективности отдельных присадок представлены в таблице.

Данные эффективности присадок [2]

| Присадка             | Концентрация Присадки, % | ПТФ, °С |      |
|----------------------|--------------------------|---------|------|
|                      |                          | РФС     | УзФС |
| Без присадки         | –                        | –6      | –4   |
| ДДП-Антигель         | 0,2                      | –18     | –15  |
| Dodiflow 5416        | 0,05                     | –20     | –15  |
| <b>Keroflux 3501</b> | 0,05                     | –22     | –18  |
| <b>Difron 389</b>    | 0,05                     | –21     | –19  |

Что касается группового углеводородного состава топлив, то его влияние на эффективность присадок разного строения также неодинаково. Углеводороды могут быть расположены по убыванию восприимчивости к депрессорам в следующем порядке: n-парафины, ароматические углеводороды, изопарафины и нафтены.

Присутствие n-парафинов в дизельном топливе значительно ухудшает его низкотемпературные свойства, так как они имеют высокую температуру застывания.

Присадка ДДП-Антигель [11] предназначена для улучшения низкотемпературных свойств средних дистиллятов, позволяет снижать предельную температуру фильтруемости и температуру застывания дизельных и легких печных топлив, а также улучшает дисперсную устойчивость парафиновых углеводородов в дизельном топливе при его хранении ниже температуры помутнения. Это достигается уменьшением размеров и предотвращением агломерации кристаллов парафинов. Для достижения требуемой предельной фильтруемости или температуры застывания, в зависимости от характеристик среднего дистиллята достаточна дозировка 1,5...2,0 кг/т. Присадка обеспечивает снижение предельной фильтруемости до -20...-24 °С, температуры застывания до -30...-35 °С, улучшение противоизносных свойств на 25...30 %, повышение стабильности (седиментационной устойчивости) дизельного топлива при низких температурах.

Депрессорно-диспергирующая присадка Dodiflow 5416 [12] специально предназначена для получения зимнего топлива и улучшает дисперсную устойчивость парафиновых углеводородов в дизельном топливе при его хранении ниже температуры помутнения.

Благодаря широкому сектору активности она эффективна для разных топлив, включая средние дистилляты с узким фракционным составом с различными температурными показателями разгонки. Хорошая диспергируемость кристаллов парафинов в дизельном топливе делает возможным их продолжительное хранение при температуре ниже температуры помутнения без заметной седиментации парафинов. Для достижения требуемой предельной температуры фильтруемости или температуры застывания в зависимости от характеристик среднего дистиллята достаточна дозировка 50...500 г/т.

Депрессорно-диспергирующая присадка Keroflux 3501 [13] – комплексная присадка производства немецкого концерна BASF, предназначена для понижения температуры замерзания и предельной температуры фильтруемости дизельного топлива, а также улучшению текучести и предотвращению выпадения парафинов в осадок при низких температурах.

Присадка модифицирует кристаллы высших парафинов, предотвращая формирование когерентной решетки кристаллов парафинов, что позволяет значительно снизить предельные температуры фильтруемости и замерзания дизельного топлива.

Присадка Keroflux 3501 оказывает воздействие на дизельное топливо и в качестве диспергатора, уменьшая размеры кристаллов парафина и препятствуя воссоединению измельченных парафиновых кристаллов за счет электростатического эффекта.

Процентное соотношение присадки Keroflux 3501 к дизельному топливу такое же, как у всех депрессорно-диспергирующих присадок и составляет от 0,01 до 0,1 % (от 100 гр. до 1000 гр. на 1 тонну).

Оптимальное соотношение составляет от 0,03 % до 0,06 % (0,3...0,6 кг/т).

Депрессорно-диспергирующая присадка Difron 389 [14] представляет собой смесь беззольных полимеров, растворенных в нефтяном растворителе. Присадка разработана для модификации кристаллов парафинов для улучшения эксплуатационных качеств, достижения предельной температуры фильтруемости и снижения уровня осаждения парафинов в топливах средней дистилляции при хранении ниже температуры помутнения. Дозировка 500 г/т.

Присадка Difron 3319 [15] по воздействию во многом идентична с ДДП-Антигель, но дозировка этой высококачественной европейской присадки в два раза меньше, чем Антигелем (1 л/м<sup>3</sup>).

Депрессорные присадки этилцеллозольва (жидкость «И») и ТГФ-М существенно снижают температуру застывания и предельную температуру фильтруемости и практически не изменяет температуру помутнения.

Присадка «Аспект-Д» вводится в летние и зимние топлива из расчета 2 г на 2 кг топлива и обеспечивает бесперебойную работу дизеля до температуры – 20 °С.

Рост парка автомобильных двигателей, увеличение единичных мощностей и расширение сферы их применения приводит к загрязнению атмосферы токсичными веществами отработавших газов (ОГ) ДВС, увеличению их вредного воздействия.

В развитых странах мира в результате соответствующих законодательных ограничений за последние 10...15 лет наблюдается устойчивая тенденция снижения выбросов вредных веществ с ОГ автомобилей.

Снижение токсичности всех новых тракторов и автомобилей должно быть таким, чтобы обеспечить снижение вредных выбросов по всем действующим нормам.

Двигатели загрязняют атмосферу вредными веществами, выбрасываемыми с отработавшими газами (более 95 %), картерными газами и топливными испарениями.

Так как рабочий процесс ДВС осуществляется по разомкнутому циклу, то выброс в окружающую среду ОГ является неотъемлемым условием их работы. При идеальном сгорании стехиометрической смеси углеводородного топлива с воздухом в продуктах сгорания должны присутствовать только нетоксичные компоненты  $N_2$ ,  $CO_2$  и  $H_2O$ . В реальных же условиях ОГ содержат продукты неполного сгорания и представляют собой аэрозоль сложного состава, содержащую более 1000 компонентов. Основной массовый их состав – это нетоксичные элементы, но наряду с ними присутствуют и некоторые токсичные вещества. К таким веществам ОГ ДВС относятся: оксиды азота ( $NO_x$ ), сажа (С), альдегиды (RCHO), оксиды углерода (CO), углеводороды ( $C_nH_m$ ), в том числе канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), оксиды серы и др. [16].

Снижение токсичности ОГ до допустимых пределов представляет собой сложную научно-техническую задачу, при решении которой большое значение имеет стоимость тех или иных проводимых мероприятий, а также необходимость обеспечения сохранения высоких экономических, энергетических и других показателей двигателей.

Исторически снижение токсичности ОГ осуществлялось в первую очередь путем совершенствования традиционных процессов смесеобразования и сгорания при одновременной оптимизации управления двигателем (состав смеси и угол опережения зажигания). Практика показала, что достичь при этом уровня токсичности ОГ, требуемого законодательством развитых стран, нельзя. Поэтому широкое применение получил второй путь – нейтрализация ОГ в системе выпуска, при котором токсичные газы (CO,  $C_nH_m$  и  $NO_x$ ), вышедшие из цилиндров двигателя, нейтрализуются в системе выпуска до выброса их в атмосферу. Улучшение показателей

В России были допущены к применению в дизельных топливах противодымные присадки, содержащие барий: ИХП-702, ИХП-706, ЭФАБ-Б, Ангарад-2401, Lubrizol-8288 и др. [17].

ИХП-702 – первая антидымная присадка, разработанная в Баку в 1960–1970-е годы. Она представляла собой топливорастворимый диалкилфенолят бария, получаемый непосредственным действием гидроксида бария на алкилфенол. При введении в топлива в концентрации 1 % присадка обеспечивала снижение сажи в отработавших газах на 50...80 %.

ИХП-706 – превосходила предыдущую присадку по содержанию бария и, следовательно, антидымной активности. Увеличение концентрации металла достигалось карбонацией, т.е. обработкой реакционной массы углекислым газом. За счет этой операции концентрация бария в присадке увеличивалась в полтора раза. Рекомендуемая концентрация присадки в топливе составляла 0,2...0,5 %.

Обе присадки были причиной образования отложений на распылителях форсунки, что ухудшало геометрию струи и характеристики распыливания топлива.

ЭФАБ-Б – композиция алкилфенолята бария (65 %), диспергирующего компонента (5 %) и растворителя (30 %), подобранного таким образом, чтобы обеспечить низкую температуру застывания присадки и невысокую вязкость.

Ангарад-2401 – смесь алкилфенолята бария (50–90 %), основания Маниха (10–50 %) и ФК-4 (0,1–5 %). По данным стендовых испытаний дизеля КАМАЗ-740 введение 0,3 % присадки в дизельное топливо дымность отработавших газов снижается примерно вдвое.

Lubrizol-8288 – композиция алкилфенолята бария с азотсодержащей диспергирующей добавкой в отношении 10:4. При испытаниях дизельного топлива с 0,1 % присадки дымность отработавших газов снижалась в среднем на 23 %.

Эффективность антидымных присадок зависит от типа двигателя и режима его работы. При стендовых испытаниях она составляет 30...70 %, а в условиях эксплуатации может быть гораздо выше. При испытании присадок, содержащих барий, на двигателях с предварительным смесеобразованием был получен больший эффект, чем на двигателях с прямым впрыском [18, 19].

При сгорании топлива с присадкой образуются сульфаты и карбонаты бария, а также карбоновые кислоты. Сульфат бария нерастворим в воде и не считается ядовитым, карбонат бария токсичен, концентрация которого, а отработавших газов может в несколько раз превышать ПДК.

Несмотря на то, что антидымный эффект находится в прямой зависимости от содержания бария в топливе, рекомендуемые концентрации присадок ограничены. Их повышенная зольность приводит к образованию отложений в камере сгорания, а иногда – к ускоренному износу деталей двигателя и топливной аппаратуры. Кроме того, продукты сгорания присадок выбрасываются в атмосферу в виде

твердых частиц. На практике этот недостаток компенсируется снижением образования сажи, которая также представляет собой твердые частицы, причем более опасные, чем неорганическая зола.

В качестве антидымных присадок могут использоваться соединения марганца, например, Nitesc-300, но они гораздо дороже чем присадки на основе бария.

В АО 2НАМИ-ХИМ» исследованы железосодержащие присадки, которые проявили достаточно высокую эффективность в двигателях с предкамерным смесеобразованием, но были малоэффективны при испытаниях на двигателях с непосредственным впрыском.

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза к дизельным топливам предъявляются жесткие требования по содержанию серы.

Требования экологических классов дизельного топлива следующие [20]:

K3 – содержание серы не более 350мг/кг;

K4 – содержание серы не более 50мг/кг;

K5 – содержание серы не более 10мг/кг.

Основным способом уменьшения содержания серы и серосодержащих органических соединений является процесс гидроочистки. Однако в связи с глубокой гидроочисткой дизельных фракций значительно ухудшаются противоизносные свойства дизельных топлив, которые приводят к износу деталей топливной аппаратуры. Это происходит за счет вымывания полярных молекул, образующих граничный слой толщиной менее 1 мкм на трущихся парах топливной системы. Именно данный слой уменьшает силу трения и предотвращает износ при граничном трении деталей, имеющих зазор, равный 1...3 мкм [21]. Улучшить смазывающие характеристики дизельных топлив можно использованием противоизносных присадок. Рабочие концентрации этих присадок в дизельных топливах составляют 0,002...0,004 %. Однако при наличии в топливах других присадок, например, цетаноповышающих, рабочие концентрации которых на порядок выше, наблюдается конкуренция присадок за поверхность, в которой противоизносные присадки проигрывают, поэтому в действительности в дизельные топлива их вводят в концентрации 0,015...0,025 % [22].

В основе принципа действия противоизносных присадок лежит образование прочной трибологической пленки на рабочей поверхности деталей, которая минимизирует износ и помогает защитить металл от едких кислот [23]. Пленка состоит из продуктов механохимических превращений присадки на поверхности металла. Способ ее формирования зависит от режима трения. С исследовательской целью используется более десяти различных методов оценки смазывающих свойств по следующим показателям: коэффициент трения, средний диаметр пятна износа, критическая нагрузка до заедания и др. На основании исследований, проведенной компанией BOSCH, установлено, что использовании топлива с диаметром пятна износа более 410 мкм топливный насос подвергается повышенному износу [21].

Одной из первых противоизносных присадок была присадка на основе нафтенных кислот. Однако эти кислоты имеют один очень серьезный недостаток – вызывают коррозию металлов. В связи с этим были предложены альтернативные виды сырья для производства присадок – жирные кислоты, выделяемые из талловых масел, а также их производные, в частности, сложные эфиры, амины и амиды. Жирные кислоты обладают значительной поверхностной активностью и образуют прочные хемосорбционные слои на поверхности металла, снижающие трение механизмов.

На их основе получены присадки Миксент 2030, Байкат, СНИМТЕС H200 и Difron LT345, Dobilube 4940, NiTEC 4140A, Kerokor LA 99 C BASF [24].

Для уменьшения износа топливной аппаратуры разработана присадка Molecule [21], представляющая собой смесь жирных карбоновых кислот в углеводородном растворителе. Она предназначена для малосернистых дизельных топлив, прошедших гидроочистку. Введение присадки в топливо в концентрации 200 ppm улучшает смазывающие свойства на 40...50 %, а диаметр пятна износа уменьшается с 550 до 370...330 мкм.

### **Заключение**

1. В результате проведенного обзора представлены основные показатели современных цетаноповышающих присадок к дизельному топливу, обеспечивающих улучшение смесеобразования и сгорания топлива, описан механизм их действия, химический состав, что приводит к улучшению мощностных, экономических и экологических характеристик работы дизельных двигателей.

2. Представлены основные показатели современных депрессорных присадок к дизельному топливу, обеспечивающих улучшение эксплуатационных качеств, достижения предельной температуры фильтруемости и снижения уровня осаждения парафинов.

3. Наиболее приемлемым способом обеспечения требуемых экологических показателей дизельного топлива является применение противодымных присадок в основе которых используются соединения бария, марганца и железа.

4. Противоизносные присадки на основе жирных нефтяных или карбоновых кислот повышают эксплуатационный ресурс двигателя, доводят показатели топлива до соответствия профильным нормативным требованиям, дополнительно защищают элементы топливной аппаратуры от коррозии и, как следствие, снижают расходы на плановое техническое обслуживание.

1. Топливо дизельное. Технические условия: ГОСТ 305-82: введ. 01.01.1983. – М., 2003.

2. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические требования и методы испытания: СТБ 1658–2006; введ. 01.02. 2007. – Минск, 2006.

3. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 420 с.

4. Цетаноповышающая присадка к дизельному топливу Миксент 2000. – URL: <https://miksentr.ru/cetanopovyshayushhaya-prisadka/>(дата обращения 08.01.2025).

5. Испытания противоизносной присадки МИКСЕНТ 2030 – URL: <https://miksentr.ru/stati/stati/isyptaniya-protivoiznosnoy-prisadki-miksentr-2030.html>(дата обращения 08.01.2025).

6. Цетаноповышающие присадки. Особенности применения. – URL: <https://www.topreq.ru /stati-i-jbsori/> (дата обращения 08.01.2025).

7. Цетаноповышающие присадки. – URL: <https://www.ofptr.ru /bloq/> (дата обращения 08.01.2025).

8. Цетаноповышающие присадка для дизельного топлива. – URL: <https://lakeevsn.ru/teknologii> (дата обращения 08.01.2025).

9. Получение присадок, повышающих цетановое число дизельного топлива из вторичного сырья и изучение их свойств. – URL: <https://Zuniversum /ru.com/tech/arcive/item/17350> (дата обращения 08.01.2025).

10. Воздействие депрессорно-диспергирующих присадок на дизельное топливо в зависимости от его состава и свойств. – URL: <https://www.topreq.ru/stati-i-obzori/> (дата обращения 08.01.2025).

11. ДДП-Антигель. – URL: <https://www.Компания-кондор.ру /ddp-antiqel> (дата обращения 08.01.2025).

12. Dodiflow 5416 Депрессорно-диспергирующая присадка. – URL: <https://chimtec.ru/product/diesel/antiqel/ Dodiflow 5416>(дата обращения 08.01.2025).

13. Депрессорно-диспергирующая присадка Keroflux 3501. – URL: <https://miksentr.ru/depressorno-dispergirujushhaya-prisadka/keroflux-3501.php>(дата обращения 08.01.2025).

14. Difron 389. Депрессорно-диспергирующая присадка. – URL: <https://www.topreq.ru/>(дата обращения 08.01.2025).

15. Важные особенности депрессорно-диспергирующих присадок. – URL: <https://www.topreq.ru/stati-i- odzori/>(дата обращения 08.01.2025).

16. Карташевич, А. Н. Двигатели внутреннего сгорания. Основы теории и расчета: учебное пособие / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок. – Горки, БГСХА, 2011. – 312 с.

17. Мельберт, А. А. Результаты исследования по применению антидымных присадок в дизельное топливо / А. А. Мельберт, А. А. Мельберт, К. С. Боков // Ползуновский вестник. – №2. – 2015. – №2. – С. 99–102.

18. Данилов, А. М. Применение присадок в топливах / А. М. Данилов. – СПб.: Химиздат, 2010. – 386 с.

19. Капустин, В. М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками / В. М. Капустин. – М.: Колос, 2008. – 232 с.

20. Добавки в дизельное топливо. – URL: <https://mikset.ru/> (дата обращения 08.01.2025).

21. Противоизносные (смазывающие) присадки в дизельное топливо. – URL: <https://prisadkidt.ru/> (дата обращения 08.01.2025).

22. Противоизносные присадки для дизельных топлив. – URL: <https://chimtec.ru> (дата обращения 08.01.2025).

23. Как защитить дизельный двигатель? Противоизносные присадки. – URL: <https://oduvanshik-him/ru/> (дата обращения 08.01.2025).

24. Противоизносные (смазывающие) присадки. – URL: <https://ww. toreq.ru> (дата обращения 08.01.2025).