

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

На правах рукописи

Бектилезов Алдаберген Юсупович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ
ТОПЛИВ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК**

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания
в сельском хозяйстве

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
старший научный сотрудник
Остриков Валерий Васильевич

Тамбов – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	12
1.1 Анализ основных эксплуатационных характеристик дизельного топлива и их влияние на износ и техническое состояние двигателей.....	12
1.2 Оценка состояния качества дизельных топлив, используемых в сельскохозяйственных предприятиях.....	22
1.3 Способы и средства очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив.....	31
1.4 Выводы, цель и задачи исследований.....	47
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ТОПЛИВ ОТ ПРИМЕСЕЙ И УЛУЧШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ.....	49
2.1 Обоснование способа удаления примесей из дизельного топлива под действием коагулянтов.....	49
2.2 Определение аналитических зависимостей процесса удаления мелкодиспергированных примесей в поле центробежных сил.....	55
2.3 Аналитическая оценка процесса очистки топлив от свободной и растворенной воды.....	62
2.4 Определение рациональных характеристик процесса смешивания дизельных топлив с депрессорными присадками.....	71
2.5 Выводы.....	78
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	81
3.1 Методика исследований физико–химических характеристик дизельного топлива.....	84
3.2 Определение дисперсного состава примесей и загрязнений дизельного топлива.....	83
3.3 Выбор коагулянтов и определение рациональных параметров процесса укрупнения примесей и смол в дизельном топливе для их последующего удаления.....	86

3.4 Методика проведения исследований по удалению из топлив примесей, смол, свободной и растворенной воды.....	88
3.5 Методика проведения исследований по повышению смазывающих свойств топлива.....	92
3.6 Методика исследования процессов повышения низкотемпературных свойств дизельного топлива.....	94
3.7 Методика проведения производственных испытаний технологического процесса очистки топлива и повышения его эксплуатационных свойств.....	95
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	98
4.1 Исследование свойств коагулянтов для укрупнения растворенных в дизельном топливе смол, примесей	98
4.2. Оценка изменения дисперсного состава загрязнений и примесей в дизельном топливе под действием коагулянтов.....	107
4.3 Результаты исследований по удалению механических примесей и смол из дизельного топлива методом центрифугирования и разработка способа очистки.....	113
4.4 Исследование процессов удаления растворенной и свободной воды из дизельного топлива.....	124
4.5 Повышение смазывающих свойств дизельного топлива.....	131
4.6 Результаты исследований по улучшению низкотемпературных характеристик дизельного топлива.....	141
4.7 Разработка установки для очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельного топлива.....	149
4.8 Результаты производственных испытаний способов и оборудования для очистки топлив и повышения эксплуатационных свойств.....	156
4.9 Выводы.....	165
5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	168

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	175
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	178
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	191

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Сельскохозяйственное производство является одним из основных потребителей дизельного топлива. На его долю приходится более 50 % всех топлив, производимых в стране. От качества используемого дизельного топлива, его эксплуатационных свойств во многом зависит надежность работы тракторов, комбайнов и автомобилей.

По данным ряда ведущих НИИ, контрольных органов Ростехнадзора, предприятий Министерства сельского хозяйства приобретаемые и хранящиеся на нефтескладах сельхозпредприятий топлива в 20 % случаев не соответствуют требованиям стандартов по фракционному составу и содержанию фактических смол, 30 % топлив имеют низкие смазывающие свойства, более 30 % топлив имеют неудовлетворительные низкотемпературные свойства, около 20 % содержат примеси и загрязнения, 15 – 20 % топлив обводнены.

В процессе хранения топлив из-за низкого технического состояния нефтескладов сельхозпредприятий оно загрязняется механическими примесями и водой, окисляется под действием кислорода воздуха и взаимодействия со стенками емкостей, подвержено отрицательному воздействию перепада температур, что влечет изменение его свойств.

Использование загрязненного дизельного топлива приводит к местному износу плунжерных пар и уменьшению срока службы насоса высокого давления в 5 – 6 раз. Увеличение содержания фактических смол, продуктов окисления в топливе может вызывать повышенное нагарообразование, склонность к образованию специфических отложений на деталях цилиндра – поршневой группы. Присутствие в топливе только 0,1 % воды приводит к повышению коэффициента фильтруемости топлива на 5 – 10 %. Около 40 % отказов топливной аппаратуры двигателей тракторов происходит из-за низких смазывающих свойств дизельных топлив. Отклонение основных характеристик топлив от требований ГОСТ может увеличивать расход топлива при его сжигании в ДВС на 15-20 и более процентов.

Все это говорит о необходимости и актуальности принятия кардинальных мер по организации и упорядочению системы производства и поставок нефтепродуктов в АПК, модернизации технического состояния баз хранения нефтепродуктов у сельского товаропроизводителя. Требуется разработка простых и доступных способов, технологий и технических средств повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив в условиях сельхозпроизводителя, позволяющих снизить затраты на производство сельхозпродукции, ремонт и обслуживание техники.

Степень разработанности темы. В решение проблем повышения эксплуатационных свойств нефтепродуктов и повышения надежности работы машин внесли вклад такие ученые как Венцель Е.С., Папок К.К., Братков А.А., Большаков Г.Ф., Кулиев А.М., Школьников В.М., Остриков В.В., Резников В.Д., Лебедев А.Т., Сафонов В.В., Уханов А.П., Antonellis D., Brinkman D. W., Ленский А.В., Картошкин А.П. и др.

Раскрытие вопросов изменения свойств дизельных топлив в процессе их хранения, транспортировки и использования представлено в работах Удлера Э.И., Лышко Г.П., Быстрицкой А.П., Нагорнова С.А., Лебедева В.В., Григорьева М.А., Коваленко В.П., Голубева И.Г. и т.д.

Весомый вклад в разработку методов и способов улучшения характеристик топлив за счет удаления из них механических примесей и воды принадлежит Рыбакову К.В., Коваленко В.П., Итинской Н.И., Кузнецову А.В., Острикову В.В., Большакову Г.Ф., Быстрицкой А.П. и др.

Анализируя состав и свойства дизельных топлив, результаты исследований по повышению их эксплуатационных характеристик следует отметить, что большинство исследований направлено на решение проблем очистки топлив от механических примесей и воды, образующихся при их хранении.

Пока отсутствуют высокоэффективные способы удаления из топлив смол, асфальтенов, адаптированные к условиям сельхозпроизводства. Неразрешенными остаются вопросы повышения смазывающих свойств дизельных топлив перед их применением в двигателях тракторов. Существующие добавки и присадки мало

востребованы в АПК, т.к. их применение требует организации дорогостоящих технологических процессов, рассчитанных на большие объемы топлив.

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении Всероссийский научно – исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве в соответствии с заданием 09.04.07 «Разработать технологии, новые материалы, приборов и оборудование для эффективного использования моторного топлива и смазочных материалов».

Цель работы – повышение эксплуатационных свойств дизельных топлив за счет удаления примесей, растворенной воды, улучшения смазывающих и низкотемпературных характеристик топлив в условиях предприятий АПК.

В соответствии с поставленной целью выдвигаются следующие **задачи исследований**:

- теоретически обосновать способ удаления растворенных примесей из дизельных топлив за счет их предварительной коагуляции;
- разработать аналитические зависимости процесса удаления скоагулировавшихся смол, продуктов окисления, свободной и растворенной воды из дизельного топлива;
- определить рациональные характеристики процессов повышения смазывающих и низкотемпературных свойств топлив введением присадок;
- провести лабораторные исследования и производственные испытания способа очистки и технологического процесса повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив и разработать установку для их осуществления;
- рассчитать экономическую эффективность внедрения предложенных решений в сельскохозяйственное производство.

Объекты исследований – технологические процессы очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив.

Предметы исследований – закономерности изменения характеристик дизельных топлив в процессе их очистки от смол, продуктов окисления и растворенной воды, повышения смазывающих и низкотемпературных свойств.

Научную новизну диссертационной работы составляют:

- способ очистки и удаления примесей из дизельных топлив под действием коагулянта – водного раствора карбамида;
- аналитические зависимости процесса удаления скоагулировавших смол и продуктов окисления из дизельных топлив в поле центробежных сил;
- зависимости процесса удаления свободной и растворенной воды из дизельных топлив с учетом ударно – вращательных сил струи топлива в центрифуге и давления потока воздуха при различной температуре;
- рациональные характеристики процессов смешивания дизельных топлив с депрессорными присадками в зависимости от исходных низкотемпературных свойств топлива.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты теоретических исследований позволяют: обосновать способ удаления примесей из дизельного топлива, установить аналитические зависимости процесса удаления смол и продуктов окисления под действием коагулянтов в поле центробежных сил, определить аналитические зависимости процесса удаления растворенной воды из топлива и рациональные характеристики процессов повышения низкотемпературных свойств топлив. Применение разработанных технологических решений и установки для очистки топлив и повышения их эксплуатационных свойств позволяет повысить надежность работы двигателей тракторов, снизить затраты на ремонт и эксплуатацию сельскохозяйственной техники.

Методология и методы исследований. Теоретические исследования по обоснованию способа удаления смол и примесей проводились на основе известных законов коагуляции с последующим теоретическим анализом процесса центрифугирования укрупненных загрязнений. Теоретическая оценка процессов удаления растворенной воды выполнена на основе анализа с использованием классических закономерностей процесса тепломассопереноса и основ гидродинамики с учетом принятых особенностей влагоудаления. Установление рациональной концентрации внесения депрессорных присадок в топливо основывалось на рассмот-

рении уравнений материального баланса и определения границ эффективности действия присадок в зависимости от низкотемпературных свойств топлив.

Экспериментальные исследования процессов удаления примесей и воды проведены на основании теории планирования экспериментов. Результаты обрабатывались с помощью методов математической статистики. Установка для очистки топлив от примесей изготавливалась в экспериментальном производстве ФГБНУ ВНИИТиН.

Практическая значимость выполненных исследований подтверждена использованием технологического процесса повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив в ООО «Акцент Агро», ООО «Меркурий», СХПК ПЗ колхоз им. Ленина Тамбовской области.

На защиту выносятся:

- способ очистки дизельных топлив под действием коагулянта – карбамида, способствующего удалению из топлив смол и продуктов окисления;
- аналитические зависимости процесса центрифугирования топлива с учетом укрупнения примесей;
- зависимости процесса удаления воды из топлива, позволяющие определять размер капли воды оседающих в роторе центрифуги и растворенной воды, удаляемой в результате ударного взаимодействия струи со стенкой корпуса центрифуги;
- характеристики процесса смешивания дизельного топлива с депрессорными присадками, позволяющие определять концентрацию вносимых присадок в зависимости от исходных низкотемпературных свойств топлива.

Личный вклад автора. Автору принадлежит постановка проблемы и разработка программы исследований, а также непосредственное участие в разработке способа очистки топлив от примесей, проведении физико – химического анализа проб топлив в условиях химической лаборатории ФГБНУ ВНИИТиН. С его участием разработан и изготовлен экспериментальный образец установки для очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив, проводились испытания технологических процессов удаления примесей, повышения смазываю-

щих и низкотемпературных свойств топлив, обработка результатов экспериментальных данных и их анализ, подготовка статей в журналы и сборники. Сделанные в диссертации выводы и практические рекомендации конкретны и обоснованы.

Реализация результатов исследований. Экспериментальный образец установки и технологический процесс очистки топлив и повышения их эксплуатационных свойств используется в ООО «Акцент Агро», ООО «Меркурий», СХПК ПЗ колхоз им. Ленина Тамбовской области. Отдельные результаты исследований включаются в дипломные, магистерские работы студентов инженерного факультета Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир – Хана.

Степень достоверности и апробации работы. Достоверность подтверждена высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, а общая средняя ошибка опытов не превышает 5 %.

Основные положения и результаты работы доложены, обсуждены и одобрены на конференциях «Dynamika naukowych badan-2011», XVI Международной научно – практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции», г. Тамбов, ГНУ ВНИИТиН, 2011, «Naukowa mysl informacyjnej rowieki-2012», Международной научно – технической конференции «Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных технологий и автоматизированных систем, Углич, 2012, Международного научно – технического семинара им. В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», Саратов, 2012, XVII Международной научно – практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции - новые технологии и техника нового поколения, Тамбов, 2013, Международного научно – технического семинара им. В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», Саратов, 2013, Международной научно – практической конференции «Современные интеграционные приоритеты науки: от исследований до инноваций, г. Уральск, Западно - Казах-

станский аграрно – технический университет им. Жангир – хана, 2013, Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях», Тамбов, ТГТУ, 2014.

Публикации по теме диссертации. По результатам проведенных исследований опубликовано 20 научных статей в ведущих научных журналах, в том числе в 4 журналах, рекомендованных ВАК, получен патент на изобретение № 2477303 «Способ очистки дизельного топлива», 10.03.2013 г. Общий объем публикации составляет 2,75 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,35 п.л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, приложений и списка литературы из 129 наименований, изложена на 190 страницах машинописного текста, содержащего 79 рисунков, 27 таблиц.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Анализ основных эксплуатационных характеристик дизельного топлива и их влияние на износ и техническое состояние двигателей

Дизельные топлива являются одним из самых востребованных нефтепродуктов, используемых в сельскохозяйственной технике.

Состав, свойства и качество используемых в двигателях тракторов и автомобилей дизельных топлив в значительной степени определяет ресурс и надежность узлов и деталей топливной аппаратуры и цилиндро-поршневой группы.

Возможность осуществления высокой степени сжатия позволяет понизить удельный расход топлива в дизелях по сравнению с карбюраторными двигателями на 25-30 %. Важнейшими эксплуатационными характеристиками дизельного топлива являются цетановое число, фракционный состав, низкотемпературные и смазывающие свойства, степень чистоты, вязкость, наличие соединения серы, углеводородов и металлов, а также температура вспышки, определяющая безопасность применения топлива в дизельных двигателях [1].

Цетановое число определяет жесткость рабочего процесса, расход топлива и загрязненность отработанных газов. Чем выше цетановое число, тем менее жестко работает двигатель. Чем выше цетановое число дизельного топлива, тем скорее воспламенится смесь и запусится двигатель. Однако с повышением цетанового числа ухудшается экономичность двигателя и повышается дымность отработанных газов [1].

Цетановое число дизельного топлива зависит от его углеводородного состава. Нафтеновые углеводороды обладают невысокими цетановыми числами по сравнению с ароматическими. Установлено, что чем выше температура кипения топлива, тем выше цетановое число [1], и эта зависимость носит линейный характер.

Применение в двигателях дизельного топлива с цетановым числом менее 40 приводит к жесткой работе двигателя внутреннего сгорания (ДВС), а при использовании топлив с цетановым числом 47... 50 значительно увеличивается удельный расход топлива [1].

Для повышения цетанового числа дизельных топлив используются специальные присадки, которые могут добавляться в топлива как на стадии его производства, так и в процессе использования топлив в двигателях машин [1].

Однако и в тех и других случаях могут присутствовать отрицательные побочные эффекты, от действия присадок, которые влияют на свойства топлив, например повышается коксуемость топлива.

Использование присадок и добавок к топливу, повышающих цетановое число топлива при его непосредственном применении в условиях эксплуатации, может привести к крайне отрицательным результатам и аварийному выходу из строя двигателя.

Цетановое число определяют сравнивая воспламеняемость испытуемого топлива с эталонным. Имеется множество расчетных формул для определения цетанового числа (ЦЧ), например по их плотности и кинематической вязкости [1,2,3,4,5]:

$$\text{ЦЧ} = (v_{20} + 17,8)1,5879/d_4^{20}$$

или, исходя из углеводородного состава:

$$\text{ЦЧ} = 0,85\Pi + 0,1Н - 0,2 А$$

где Π , $Н$, $А$ – содержание парафиновых, нафтеновых, ароматических углеводородов.

По данным формулам можно приблизительно рассчитать цетановое число, и они не применимы для топлив с «цетановыми» присадками, а также для топлив, содержащих легкие бензиновые фракции.

$$\text{ЦЧ} = 454,74 - 1641,41d + 774,74 d^2 - 0,554t + 97,803 (\lg t)^2$$

где d – плотность при 15°C, г/см³, t – температура кипения 50 % - ной фракции, °С, \lg – десятичный логарифм.

Данная формула может быть использована для топлив получаемых прямой перегонкой нефти, цетановый индекс дистиллятных дизельных топлив чаще определяют по номограммам [1].

Скорость смесеобразования и полнота испарения впрыскнутого в цилиндр двигателя топлива обусловлены температурой, давлением, вихревым движением воздуха в камере сгорания, качеством распыливания и испаряемостью топлива. Испаряемость топлива характеризуется его фракционным составом [1,2,3].

С возрастанием потребности в дизельном топливе допускается использовать топливо с расширенным фракционным составом – с пониженной температурой начала кипения и повышенной температурой конца кипения [1]. Однако снижение температуры начала кипения топлива приводит к образованию в системе питания паровых пробок, облегчение фракционного состава топлива, например при добавлении к нему бензиновых фракций, приводит в случае их чрезмерного содержания к жесткой работе двигателя.

Топливо должно иметь некоторое количество легких фракций, способствующих облегчению запуска двигателя, но слишком их большое количество приводит к резкому повышению давления и стукам.

С другой стороны, сгорание топлива с утяжеленным фракционным составом происходит не в полной мере и сопровождается дымлением, усиленным лако - и нагарообразованием на поверхностях поршней ДВС, увеличением расхода топлива.

В то же время по заявлениям авторов [1,2,3,6], влияние фракционного состава топлива для двигателей различных типов неодинаково. Двигатели с предкамерным и вихрекамерным смесеобразованием вследствие наличия разогретых до высокой температуры стенок предкамеры и более благоприятных условий сгорания менее чувствительны к фракционному составу топлива, чем двигатели с непосредственным впрыском. Наддув двигателя, создающий повышенный термический режим камеры сгорания обеспечивает возможность нормальной работы на топливах утяжеленного фракционного состава [1,7].

Испаряемость топлива оказывает значительное влияние на запуск двигателя. При запуске создаются неблагоприятные условия для смесеобразования и самовоспламенения топлива из-за недостаточно высокой температуры в конце такта сжатия. Поэтому большое количество теплоты передается холодным стенкам, а часть сжимаемого воздуха при небольших пусковых оборотах коленчатого вала прорывается в картер и, поскольку степень сжатия будет ниже по сравнению с прогретым двигателем, то топливо должно обладать такой испаряемостью, чтобы к моменту самовоспламенения образовалась смесь паров с воздухом, соответствующая пределам самовоспламенения [1,8].

Использование топлив с лучшей испаряемостью улучшает пуск двигателя только для определенного предела облегчения фракционного состава, поскольку легкие фракции имеют не только плохую воспламеняемость, но и приводит к переобогащению смеси вблизи форсунки и объединению в остальной части камеры сгорания [1].

Поэтому проследить взаимосвязь пусковых свойств с температурой дизельного топлива очень сложно. Считают, что пусковые свойства зависят от температуры T_{50} выкипания 50 % топлива и, если в топливе до 300°C выкипает более 80 % ,то пусковые свойства его ухудшаются [1].

Одним из важнейших требований к дизельному топливу является его прокачиваемость, определяемая его вязкостью и низкотемпературными характеристиками.

Вязкость топлива взаимосвязана с фракционным составом, чем тяжелее фракционный состав, тем выше вязкость и плотность топлива.

Вязкость топлива в значительной мере определяет процессы смесеобразования и испарения в дизельном двигателе, поскольку от них зависит строение топливного факела, размеры капель топлива и дальность их проникновения в камеру сгорания. Более низкая вязкость обеспечивает лучшее распыливание топлива, и с повышением вязкости увеличивается диаметр капель (рисунок 1.1), соответственно уменьшается полнота их сгорания, что приводит к увеличению удельного расхода топлива, росту дымности отработанных газов [1].

В тоже время логическим путем можно предположить, что вязкость функциональна взаимосвязана со смазывающими свойствами топлива. Чем ниже вязкость, тем меньше толщина пленки на трущихся поверхностях, что влияет на условия трения и повышенный износ деталей. Вязкость топлива в значительной степени влияет на работу топливной аппаратуры, определяет внутреннее трение топливного потока и тем самым гидравлические потери энергии в топливоподающей системе, а также обуславливает утечки топлива через зазоры и неплотности прецизионных пар деталей топливной аппаратуры [2,3,4,8].

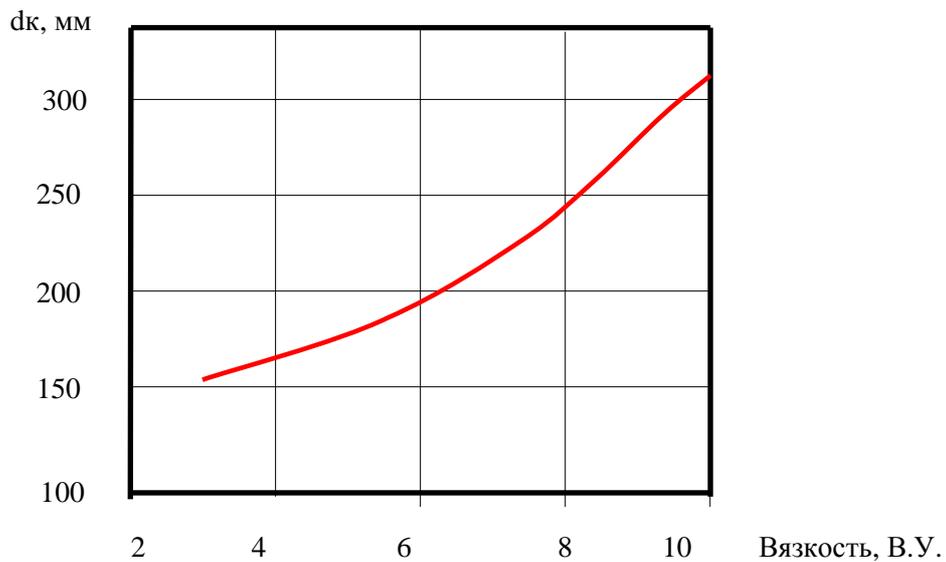


Рисунок 1.1 – Зависимость тонкости распыливания топлива (dk – среднего диаметра капель) от его условной вязкости

Понижение вязкости приводит:

1. К изменению цикловой подачи и снижению давления впрыска, увеличивает расход топлива;
2. К ухудшению смазывающих свойств топлива, интенсифицируя износ плунжерных пар;
3. К подтеканию в форсунках, увеличивая нагарообразование и дымность выхлопных газов.

Противоизносные свойства дизельного топлива ухудшаются практически линейно с уменьшением вязкости [1].

Вязкость топлива увеличивается с понижением температуры окружающей среды. Чем выше значение вязкости при 20°C, нормируемое техническими условиями, тем сильнее вязкость зависит от температуры [1,3,4,5,8].

Низкотемпературные свойства дизельного топлива характеризуются температурой помутнения $t_{п}$, температурой застывания $t_з$ и предельной температурой фильтрации $t_{пф}$ [1]. Температурой помутнения считают температуру при которой теряется фазовая однородность топлива из-за появления в нем кристаллов парафина и льда. Кристаллы парафинов могут закупоривать фильтры очистки топлива, нарушая подачу топлива к насосу высокого давления и к форсункам [1,7].

При низких температурах, для зимних сортов топлива -30...-40 °С, для летних выше -5 °С, топливо может застывать или терять свою подвижность [1].

При смешивании летних и зимних сортов дизельного топлива ухудшаются их низкотемпературные и противоизносные свойства [3,5,7].

Доказано, что чем лучше низкотемпературные свойства, тем ниже его цетановое число [1].

Предельная температура фильтруемости $t_{пф}$ является важнейшим эксплуатационным показателем топлива. В некоторых случаях $t_{пф}$ может равняться $t_{п}$. Добавка в топливо депрессорных присадок позволяет снизить предельную температуру фильтруемости на 10-15 °С и температуру застывания на 15-20 °С. Введение присадок в топлива не влияет на температуру помутнения. Данный факт связан с механизмом действия депрессорных присадок, заключающийся в модификации структуры кристаллизующихся парафинов [1]. То есть парафинов не становится меньше, а изменяются их дисперсные размеры в сторону уменьшения. А это в свою очередь позволяет им проходить через фильтры очистки топлива не забивая поры.

Уменьшение содержания парафинов в топливе можно добиться только депарафинизацией, цеолитной, карбамидной, каталитической очисткой топлива.

Нередки случаи, когда для улучшения низкотемпературных свойств топлива, в местах эксплуатации техники и особенно в сельскохозяйственном производстве используют смеси летних сортов дизельных топлив с бензином. Данный факт

отражается на повышении износа деталей двигателей и снижении цетанового числа [8].

Депрессорные присадки, предназначенные для повышения $\eta_{пф}$ и вносимые в сотых долях процентов 0,01-0,1, помимо низкотемпературных свойств могут обладать и смазывающими свойствами.

Технические условия на дизельное топливо, ГОСТ 305-82, ГОСТ Р 52368 и технические условия эксплуатации двигателей тракторов не допускают наличия в топливе механических примесей.

Чаще всего реализуемые с нефтебаз топлива отвечают требованиям стандартов, а их загрязненность обусловлена нарушениями правил транспортировки, хранения, заправки и т.д.

Вместе с тем твердые механические примеси, песок, пыль и т.п. вызывают абразивный износ металла. В результате нарушается нормальная подача топлива в цилиндры двигателя, что приводит к падению мощности. Увеличивается износ деталей топливоподающей аппаратуры, особенно прецизионных пар насосов, происходит забивание фильтров. В зависимости от загрязненности топлива срок службы насоса высокого давления может уменьшаться в 5-6 раз [9].

Ресурс двигателя на 80 % обусловлен износом деталей. Использование дизельного топлива с загрязнениями приводит к местному износу плунжера до 30...35 мкм, гильзы до 15...17 мкм, нагнетательного клапана до 25...30 мкм. Изменение зазора в распылителях и плунжерных парах оказывает существенное влияние на показатели работы двигателя. Повышенное содержание загрязнений в дизельных топливах приводит к забиванию топливных фильтров, форсированному износу насосов, форсунок, потере герметичности и подтеканию топлива в цилиндрах двигателя. Попадание загрязнений в распылитель форсунок и засорение отверстий форсунок приводит к нарушению и прекращению их работы [1,10,11-17,24-34].

При попадании на тщательно обработанные поверхности небольшого количества механических примесей, нагара могут образовываться риски и царапины глубиной до 0,005 мм [1,12].

Техническими условиями и ГОСТ на топливо не допускается в дизельном топливе воды, так как она способствует увеличению скорости коррозии, нарушению нормального процесса сгорания топлива, ухудшению его прокачиваемости и фильтруемости. Все это значительно повышает износ двигателя.

Растворенная в топливе вода – 0,1 % и более – приводит к повышению коэффициента фильтруемости. Однако влияние этого факта неоднозначно. Присутствие в топливе поверхностно активных веществ мыл нафтеновых кислот, смолистых соединений усугубляет отрицательное влияние эмульсионной воды на фильтруемость топлив. Достаточно $(15-20) \cdot 10^{-4}$ % мыл нафтеновых кислот, образующихся при защелачивании топлив, чтобы коэффициент фильтруемости повысился с 2 до 5 [1,2,3].

Нагарообразующие свойства характеризуют склонность к образованию специфических отложений на деталях цилиндра-поршневой группы.

На нагарообразование влияют такие характеристики дизельного топлива как: фракционный состав, присутствие асфальто-смолистых соединений, зольность, механические примеси [1,3,5,7,12-24].

Значительное влияние на коррозионную агрессивность дизельных топлив оказывает присутствие в них серосодержащих соединений.

Известно, что органические сернистые соединения, содержащиеся в нефти, имеют температуру кипения выше 200°C , поэтому содержание серы в дизельном топливе выше чем в бензине. Эти соединения непосредственно с металлом мало взаимодействуют, но при сгорании образуют агрессивные оксиды серы SO_2 и SO_3 . При взаимодействии с водой эти оксиды образуют кислоты – сернистую и серную [1].

Большое влияние на агрессивность дизельных топлив оказывает глубина их гидроочистки, так как при этом вместе с сернистыми и ароматическими соединениями удаляются поверхностно-активные вещества, в результате чего ухудшаются защитные свойства топлив. Удаление поверхностно-активных веществ приводит к снижению способности топлива вытеснять воду с поверхности металлов и образовывать защитную пленку [1].

Коррозионная агрессивность дизельных топлив, в основном зависит от содержания меркаптановой серы. Так, повышение содержания меркаптановой серы с 0,01 % до 0,06 % увеличивает коррозию более чем в 2 раз [1].

Коррозионная активность меркаптановой серы в дизельном топливе существенно зависит от присутствия в нем воды и растворенного кислорода, которые ускоряют процесс образования меркаптанов [1,24].

Топлива являются смазочным материалом для движущихся деталей топливной аппаратуры. Противоизносные свойства топлив улучшаются с увеличением вязкости, температуры выкипания и содержания поверхностно – активных веществ [1,3,5,24].

В связи с ужесточением требований к качеству дизельных топлив по содержанию серы и переходом на выработку экологически чистых топлив (Евро), гидроочистку их проводят в жестких условиях. При этом из топлива удаляют соединения, содержащие серу, кислород и азот, что негативно влияет на их смазывающую способность [1].

Химическая стабильность дизельного топлива - способность противостоять окислительным процессам, протекающим при его хранении. Эта проблема возникла с углублением переработки нефти с вовлечением в состав товарного дизельного топлива среднестиллятных фракций вторичной переработки нефти таких как газойля каталитического крекинга и коксования. Последние обогащены ненасыщенными углеводородами, а также содержат значительное количество сернистых и смолистых соединений. Наличие данных соединений в сочетании с ненасыщенными углеводородами, способствует их окислительной полимеризации, тем самым, влияя на образование смол и осадков [1].

Повышенное содержание серы в топливе увеличивает нагарообразование, что ухудшает условия охлаждения деталей цилиндро-поршневой группы, вызывает падение мощности. Кроме того, ускоряются процессы окисления и старения моторного масла [1].

Анализ основных эксплуатационных характеристик дизельных топлив показал, что многие из них взаимосвязаны. Так вязкость топлива взаимосвязана с

фракционным составом. Фракционный состав в свою очередь взаимосвязан и с противоизносными свойствами и химической стабильностью. В зависимости от условий перегонки и фракционного состава в топливе может содержаться незначительное количество серы, что ухудшает противоизносные смазывающие свойства топлива. Смазывающие свойства топлива зависят от его вязкости, фракционного состава. Коррозионная агрессивность топлива зависит от содержания серы и сероводорода, присутствия воды в топливе. Низкотемпературные характеристики топлива взаимосвязаны с его фракционным составом и являются очень важным для условия эксплуатации машин в зимнее время года.

В конечном результате практически все эксплуатационные характеристики дизельного топлива так или иначе влияют на износ деталей двигателей и на их надежность и ресурс, играют важную роль в увеличении затрат при росте расхода топлива (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Основные эксплуатационные характеристики дизельного топлива и их влияние на износ деталей двигателей и экономичность работы машин

Вместе с тем среди рассмотренных важнейших свойств топлив следует выделить основные, которые определяют повышенный износ деталей двигателя и влияют на его эксплуатационные характеристики и эффективность работы ДВС. К ним следует отнести загрязненность примесями и водой, смазывающие свойства топлива, температура помутнения и предельная температура фильтрации.

В условиях сельскохозяйственного производства, когда нет должного обеспечения условий хранения топлива, заправки машин, вышеприведенные эксплуатационные свойства могут сильно отличаться от требований, предъявляемым к дизельным топливам и увеличивать расход топлива на 15 – 20 % в машинах.

Коммерциализация производства топлив и его реализации, отсутствие в сельхозпредприятиях средств контроля качества приобретаемых топлив накладывают свои ограничения его использования в современной сельскохозяйственной технике.

1.2 Оценка состояния качества дизельных топлив, используемых в сельскохозяйственных предприятиях

Как отмечалось выше, предприятия агропромышленного комплекса России являются одним из крупнейших потребителей дизельного топлива. Основными поставщиками дизельных топлив на рынке нефтепродуктов являются крупные компании «Роснефть», «Лукойл», «ТНК», «Газпромнефть», «Башнефть». При этом доля приобретаемых сельхозпредприятиями топлив у крупных поставщиков составляет 60 процентов. И около 40 % топлив приобретается у мелких коммерческих структур, занятых производством, реализацией и доставкой топлив в сельскохозяйственные предприятия [5].

Анализ топлив, хранящихся на нефтескладах и используемых в сельхозпредприятиях, показал [33], что топлива, приобретаемые у коммерческих структур, с «колес» в 40-60 % случаев имели отклонение от нормативных значений по фракционному составу, низкотемпературным, противоизносным, смазывающим свойствам, содержанию серы и фактических смол [34].

Одной из проблем низкого качества и неудовлетворительного состояния используемого в тракторах, автомобилях и комбайнов дизельного топлива являются условия их хранения и транспортировки [34,35].

Низкий уровень технического состояния основной массы нефтебаз и нефтескладов, резервуарного парка, заправочного оборудования определяют рост загрязненности и обводненности топлив во время хранения и соответственно возникновения проблемы при его дальнейшем использовании в сельскохозяйственной технике.

Для постановки цели и задач исследований по проблеме повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив проведем анализ фактического состояния резервуарного парка сельхозпредприятий, заправочного оборудования, качества хранящегося и используемого топлива.

Результаты анализа базируются в основном на данных многолетних исследований и наблюдений Государственного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии, а также независимых экспертов, специалистов Гостехнадзора, Минсельхоза РФ, публикаций и материалов конференций по направлению эффективного использования нефтепродуктов [32-35].

Многочисленными исследованиями установлено [18,34], что изменение качества дизельного топлива происходит практически на всех этапах его доставки, хранения и применения. Этот процесс обусловлен многообразием источников и причин образования загрязнений в дизельном топливе. Основными из них являются:

- контакт топлива с воздухом;
- образование продуктов коррозии;
- окислительные процессы;
- загрязнение резервуаров для хранения, средств транспортировки, трубопроводов.

Дизельные топлива могут нести в себе загрязнения уже на стадии их получения. Так по данным [34], дизельное топливо, поступающее с нефтеперерабаты-

вающих заводов может содержать загрязнений 0,004 % (масс). Анализ результатов исследований загрязненности топлива [22,23,32,33], показывает, что в процессе их транспортировки от нефтеперерабатывающих заводов до сельского товаропроизводителя имеет место устойчивая тенденция к росту загрязненности. Содержание загрязнений увеличивается с увеличением числа операций слива и налива, что является характерным для существующих схем доставки топлива в сельхозпредприятия [23,26,27].

Одним из источников загрязнения топлива является атмосферная пыль – в дизельном топливе частицы пыли могут превышать 40 % от общего количества загрязнений. Анализ загрязненности дизельного топлива при его транспортировке и эксплуатации показывает, что загрязненность топлива в цистернах может составлять до 0,03 %, а в процессе эксплуатации тракторов увеличиваться до 0,06-0,09 % (масс). В первую очередь это связано с повышенной запыленностью окружающей среды, характерной для условий агропромышленного производства.

При транспортировке дизельного топлива атмосферная пыль попадает в него через дыхательные клапана и неплотности, когда под влиянием динамического напора воздуха и вибрации автоцистерны возможна самопроизвольная «разгерметизация» дыхательной системы.

При хранении топлива в резервуарах загрязнения из атмосферы поступают через «дыхательную» аппаратуру резервуаров, при операциях открытого слива – налива, через неплотности заливных горловин емкостей, цистерн. Достаточно распространенным источником загрязнений топлива являются остаточные загрязнения. Процесс их образования весьма широкий, но основанными источниками формирования являются:

- износ перекачивающего оборудования;
- коррозии резервуаров для хранения топлив, средств заправки, трубопроводов;
- образование загрязнений вследствие физико-химических процессов, происходящих в топливах.

Оценка чистоты топлива по массовому содержанию механических примесей не дает их качественную оценку. Более полная характеристика загрязнений определяется их дисперсным составом. В таблице 1.1 приведены результаты исследований дисперсного состава загрязнений дизельного топлива, хранящегося в стальных горизонтальных резервуарах [34].

Таблица 1.1 - Загрязненность дизельного топлива при его хранении.

Показатель	Дизельное топливо
Количество загрязнений, кг/м ³	0,075
Дисперсный состав частиц загрязнений (шт, дм ³)	
1-3 мкм	40410
3-6 мкм	22460
6-10 мкм	12800
10-15 мкм	8700
15-20 мкм	3640
20-30 мкм	2350
30-50 мкм	920

Анализ таблицы показывает, что основную массу загрязнений составляют частицы размером 1-3 мкм. Которые очень трудно удалить известными физическими методами очистки. Приведенные исследования [15,24-30,44] показали, что в состав загрязнений может входить: железо, кремний, алюминий, в незначительных количествах присутствуют медь, никель, ванадий. В процессе хранения топлива изменяется состав и содержание отдельных элементов в загрязнениях. Например, вследствие коррозии резервуаров и износа перекачивающей аппаратуры резко возрастает содержание железа в топливе. Кроме того в состав загрязнений топлива входят асфальтены, карбены, карбоиды, сосредоточенные в частицах размером менее 1 мкм и практически «растворенные» в топливе.

Органическая часть загрязнений состоит также из глубокоокисленных сернистых, кислородных, азотистых и других соединений [15,24,30].

Важным показателем качества топлива, хранящегося и используемого в тракторах является его обводненность (глава 1, раздел 1.1.).

Как показывает анализ проб топлив, взятых на нефтескладах сельских товаропроизводителей, содержание воды в них может быть 1,5 % и более.

Наибольшую опасность для топливной аппаратуры тракторов, как показал анализ состояния вопроса, составляет эмульгированная или растворенная вода. Образование дисперсной воды обусловлено конденсационным выпадением ее из растворенной воды при охлаждении нефтепродукта. При этом конденсация и дисперсный состав эмульсионной воды зависит от степени и скорости охлаждения, а также от соотношения газовой и жидкой фаз в резервуаре [36-42].

Установлено, что присутствие гетероорганических соединений в топливе находится вода в виде капель размером 50 мкм и более. В эмульсиях, полученных вследствие диспергирования, в случаях перекачки насосом, размер капель равен 1-5 мкм и менее [42,43].

Растворенная вода практически всегда присутствует в дизельном топливе, способном растворять от 0,002 до 0,02 % воды в интервале температур от минус 20 °С до плюс 40° С. Растворенная вода не диссоциирована на ионы, а находится в виде отдельных молекул, которые располагаются между молекулами углеводов и не ассоциируются в большинстве углеводов вплоть до концентрации насыщения [45].

Вода снижает смазывающие свойства топлива, при взаимодействии с серой образуются «кислые продукты». В дизельном топливе могут присутствовать шламы, водо-масляные эмульсии, состоящие из органического нерастворимого осадка в смеси с грязью и ржавчиной. Типичный состав шлама – вода (49 %), топливо (38 %), продукты коррозии и пыль (10 %), нерастворимый органический осадок (3 %) [46].

Смолообразование в топливе происходит в результате его окисления, а интенсивность зависит от температуры и других факторов [45].

Большое количество загрязнений, попадающих в топливо, имеют коррозионное происхождение, достигающие 20 – 30 % от общего количества [45].

Среднее содержание загрязнений в топливах принято считать 100 г/т, однако, как показывает анализ, проводимый Всероссийским научно-исследовательским институтом использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии,

эта величина в сельхозпроизводстве составляет около 200 г/т и имеет тенденцию к увеличению.

Экологические свойства топлива согласно информации нефтеперерабатывающих заводов, приближаются к показателям мирового уровня. Однако эксплуатационные свойства топлива существенно ухудшились [46,48]. Качество топлива снижается прямо пропорционально количеству операций слива-налива и сроков его хранения. К тому же в связи с допуском к производству топлив мини заводами, выпускающих продукцию худшего качества, но по более низкой цене, объем потребления некондиционных топлив в АПК возрастает [46].

Дополнительную негативную роль в этом процессе играют недобросовестные поставщики суррогатного топлива [46].

В конечном итоге количество отказов двигателей по причине недоброкачества нефтепродуктов увеличилось за последние 10 лет в 1,5 раза.

Детальный анализ топлива, проводимый ФГБНУ ВНИИТиН, в хозяйствах Воронежской, Пензенской, Саратовской, Тамбовской, Липецкой и ряда других областей показал, что в 45 % случаев некачественными оказывались топлива, приобретаемые хозяйствами у коммерческих структур [49].

Количество проб топлива, не соответствующих требованиям ГОСТ или ТУ от общего количества исследованных проб составляло для дизельных топлив: в нефтесбытовых организациях до 15 %, в хозяйствах АПК – до 30 %. При этом 20...25 % топлива содержали механические примеси в количествах, превышающих по ГОСТ 350-82; до 30 % не соответствовали требованиям ГОСТ по содержанию воды. У 20 % проб топлив фракционный состав отличался от установленных ГОСТ. Противознозные свойства топлив были ниже установленных у 30 % исследованных образцов. В 20 % случаях топлива содержали повышенное содержание серы и фактических смол. В 35 % топлив, прошедших анализ, температура помутнения и предельная температура фильтруемости не соответствовала значениям, указанным в сопроводительных документах (сертификатах качества) [49].

Минсельхозпродом РФ проведены исследования и анализ качества дизельных топлив, получаемых потребителем [50].

Представленные в таблице 1.2 результаты корреспондируются с данными, полученными ФГБНУ ВНИИТиН и подтверждают остроту проблемы низкого качества реализуемого топлива и хранящегося на нефтескладах сельхозпредприятий.

Таблица 1.2 – Количество проб дизельных топлив, не соответствующих требованиям ГОСТ и ТУ [50].

Наименование продукта	Нефтесбытовые организации		Хозяйства АПК	
	Количество некондиционных проб	% от общего количества исследованных проб	Количество некондиционных проб	% от общего количества исследованных проб
Дизельное топливо	10	26	18	20

В целом по сельскохозяйственному производству может ежегодно использоваться до 1300 тысяч тонн некондиционного дизельного топлива. С учетом внепланового ремонта двигателя по причине использования некачественного топлива агропромышленному производству наносится ущерб в размере нескольких миллиардов рублей в год [49].

Очень важную роль в сохранении качества дизельного топлива и его эксплуатационных характеристик играют условия его хранения и состояние резервуарного парка в сельхозпредприятиях. От эффективности используемой технологии хранения зависит качество топлива. Качество хранимых в стальных резервуарах топлив зависит от ряда факторов:

- коррозионного поражение стенок резервуара;
- физико-химических процессов (окисления, полимеризации, уплотнения и т.д.);
- настройки и эффективности работы «дыхательного» оборудования;
- своевременности проведения операций очистки резервуаров и их технического обслуживания.

Вместе с тем установлено, что за последние 10 лет техническое состояние резервуаров парка нефтескладов хозяйств и средств заправки машин топливом ухудшилось практически в 2 раза [49].

Анализируя состояние условий баз хранения дизельных топлив в сельхозпредприятиях Тамбовской, Пензенской, Саратовской и Липецкой областей выявлено, что в более чем 60 % обследованных хозяйств резервуары для хранения топлив требуют либо замены, либо проведения профилактических операций очистки [49]. Фрагменты технического неудовлетворительного состояния нефтескладов сельхозпредприятий представлены на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Фрагменты неудовлетворительного технического состояния нефтескладов сельхозпредприятий

Общая схема факторов, влияющих на снижение качества дизельного топлива при их пребывании на нефтескладах сельхозпредприятий, может быть представлена в следующем виде.

Внешние факторы:

- воздействие атмосферы (перепад давления, температура окружающей среды, дождь, снег);
- эксплуатационные характеристики резервуаров (частота и скорость заполнения, температура дизельного топлива, размер резервуара и его конструкция);
- состав дизельного топлива (химический состав топлива, наличие присадок, растворенной воды, смол);
- состояние металла резервуаров, насосов, трубопроводов;
- техническое состояние «дыхательной» аппаратуры, герметичность заливных отверстий и люков

Среди многообразия проблем качества дизельного топлива, используемого в сельскохозяйственной технике, обособленной являются низкие эксплуатационные свойства топлив и высокие требования, предъявляемые к ним для применения в дорогостоящих зарубежных машинах [59,60].

Строго регламентированные показатели качества топлив по фракционному составу, полное отсутствие механических примесей и воды, высокие смазывающие свойства топлив, низкое содержание смол и серы для применения их в сложной и дорогостоящей зарубежной технике ставят задачи особенных подходов в выборе поставщика дизельного топлива, условий его транспортировки и хранения, необходимости проведения операций улучшения эксплуатационных свойств топлив в местах их применения, т.е. в сельхозпредприятиях.

Подтверждением актуальности вышеизложенной проблемы являются результаты исследований некоторых топлив, отобранных в сельхозпредприятиях, тракторный парк которых состоит из 50 % зарубежных тракторов марок JohnDeer, Claas, Fend и др. [51].

Как видно из таблицы 1.3, топлива не соответствуют требованиям ГОСТ стандарту Евро по фракционному составу, смазывающим свойствам, по содержанию примесей.

Таблица 1.3 – Результаты анализа качества топлива [51]

Показатели	СХПК «Никольское» Рассказовского р-на Тамбовской обл	ООО «Агротехнологии» Московское представительство «Юрловское»	ГОСТ Р 52368
Фракционный состав:			
до температуры 180°C, %	5	9	не более 10
до температуры 340 °С, %	90	95	не более 95
95 % (по объему) перегоня- ется при температуре, °С	365	346	не выше 360
Температура помутнения, °С,	-8	-15	не выше -16
Предельная температура фильтруемости, °С	-18	-24	не выше -26
Температура вспышки, °С	58	53	не ниже 55
Противоизносные свойства на ЧШМТ, мм	0,41	0,38	не более 0,33
Содержание:			
- мех.примесей, %	0,005	0,001	отс
- воды, %	0,012	0,018	отс

Однако только в 2-х хозяйствах Тамбовской и Липецкой областей из более чем 20 обследованных, где имеются зарубежные трактора и комбайны, на нефтескладах имелись средства очистки топлив от примесей и свободной воды [51].

Топливо, не соответствующее международным стандартам качества по загрязненности, содержанию смол и особенно по смазывающим свойствам, снижает срок службы зарубежных тракторов и комбайнов на 30- 40 % и увеличивает затраты на их эксплуатацию и ремонт в 1,5-2 раза [5].

Так повышенное содержание серы и фактических смол в дизельном топливе (выше нормативных установленных ИСО) на 10-20 % приводит к снижению сроков службы масел на 30-40 % [51-59].

Обобщая результаты оценки качества приобретаемых в сельхозпредприятиях дизельных топлив, изменения их свойств в процессе транспортировки и хранения можно сделать следующие выводы:

1. Эффективная эксплуатация сельскохозяйственной техники возможна только при приобретении высококачественных продуктов у крупных поставщиков.

2. Необходима разработка комплекса мер, способов и технологий повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив в условиях предприятий АПК за счет удаления смол, улучшения смазывающих и низкотемпературных свойств, очистке топлив от механических примесей и воды.

1.3 Способы и средства очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив

Как показал анализ, дизельное топливо в процессе хранения на нефтескладах сельхозпредприятий претерпевает изменения. В нем накапливаются продукты коррозии резервуаров, механические примеси, оно подвержено окислению за счет взаимодействия с кислородом воздуха, образуется сконденсированная вода.

В силу отсутствия надлежащего государственного контроля и коммерциализации производства дизельного топлива более 30 % объемов, хранящихся и используемых в сельхозпроизводстве топлив не соответствует нормативным требованиям по таким важным эксплуатационным характеристикам как фракционный состав, содержание серы и фактических смол. Топлива имеют недостаточные смазывающие свойства.

К тому же сельскохозяйственное производство является специфической отраслью, во многом зависящей от природно-климатических, резко меняющихся условий.

Отсутствие четкой организации труда, неудовлетворительное техническое состояние обслуживающей базы нефтескладов, хронические финансовые проблемы основной массы сельхозпредприятий, накладывают свой отпечаток на эффективное использование топлив и машин.

Остается проблемным вопрос использования летнего дизельного топлива в переходный летне-осенне-зимний период. Когда в хозяйстве еще имеются запасы

летнего топлива, а температура окружающего воздуха уже принимает отрицательные значения, затрудняющие работу топливных систем машин.

В последнее десятилетие, в связи с ростом всех вышеперечисленных проблем, ведется активный научный поиск способов улучшения эксплуатационных свойств топлив и разработка оборудования для очистки топлив в условиях предприятий.

Для улучшения низкотемпературных свойств топлива предлагается огромное количество депрессорных присадок, к сожалению, пока не нашедших широкого применения в условиях сельхозпроизводства. Все известные способы повышения эксплуатационных свойств топлив можно разделить на четыре направления [26,27,38,40,62]:

1. Очистка топлив от воды и механических примесей;
2. Снижение содержания серы и фактических смол.
3. Повышение смазывающих свойств топлив.
4. Улучшение низкотемпературных свойств топлив.

Рассмотрим кратко каждое из них и охарактеризуем приспособленность и адаптированность известных способов, оборудования и технологий к условиям применения в сельскохозяйственном производстве.

Очистка топлив от механических примесей и воды подразделяется на физические, физико-химические методы воздействия на топливо, среди которых преобладает очистка топлива фильтрами и сепараторами различной конструкции.

Известен способ очистки дизельного топлива (патент № 93002426) от смолистых соединений. Способ включает обработку дизельного топлива серной кислотой, контактирования с адсорбентом, в качестве которого используют отходы производства алюминия, и пропускания через слой силикатной глины [63].

К недостаткам способа следует отнести использование опасных для здоровья человека и сложнодоступных для сельхозпроизводства реагентов. К тому же этот способ не предусматривает удаление примесей, воды, серы. А присутствующие в очищенном топливе неудаленные элементы кислот могут вызывать окислительные процессы на деталях топливной аппаратуры.

Способ комплексной обработки дизельного топлива (патент № 2163979) предусматривает подогрев топлива в процессе периодической циркуляции по замкнутому контуру, включающему теплообменник и роторно-дисковый вихревой аппарат открытого типа, в поле центробежных сил которого протекают процессы механодеструкции и диспергации в среде подсасываемого воздуха с насыщением кислородом. Одновременно с процессами сепарации и гомогенизации осуществляют тонкую фильтрацию с тонкостью очистки 3-8 мкм и фильтрацию на многослойном фильтре-реакторе [64].

Недостатками данного способа является недостаточное качество очистки (3-8 мкм), сложность осуществления, отсутствие приемов по повышению смазывающих свойств топлива и удалению растворенной воды.

Использование способа обработки дизельного топлива по патенту на изобретение № 2105184 заключается в том, что топливо подогревают, доводят объемное содержание воды в топливе до 3-5 %, гомогенизируют. Затем посредством фильтрующей пористой перегородки из гидрофобного материала с тонкостью очистки 3-8 мкм осуществляют процесс обезвоживания и тонкой фильтрации (рисунок 1.4) [65].

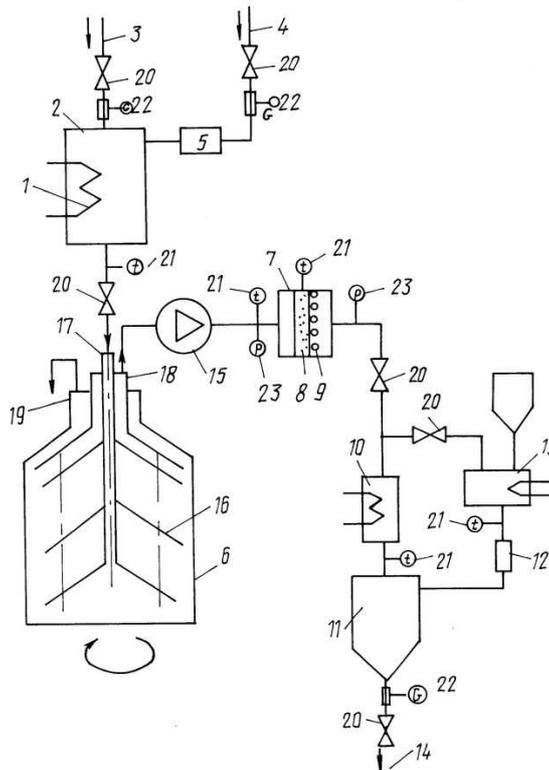


Рисунок 1.4 – Схема процесса обработки топлива по патенту № 2105184

Как известно, вода может находиться в топливе и в более мелкодиспергированном состоянии, следовательно, тонкость очистки является недостаточной. К тому же растворенная вода вступает во взаимодействие с серой, что провоцирует образование серной кислоты.

Для улучшения физико-химических показателей дизельного топлива разработан способ комплексной обработки (патент № 2131534), включающий подогрев топлива путем барботажного паром или паровоздушной смесью до температуры $> 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ и одновременного обводнения за счет смешения со сконденсированным водным паром, при этом подогревая до $t > 35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Осуществляют гомогенизацию и сепарацию капельной воды в поле центробежных сил вихревого аппарата открытого типа с диспергированием. Проводят тонкую фильтрацию с тонкостью очистки 3-20 мкм и стабилизацию путем ввода присадок на основе поверхностно-активных веществ (рисунок 1.5) [66]. Недостатком известного способа является недостаточное качество очистки.

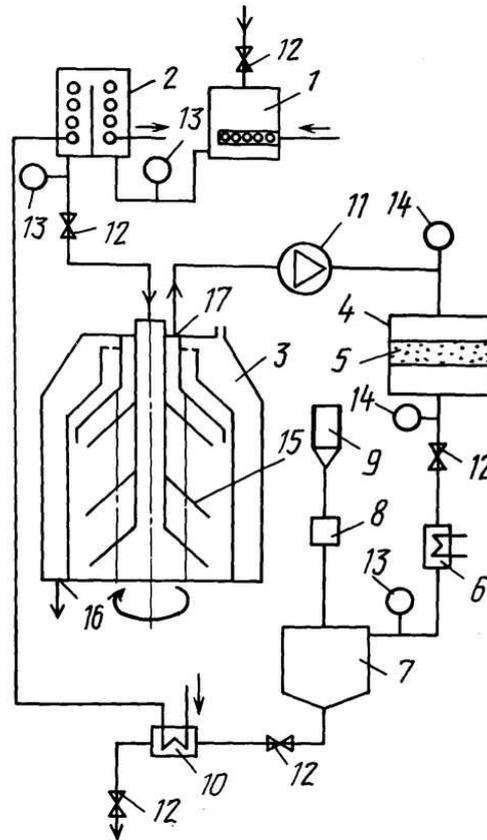
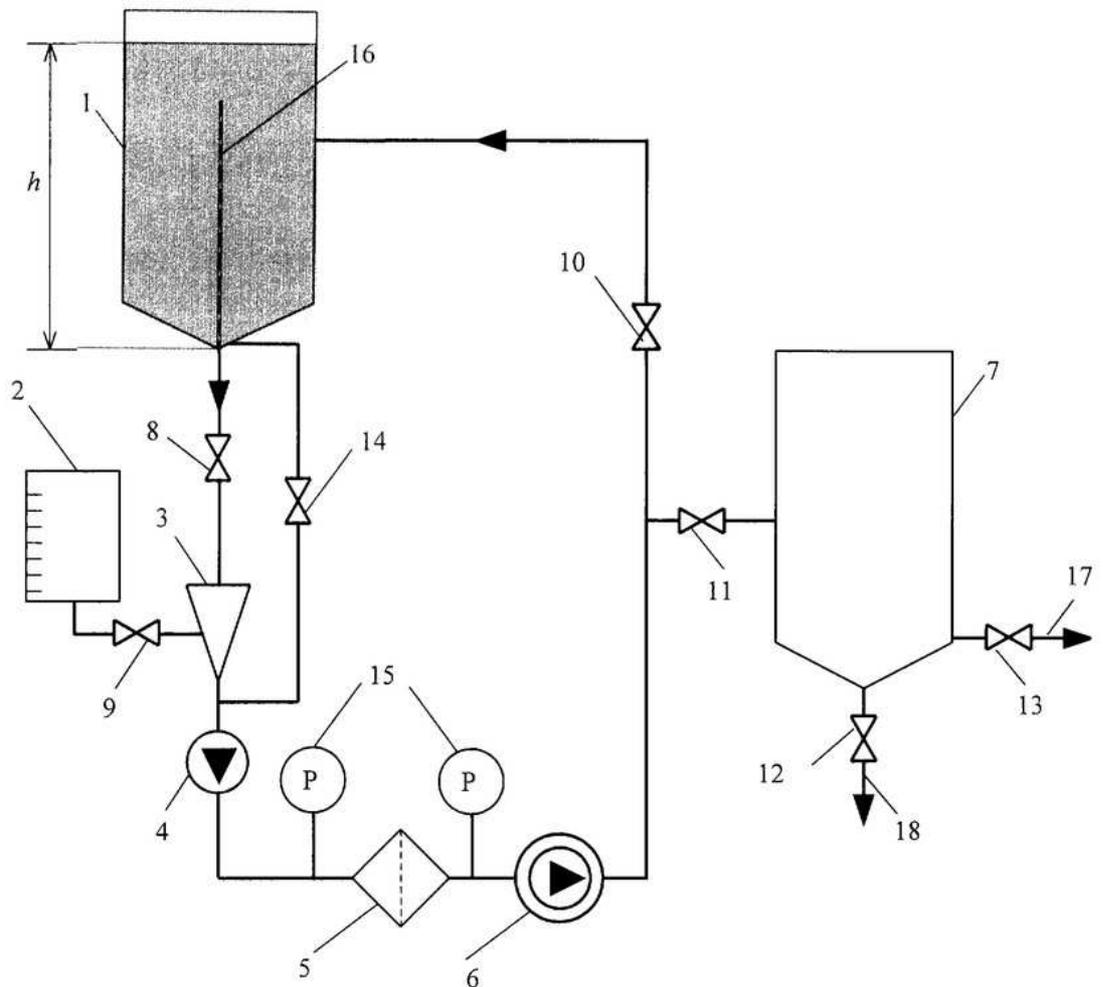


Рисунок 1.5 – Схема способа комплексной обработки дизельного топлива по патенту № 2131534

Способ обработки дизельного топлива и установка для его осуществления по патенту № 2196902 может быть использован для повышения качества как стандартного, так и некондиционного топлива путем очистки его от смол, парафинов, воды и механических примесей. Способ заключается в том, что топливо перемешивают с водой, диспергируют, гомогенизируют водотопливную смесь, производят ее разделение (рисунок 1. 6) [67].

Недостатком способа является сложность его осуществления и недостаточное качество очищенного топлива по основным эксплуатационным характеристикам.



1 — емкость для исходного топлива и топливной смеси, 2 — расходная емкость воды, 3 — предварительный смеситель, 4 — насос, 5 — фильтр грубой очистки, 6 — роторный аппарат с модуляцией потока, 7 — отстойник обработанной топливной смеси, 8–14 — вентили, 15 — манометры, 16 — заборный патрубок с радиальными отверстиями.

Рисунок 1.6 – Схема реализации процесса обработки дизельного топлива по патенту № 2196902

Разработан способ очистки дизельного топлива и установка для его реализации, включающие дозированное перемешивание исходного топлива с водой, кавитационное воздействие на раствор и его разделение в отстойнике на дизельное топливо и осадок в воде отстоя, при этом перед дозированием и перемешиванием с исходным топливом воду насыщают ионами железа, кавитационное воздействие на раствор осуществляют ультразвуком при барботировании в него CO_2 , после чего на раствор воздействуют фотонами света, пропускают через магнитное поле и направляют в отстойник (патент № 2375411), рисунок 1.7 [68].

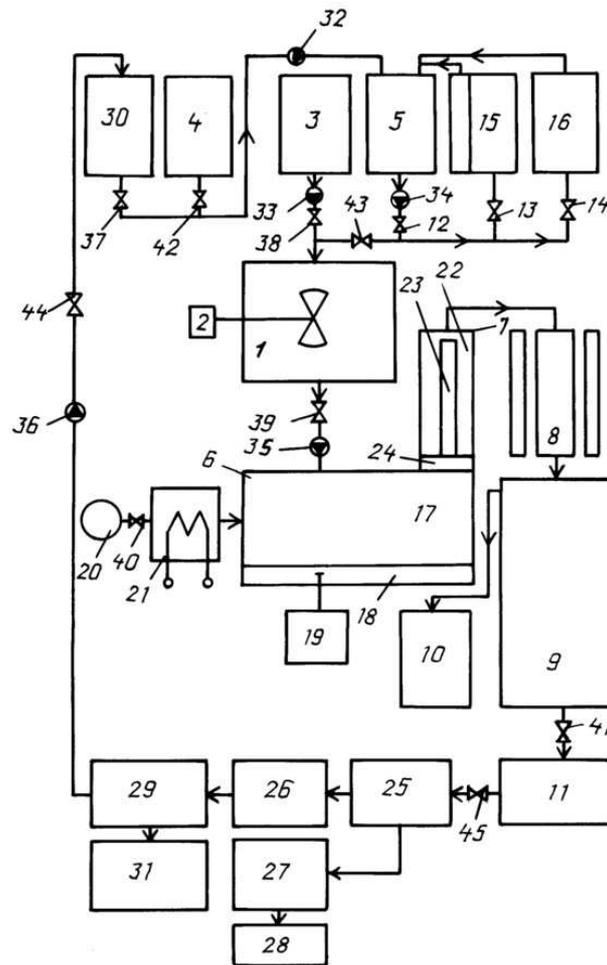


Рисунок 1.7 – Схема реализации способа очистки дизельного топлива по патенту № 2375411

Недостатком способа является сложность его реализации в условиях предприятия АПК.

Известно устройство и способ очистки дизельного топлива (патент РФ № 2392031), содержащие камеру сгорания, заключенную в корпус, фильтр, клапан, нагревательный элемент, сигнальную аппаратуру (рисунок 1.8) [69].

К недостаткам устройства и способа очистки следует отнести низкое качество очистки от примесей.

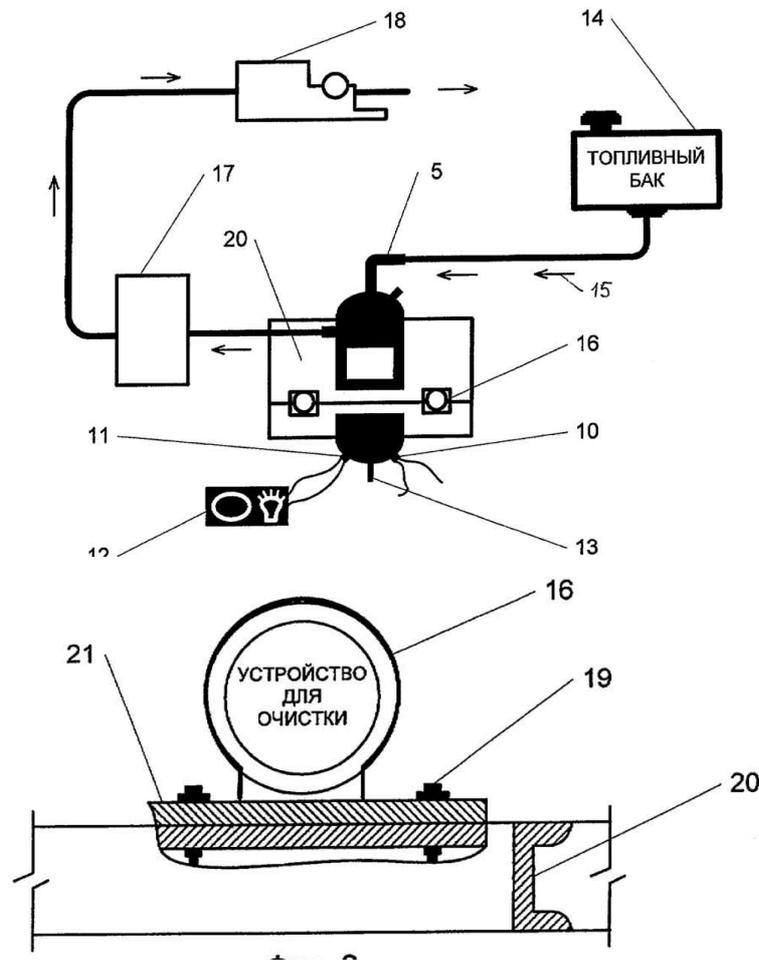


Рисунок 1.8 – Схема устройства для очистки дизельного топлива по патенту № 2392031

Существует способ и устройство дополнительной обработки дизельного, в том числе обводненного и загрязненного топлива (патент № 97103912), включающий предварительный его подогрев, сепарацию, фильтрацию и после фильтрации ввод в топливо депрессорных стабилизирующих присадок [70]. Недостатком способа является низкое качество очистки топлива от смолсодержащих соединений, а также неэффективный технологический процесс внесения присадок, не обеспечивающий их равномерное диспергирование в топливо и не исключающий их выпадение в осадок.

Проводя патентный поиск по проблеме очистки топлив от загрязнений и улучшения их эксплуатационных свойств, с ретроспективой 10 лет, обнаружено

несколько сотен способов очистки, комплексной обработки, получения экологически чистого дизельного топлива. При этом перечень выпускаемого оборудования для очистки топлив весьма ограничен.

Рассмотрим несколько примеров оборудования, которое в принципе может быть использовано для очистки дизельного топлива и улучшения его эксплуатационных свойств.

Комплект оборудования для очистки дизельного топлива Ж5 – ТРЦП – КО предназначен для обезвоживания и очистки от механических примесей производительностью до 1000 дм³/ч (рисунок 1.9, таблица 1.4.) [71].



Рисунок 1.9 –Комплект оборудования для очистки моторных масел и дизельного топлива Ж5-ТРЦП-КО [71]

Таблица 1.4 – Характеристики оборудования [71]

Модель:	Ж5-ТРЦП-КО 00.000-03
Производительность по исходному продукту, л/ч:	
для моторных масел:	200-500
для дизельного топлива:	600-1000
Установленная мощность, кВт:	22
Габаритные размеры, мм:	
Длина:	1920
Ширина:	1995
Высота:	400
Масса, кг:	400

К недостаткам установки относится низкое качество очистки, отсутствие возможности удалять свободную воду.

«Укрстроймаш» (Украина) на протяжении более 10 лет выпускает оборудование для очистки дизельного топлива. Установка вакуумной регенерации УВР (рисунок 1.10), по заявлениям разработчиков и изготовителей, предназначена для очистки топлив от механических примесей, воды, позволяет удалять парафины и серу из дизельного топлива. Производительность 400 л/час [72].



Рисунок 1.10 – Установка вакуумной регенерации УВР – 0,1

Тонкость очистки составляет 3-5 мкм. Габаритные размеры 6060x2590x2440. Масса 7000 кг. Цена установки от 2 млн. рублей [72].

Производители установки не дают информации о технологическом процессе очистки, а также о характеристиках регенерированного продукта.

Данное оборудование отличается высокой металлоемкостью и ценой. Восребованность установки сельскохозяйственными предприятиями невысокая (по информации изготовителей).

Установка по очистке топлив (рисунок 1.11) предназначена для обессеривания дизельного топлива с применением воды и природных адсорбентов катализаторов.

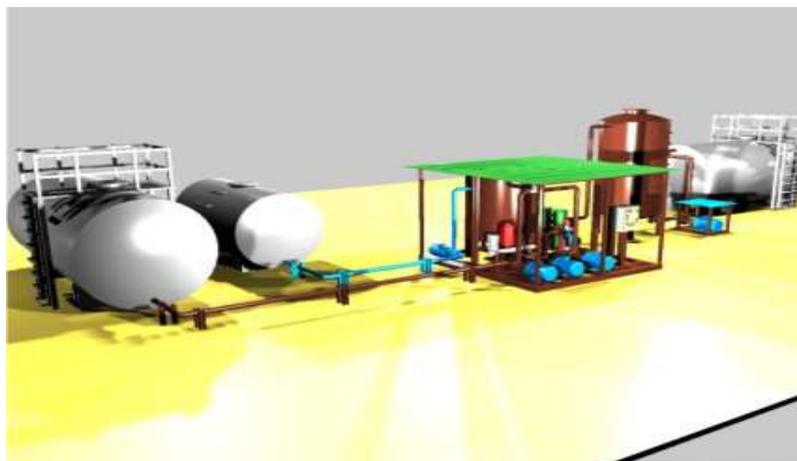


Рисунок 1.11 – Установка по очистке топлив

По заявлениям разработчиков технологии достигается высокая степень очистки от сероорганических соединений, на выходе топливо отвечает стандартам «Евро-3» и выше и может быть реализована на нефтебазах, в автотранспортных предприятиях. Использование данной технологии позволяет диспергировать парафины на молекулярном уровне, что дает возможность понизить температуру застывания дизельного топлива [73].

В материалах описания представлены результаты испытаний, показано влияние обработки дизельного топлива на содержание серы (рисунок 1.12).

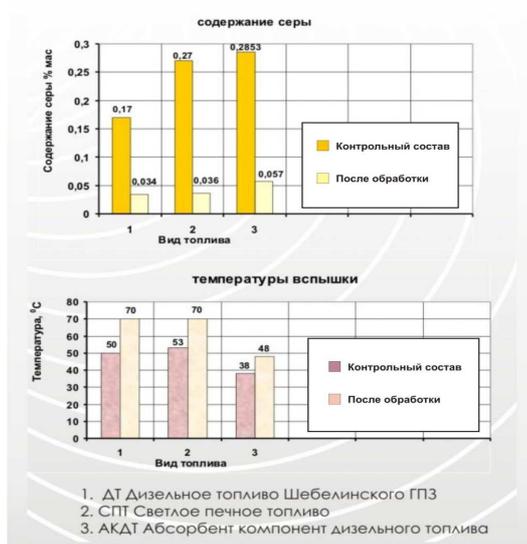


Рисунок 1.12 – Влияние обработки дизельного топлива на содержание серы

На рисунках 1.13, 1.14 представлены установки для тонкой очистки дизельного топлива от механических примесей и воды.



Рисунок 1.13 – Установка для тонкой очистки топлив

Установки могут быть укомплектованы различными фильтрующими и водопоглощающими компонентами и обеспечивать эффективность очистки 99,9 % при тонкости фильтрации 4 мкм [74].



Рисунок 1.14 – Установка для очистки дизельного топлива от воды

Установка, рисунок 1.13, обеспечивает очистку дизельного топлива по механическим примесям по ИСО 17/15/12 и остаточному содержанию воды в очищенном топливе мене 90 мг/м³.

ООО «Технопарк» г. Саратов разработал и реализует стенд очистки дизельного топлива СОГ-913 КТ 1 В3 (рисунок 1.15).



Рисунок 1.15 – Общий вид станда очистки дизельного топлива
СОГ-913КТ1 В3

Устройство позволяет удалять из топлива механические загрязнения и воду [75]. Сепаратор центробежный СЦ-3 (УОР-401У), рисунок 1.16 предназначен для очистки топлив и масел от механических примесей и воды.



Рисунок 1.16 – Общий вид сепаратора СЦ-3 (УОР-401У)

Позволяет обеспечивать класс чистоты по ГОСТ 17121 -71 4-5. Производительность 3000 л/час. Массовая доля воды в очищенном топливе 0,05%. Содержание механических примесей в очищенном топливе 0,06 % [76].

Помимо стационарного оборудования существует достаточно много фильтров и устройств для очистки топлива и улучшения его свойств, устанавливаемых непосредственно на двигатели. Некоторые из рассмотренных и характеристика их эффективности представлена в таблице 1.5.

Рассмотрев известные технические решения средств очистки топлив и улучшения их эксплуатационных свойств можно отметить, что почти все они выполняют функции очистки топлив от механических примесей и свободной воды. При этом тонкость очистки топлив от механических примесей и воды не всегда отвечает требованиям эксплуатации, а растворенная вода практически вся остается в топливе.

Ни в одном из рассмотренных вариантов установок не представляется информация о повышении смазывающих свойствах топлив.

Конструкции известных установок либо сложны и дорогостоящи, либо имеют низкие характеристики по качеству очистки, что не удовлетворяет требованиям сельхозпредприятий и условиям эксплуатации современной сельскохозяйственной техники. Как отмечалось ранее, одной из важнейших эксплуатационных характеристик дизельного топлива являются его низкотемпературные свойства, зависящие от содержания парафинов в топливе.

В условиях эксплуатации очень сложно уменьшить количество парафинов в топливе, можно изменить только их дисперсную устойчивость. Для этих целей предприятия, реализующие нефтепродукты, в условиях небольших нефтехранилищ проводят внесение в топливо депрессорных присадок.

Данная операция не противоречит условиям эксплуатации, но технологический процесс диспергирования депрессорных присадок проводится, как правило, без использования какого-либо оборудования или, в крайнем случае, с использованием насоса «на кольцо», что не всегда приводит к положительным результатам.

Таблица 1.5 – Характеристики некоторых зарубежных устройств для очистки топлив и улучшения их эксплуатационных характеристик [77].

Параметры	Производитель				
	FLEETGUAR	Racor	Griffin	DAHL	SEPAR
Страна производитель	США	США	Сингапур	США	Германия
Модель		Racor 500 FG	Griffin GTB228	DAHL100	SEPAR2000/5
Принцип сепарации	Отстой плюс пространственная фильтрация	Разряжение плюс горизонтально направл центробежные силы	Разряжение плюс горизонтально направл центробежные силы	Разряжение	Вертикально направл центробежные силы
Вид сепарирующего устройства	Свободное выпадение + мембрана	депрессюризатор+циклон	депрессюризатор+циклон	депрессюризатор	циклон
Конструктивные особенности	Фильтрующий элемент и стакан сверху корпуса. Наличие подогрева от охлаждающей жидкости двигателя	Оптимально подобранные геометрические характеристики	В дополнение к особенностям Racor отсутствие обратного клапана в подающей магистрали	Верхнее расположение входящей/исходящей магистралей	Устройство «циклон» требует наибольшего расхода топлива, а малый по площади фильтр требует меньшего расхода топлива
Фильтрующие элементы	2;7;10;25 мкм	2;10;30 мкм	2;10;30 мкм	2;10;30 мкм	30; 60 мкм
Материал фильтроэлемента	Strata Pore	RacorAqua-bloc	Microbloc	HydroShie	Бумага, металл.сетка
Подогрев	Да, + возможен теплообменник от охлад. жидкости	Комплектация с подогревом/без.	Комплектация с подогревом/без.	Только с подогревом	Комплектация с подогревом/без.
Положительные качества	Надежный качественный, «вечный» подогрев, фильтроэлемент большой емкости	Классический сепаратор для тяжелых условий работы, отвечает современным требованиям фильтрации	Высококачественная копия Racor, разумная цена	Наиболее компактный, универсальный подогрев	Раскрученность модели. Наличие фильтрующих элементов в торговой сети
Отрицательные качества	Высокая цена устройства и фильтрующего элемента	Высокая цена устройства	Необходима установка отсечного клапана на входящей магистрали	Недостаточное предложение по фильтрующим эле-	Не отвечает

				ментам	
--	--	--	--	--------	--

Депрессорные присадки в основном предотвращают процесс агломерации кристаллов парафинов и способны понижать температуру застывания и предельную температуру фильтруемости [1].

Среди российских депрессорно-диспергирующих присадок наибольшее распространение получил препарат ДДП-Антигель. Продукт улучшает дисперсную устойчивость парафиновых углеводородов в дизельном топливе при его хранении ниже температуры помутнения [78]. Требуемая дозировка ДДП – Антигель существенно зависит от характеристик обрабатываемого дизельного топлива, что не оговаривается в паспорте продукции.

В таблице 1.6 представлены некоторые виды зарубежных депрессорных присадок и их основные характеристики.

Таблица 1.6 – Характеристики депрессорных присадок, рекомендуемых к применению в условиях эксплуатации [79].

Показатели	Наименование присадки		
	Atlant 2100	Infineum R 442M	Difron 3319
1. Внешний вид	Прозр, бесцвет жидк	Коричн жидк	Св-корич жидкость
2. Вязкость кинематическая при 50°C, мм ² /с (сСт)	900-2500	168 (ASTM)	-
3. Температура вспышки, °C	165	62 мин (ASTM)	40
4. Температура застывания топлива, °C	минус 30-35	минус 40	минус 30
5. Рекомендуемая концентрация внесения, %	0,1	0,01-0,1	0,05-1
6. Массовая доля нерастворимых в толуоле примесей, %	0,05	-	отс
7. Массовая доля активного вещества, %	30-40	-	-

Большая линейка депрессорных присадок представляется компанией Deprolux, Keroflux [80].

Практически во всех рекомендациях по применению депрессорно-диспергирующих присадок предлагается провести операции предварительного растворения препарата в небольшом объеме топлива с последующим внесением и перемешиванием в основном объеме.

Вместе с тем известно, что эффективность работы даже «хорошо» растворимых присадок зависит от равномерности их внесения по всему объему, эффективности дозирования при внесении в топливо, диспергирования частиц вносимого вещества присадки, что гарантирует полное реагирование компонентов по всему объему, а в некоторых случаях увеличивает срок их действия, расширяет температурный диапазон применения.

1.4 Выводы, цель и задачи исследований

1. В результате анализа свойств дизельных топлив установлено, что основными, влияющими на износ деталей двигателя, являются загрязненность примесями и водой, содержание фактических смол, смазывающие и низкотемпературные характеристики топлив, отклонение от норм которых снижается срок службы топливной аппаратуры в 5 – 6 раз и увеличивается расход топлива на 15 – 20 %.

2. Оценка состояния качества дизельных топлив, хранящихся на нефтескладах сельхозпредприятий, показала, что 20...25 % имеют повышенное содержание механических примесей и воды, около 30 % имеют отклонения по показателю противоизносных свойств и 20 % по содержанию фактических смол, у более чем 30 % топлив низкотемпературные характеристики не соответствовали требованиям эксплуатации ГОСТ и ТУ.

3. Известные высокоэффективные способы очистки топлив и улучшения их эксплуатационных свойств предполагают использование сложного технологического процесса, труднореализуемого в условиях сельхозпредприятий. Доступные для АПК технические средства очистки топлив и улучшения их свойств не позволяют удалять смолы, растворенные примеси, серу, воду дисперсным составом 1 мкм и менее, улучшать противоизносные свойства топлив и их низкотемпературные характеристики.

На основании вышеизложенного целью исследований является повышение эксплуатационных свойств дизельных топлив за счет удаления примесей, растворен-

ной воды, улучшения смазывающих и низкотемпературных характеристик топлив в условиях предприятий АПК.

В соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи исследований:

- теоретически обосновать способ удаления растворенных примесей из дизельных топлив за счет их предварительной коагуляции;
- разработать аналитические зависимости процесса удаления скоагулировавшихся смол, продуктов окисления, свободной и растворенной воды из дизельного топлива;
- определить рациональные характеристики процессов повышения смазывающих и низкотемпературных свойств топлив введением присадок;
- провести лабораторные исследования и производственные испытания способа очистки и технологического процесса повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив и разработать установку для их осуществления;
- рассчитать экономическую эффективность внедрения предложенных решений в сельскохозяйственное производство.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ТОПЛИВ И УЛУЧШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

2.1 Обоснование способа удаления примесей из дизельного топлива под действием коагулянтов

Как установлено в процессе анализа состояния вопроса, основными видами загрязнений дизельных топлив являются механические примеси, вода, смолы, асфальтены и продукты окисления.

Если механические примеси и свободная вода, образующиеся в топливе в процессе его хранения и транспортировки легко удалить доступными методами и техническими средствами очистки, то продукты окисления, смолы, растворенная вода и элементы серы известными простыми способами удалить в условиях сельскохозяйственного производства очень сложно.

На первом этапе теоретических исследований ставится задача обоснования способа удаления растворенных примесей, смол, продуктов окисления, элементов серы.

В результате системного анализа определено, что смолы и элементы серы, присутствующие в дизельном топливе, обладают противоречивыми свойствами. С одной стороны они повышают смазывающие свойства дизельного топлива, с другой их присутствие вызывает образование лаков и нагаров на поршнях ДВС, приводит к увеличению загрязненности выхлопных газов. Снижение содержания серы в дизельных топливах при их производстве, приводящее к ухудшению противозносных, смазывающих свойств топлив, компенсируется введением специальных дорогостоящих присадок, что значительно удорожает конечный продукт и является не всегда оправданной мерой, например для условий эксплуатации и машин, устаревших конструкций, со значительным сроком эксплуатации, составляющих более 50 % всего машинно-тракторного парка АПК. При разработке способов очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив необ-

ходимо обеспечить удаление всех примесей из топлива, при этом сохранить или даже повысить его смазывающие и низкотемпературные свойства.

Продукты окисления, смолы, асфальтены находятся в топливе практически в растворенном состоянии, и удалить их можно, только предварительно укрупнив.

Среди известных широко используемых коагулянтов мелкодиспергированных примесей, например в смазочных минеральных маслах следует выделить карбамид, тиомочевину, сульфат аммония, диаммоний, различного рода щелочи и кислоты [53].

Из вышеперечисленных особо следует отметить карбамид, используемый для очистки отработанных масел от смол, асфальтенов, карбенов, карбоидов [8].

Карбамид является реакционно – способным соединением, позволяющим образовывать комплексные соединения включений с нормальными насыщенными углеводородами. Молекулы карбамида при определенных условиях способны перегруппировываться, образуя пространственные структуры под действием Вандер – Ваальсовых сил.

В качестве рабочей гипотезы рассмотрим сущность процесса, происходящего в дизельном топливе, содержащем смолы, асфальтены и продукты окисления.

При введении в дизельное топливо водного раствора карбамида должно происходить его равномерное распределение в виде мелкодиспергированных глобул по всему объему топлива, обеспечиваемое эффективным перемешиванием. В результате перемешивания необходима коагуляция практически растворенных в топливе или мелкодисперсных смол, асфальтенов.

Нагревом или дросселированием возможно обеспечить испарение воды из глобулы, а оставшаяся часть способна к перекристаллизации карбамида с образованием игловидных кристаллов.

Моделирование процесса внесения, перемешивания и нагрева водного раствора карбамида при наблюдении под микроскопом показало на состоятельность данной гипотезы (рисунок 2.1).

Молекулы карбамида при взаимодействии с органическими компонентами могут перегруппировываться, образуя структуру, состоящую из призм, примыка-

ющих друг к другу. Между плоскостями призм образуются каналы, заполняемые молекулами присоединяемого вещества. Углеводороды к которым относятся элементы смол топлива имеют поперечное сечение $\sim 4,0^{\circ}\text{A}$, а поперечные сечения каналов карбамида $\sim 6,0^{\circ}\text{A}$, что не препятствует комплексообразованию. Кристалл карбамида при многократном увеличении в электронном микроскопе показан на рисунке 2.2.



Рисунок 2.1 – Перекристаллизация водного раствора карбамида в процессе нагрева

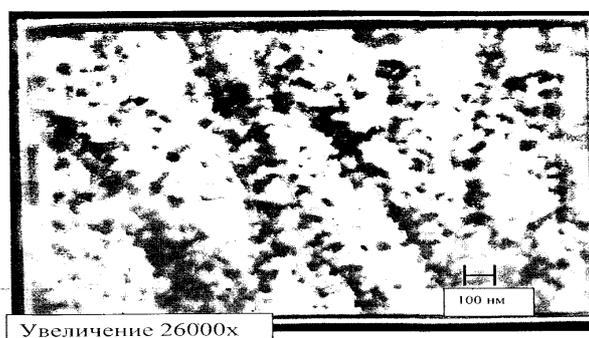


Рисунок 2.2 – Кристалл карбамида

Образование гранул или глобул в насыщенном растворе происходит вследствие объединения молекул, при котором силы притяжения преобладают над си-

лами, стремящимися их разобщить. Гранулоглобулообразованию предшествует период индукции, длительность которого соответствует времени, необходимому для накопления критических концентраций вещества [53,82]. Скорость образования конгломератов описывается уравнением [53,82]:

$$V = k_r \cdot \exp(E_r / RT) \quad (2.1)$$

где k_r - скорость гранулоглобулообразования

Минимальная энергия E_r , необходимая для образования гранул [53,83]:

$$E_r = \frac{4}{3} \pi r^2 \quad (2.2)$$

где r - радиус конгломератов.

Дальнейшая скорость кристаллизации $V_{кр}$ является функцией удельной поверхности твердых частиц S и величины относительного перенасыщения раствора ΔC [53,83]:

$$V_{кр} = \frac{S \Delta C}{\frac{1}{K_{кр}} + \frac{1}{D}} \quad (2.3)$$

где $V_{кр}$ - скорость кристаллизации; $K_{кр}$ - константа кристаллизации; D – константа массопроизвольного выравнивания концентрации частиц по объему раствора.

Образование аддуктов происходит без изменения химических свойств продуктов взаимодействия и представляет собой образование соединений включения. Данные соединения являются пространственными образованиями, в которых одни молекулы оказываются включенными в полости других каркасных молекул или кристаллических решеток.

Карбамид образует аддукты с парафинами $C_n H_{n+1} x$ и смолами с поперечным сечением 3,5...4,0А с функциональными соединениями [53].

Существенным для расширения функциональных свойств действия карбамида и разработки способов повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив является нейтрализация кислой среды, поскольку водный раствор карба-

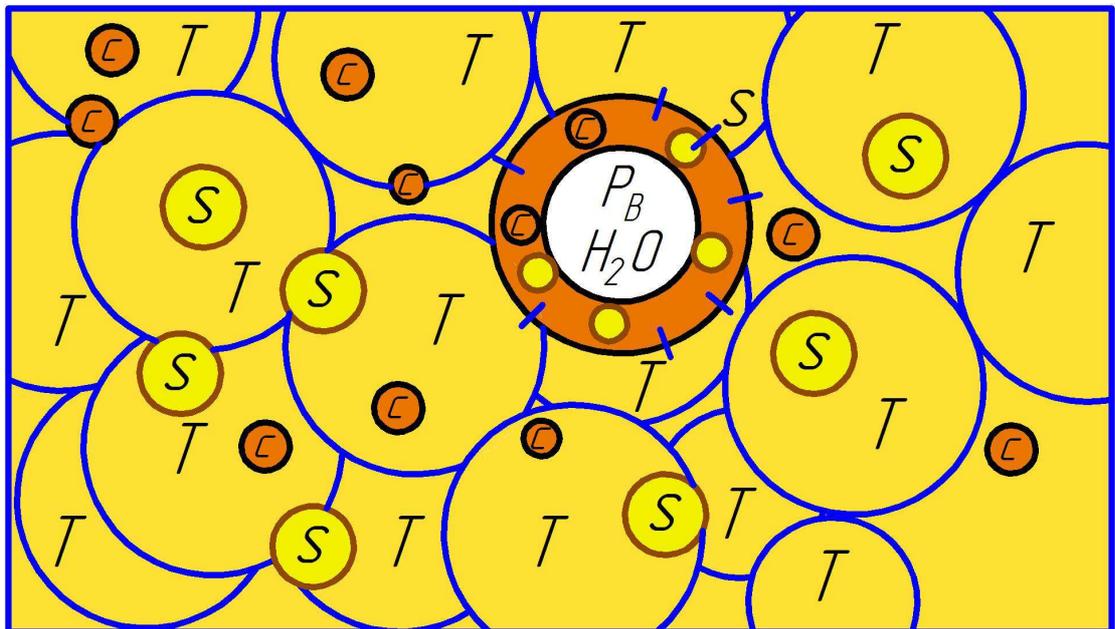
мида обладает щелочными свойствами, а это может оказывать положительное влияние на снижение процессов окисления при хранении топлива.

Водный раствор карбамида обладает защитными свойствами и свойствами поверхностно – активного вещества, что в нашем случае может играть огромную роль.

Воздействие водным раствором карбамида на дизельное топливо создает условия образования защитной пленки, т.е. способствует повышению смазывающих свойств топлива при работе его в плунжерных парах топливных насосов ДВС.

Моделируя процесс очистки топлив, можно предположить, что чем более насыщен раствор топлива микрочастицами водного раствора карбамида, тем большая площадь их соприкосновения находится во взаимодействии с элементами или молекулами смол, серы, присутствующими в дизельном топливе.

В первом приближении схема формирования смолосеросодержащей пленки на поверхности микроглобулы воды заключается в следующем (рисунок 2.3).



H_2O – растворенная вода; S – сера; С – смолы; Т – топливо

Рисунок 2.3 – Схема формирования пленки примесей
на микроглобуле воды

Микрочастицы водного раствора карбамида P_B , внесенные в топливо T , находятся в взаимодействии с смолами C , серой S . Элементы примесей топлива, соприкасаясь с поверхностью натяжения микрокапли за счет действия сил поверхностного натяжения, удерживаются на поверхности глобул.

Дальнейшее активное перемешивание, коагуляция, превращение водного раствора карбамида с элементами примесей смол, серы на поверхностях микрокапель в легкоподвижное туманообразное состояние создает предпосылки разработки способа и технического средства для удаления примесей смол, серы и растворенной воды из очищаемого дизельного топлива.

Для условий сельскохозяйственного производства в ряду важнейших проблем эффективного использования дизельного топлива обособленной является проблема неудовлетворительных низкотемпературных свойств топлива.

Как показал анализ состояния вопроса, более 30 % обследованных топлив имели отклонения от нормальных значений по такому показателю как предельная температура фильтруемости, являющегося основополагающей эксплуатационной характеристикой эффективной работы топливной аппаратуры в зимнее время.

Высокое содержание парафинов в топливе при температуре окружающей среды ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к их конгломерации, прекращению подачи топлива в цилиндры двигателя. Растворенная в топливе вода интенсифицирует данный процесс.

Внесение депрессорных присадок, предназначенных для снижения ПТФ и температуры замерзания топлива, предполагает реализацию процесса оседания молекул депрессора на кристаллы парафинов, что не позволяет им агрегатироваться. При понижении температуры молекулы депрессорной присадки создают искусственные очаги кристаллов парафинов, притягивая их к себе.

Рассматривая процесс повышения эксплуатационных свойств топлива, можно предположить, что в нашем случае, используя водный раствор карбамида, имеет место процесс депарафинизации, когда незначительная часть парафинов удаляется в поле центробежных сил очистки топлива вместе со смолами, часть

измельчается, дробится и удаляется при выпаривании воды микровзрывом с последующим отводом пара.

Следует также предположить, что равномерность распределения депрессорной присадки по всему объему топлива играет важную роль в эффективности работы присадки, что может быть обеспечено активным перемешиванием, дроблением и диспергированием.

Обобщая все вышеизложенное, для проведения дальнейшего теоретического анализа необходима оценка и обоснование процессов удаления из дизельного топлива смол, асфальтенов и продуктов окисления в процессе его очистки, установлении зависимостей процессов удаления растворенной воды с элементами серы и парафинов, определение рациональных параметров процесса повышения низкотемпературных свойств топлива.

Результаты теоретических исследований создают основу для проведения экспериментальных исследований по разработке технологического процесса, новых способов очистки топлива и повышения его эксплуатационных свойств в условиях сельскохозяйственных предприятий.

2.2 Определение аналитических зависимостей процесса удаления мелкодиспергированных примесей в поле центробежных сил

Для удаления примесей из дизельного топлива существует достаточно много известных способов очистки (раздел 1.3).

Основным из них являются отстаивание, фильтрация и центробежная очистка.

Для наших задач в большей степени необходима очистка дизельного топлива не от механических примесей, а от смол, асфальтенов, продуктов окисления, которые находятся практически в растворенном состоянии или сосредоточены в мелкодисперсных частицах размером менее 1 мкм.

Для этих целей рассмотрим возможность удаления примесей из дизельного топлива физико-химическим методом, т.е. предварительное укрупнение частиц, смол, их коагуляция и последующее удаление в поле центробежных сил.

Процесс удаления примесей, смол, асфальтенов под действием коагулянтов на первом этапе очистки дизельного топлива заключается во внесении в топливо агента с последующим его отстаиванием.

Плотность присутствующих в топливе смол больше чем плотность самого дизельного топлива, а при коагуляции происходит процесс группировки частиц смол и соответственно они могут оседать, испытывая сопротивление слоя топлива и описываемое известной формулой [83,84,85]:

$$P_{cm} = \pi d_k g \rho_c / 6 \quad (2.4)$$

где d_k - диаметр скоагулировавших частиц примесей, определяемый экспериментально, м; g - ускорение свободного падения, м/с²; ρ_c - плотность примесей смол, принимаемая равной плотности смазочного масла, кг/м³.

Выталкивающая сила топлива, определяемая по закону Архимеда:

$$P_A = \frac{4}{3} \pi r_c^3 \rho_{dm} \quad (2.5)$$

где ρ_{dm} - плотность дизельного топлива, кг/м³.

Сила сопротивления слоя дизельного топлива, препятствующая процессу осаждения скоагулировавших частиц смол подчиняется закону Ньютона:

$$S_{cm} = \xi F \rho_{dm} v_0^2 / 2 \quad (2.6)$$

где ξ - безразмерный коэффициент сопротивления, зависящий от числа Рейнольдса, F - площадь сечения скоагулировавших частиц, м², v_0 - скорость осаждения частиц, м/с.

Исходя из условий равновесия $P_{cm} - P_A = S_{cm}$, скорость осаждения скоагулировавших частиц смол в дизельном топливе будет иметь вид:

$$v_0 = \sqrt{4(\rho_c - \rho_{dm}) g d_k} \quad (2.7).$$

Скорость осаждения зависит от диаметра частиц, который меняется в результате коагуляции. С течением времени диаметр частиц увеличивается.

$t_0 = 0$ - начало очистки; t_1 – завершение очистки.

Рассмотрим v_0 как функцию от t : (v_0 зависит от d_k , а d_k от t)

$$\text{Обозначим } a = \sqrt{\frac{4(\rho_c - \rho_{om})g}{3\rho_{om} - \xi}}, \quad (2.8)$$

тогда $v_0 = \sqrt{ad_k(t)}$;

$$\text{отсюда } \frac{dv_0}{dt} = \frac{1 \cdot \dot{ad}(t)}{2\sqrt{ad_k(t)}} \quad (2.9)$$

Тогда уравнение Эйлера для нашего случая будет иметь вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{a}{2\sqrt{ad_k}} \right) + \frac{a\dot{d}_k d_k}{4\sqrt{ad_k}} = 0 \quad (2.10)$$

Следовательно, d_k должно подчиняться этому уравнению. При таком изменении диаметра частиц примесей скорость осаждения будет максимальной.

Из формулы (2.10) видно, что скорость осаждения примесей зависит от диаметра скоагулировавших частиц смол.

Коэффициент сопротивления ξ для случая, когда произошло укрупнение примесей, определяется по формуле:

$$\xi = 0,24\mu_{om} / v_0 d_k \rho_{om} \quad (2.11)$$

где μ_{om} - коэффициент динамической вязкости топлива, $Pa \cdot c$

Сила сопротивления среды дизельного топлива для условий ламинарного режима движения частиц размером > 10 мкм подчиняется закону Стокса:

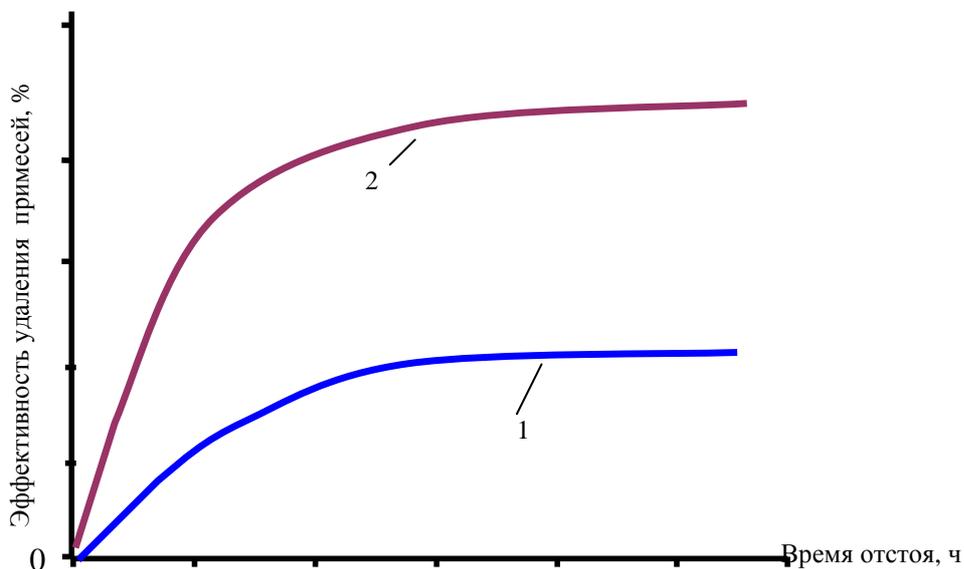
$$S_{cm} = 3\pi d_k \mu_{om} v_0 \quad (2.12)$$

Воспользовавшись уравнением равновесия, можно получить расчетную зависимость для определения скорости осаждения скоагулировавших частиц примесей, смол:

$$v_0 = (\rho_c - \rho_{om}) d_k^2 g / 18\mu_{om} \quad (2.13)$$

Скорость осаждения частиц смол, полученная расчетным путем будет отличаться от действительно имеющей место в процессе отстаивания, т.к. в нашем случае, например, при повышении температуры топлива (при его нагреве) могут возникать конвективные потоки, «тормозящие» процесс осаждения. Тем не менее уже на этапе теоретического анализа, с учетом рассмотренных процессов коагуляции примесей в первом приближении можно установить закономерность процесса осаждения.

На рисунке 2.4 графически представлена теоретическая закономерность осаждения примесей в зависимости от времени отстаивания с учетом и без учета укрупнения примесей.



1 – без учета укрупнения частиц; 2 – с учетом укрупнения (коагуляции) частиц

Рисунок 2.4 – Графическое представление процесса осаждения примесей в дизельном топливе при его отстаивании

На втором этапе очистки после укрупнения примесей в топливе предполагается использование центробежного очистителя.

В случае отстаивания дизельного топлива гравитационные силы могут быть очень малыми и недостаточными для оседания частиц размером менее 1 мкм, даже при их агрегации с помощью агентов, коагулянтов до 10 и более мкм.

Из теории центрифугирования жидкостей Соколова В.И., Григорьева М.А., Бремера Г.И. известно, что на частицу в поле очистки действует центробежная сила. Для нашего случая известная формула [85,86,87] может быть записана

$$P_{ц} = \frac{\pi d_{к}^3 \rho_c \omega^2}{6R} \quad (2.14)$$

где $d_{к}$ - диаметр скоагулировавшей частицы (среднее значение), м; ρ_c - плотность частицы, кг/м³; ω - скорость вращения частицы, м/с

$$\omega = 2\pi nR \quad (2.15)$$

где n - частота вращения, с⁻¹, R – радиус вращения частицы, м.

Важной характеристикой процесса очистки жидкостей является фактор разделения [84,86,87], показывающий во сколько раз ускорение центробежного поля центрифуги больше ускорения гравитационного поля:

$$\Phi_p = \omega^2 R / g \quad (2.16)$$

где ω – угловая скорость, 1/с, R - внутренний радиус ротора, м

Чем мельче частицы примесей в жидкости, тем больше должен быть фактор разделения для их эффективного удаления. Как правило, фактор разделения взаимосвязан с производительностью очистки. Чем меньше диаметр частиц разделяемой жидкости, тем больше требуется времени на ее очистку даже при высоком факторе разделения.

Для случая очистки дизельного топлива от смол, когда частицы примесей могут находиться в диапазоне от 0,1 до 10 мкм фактор разделения должен быть более 100000. А это предполагает разработку очень сложной и дорогостоящей конструкции центрифуги.

С учетом принимаемых условий, когда дисперсные характеристики примесей смол, асфальтенов увеличиваются под действием коагулянтов, формула оценки фактора разделения $\Phi_{кр}$ может быть представлена как:

$$\Phi_{кр} = \frac{\omega^2 r^*}{g} k_{кд} \quad (2.17)$$

где $K_{кд}$ – коэффициент кратности фактора разделения.

Коэффициент кратности фактора разделения, может быть определен, исходя из графического представления процесса для центрифуги с известным R .

По графику - номограмме, представленному на рисунке 2.5, можно установить требуемый коэффициент кратности фактора разделения для удаления примесей. В левой части $\Phi_{кр}$ показан фактор разделения, требуемый для удаления того или иного диаметра частиц.

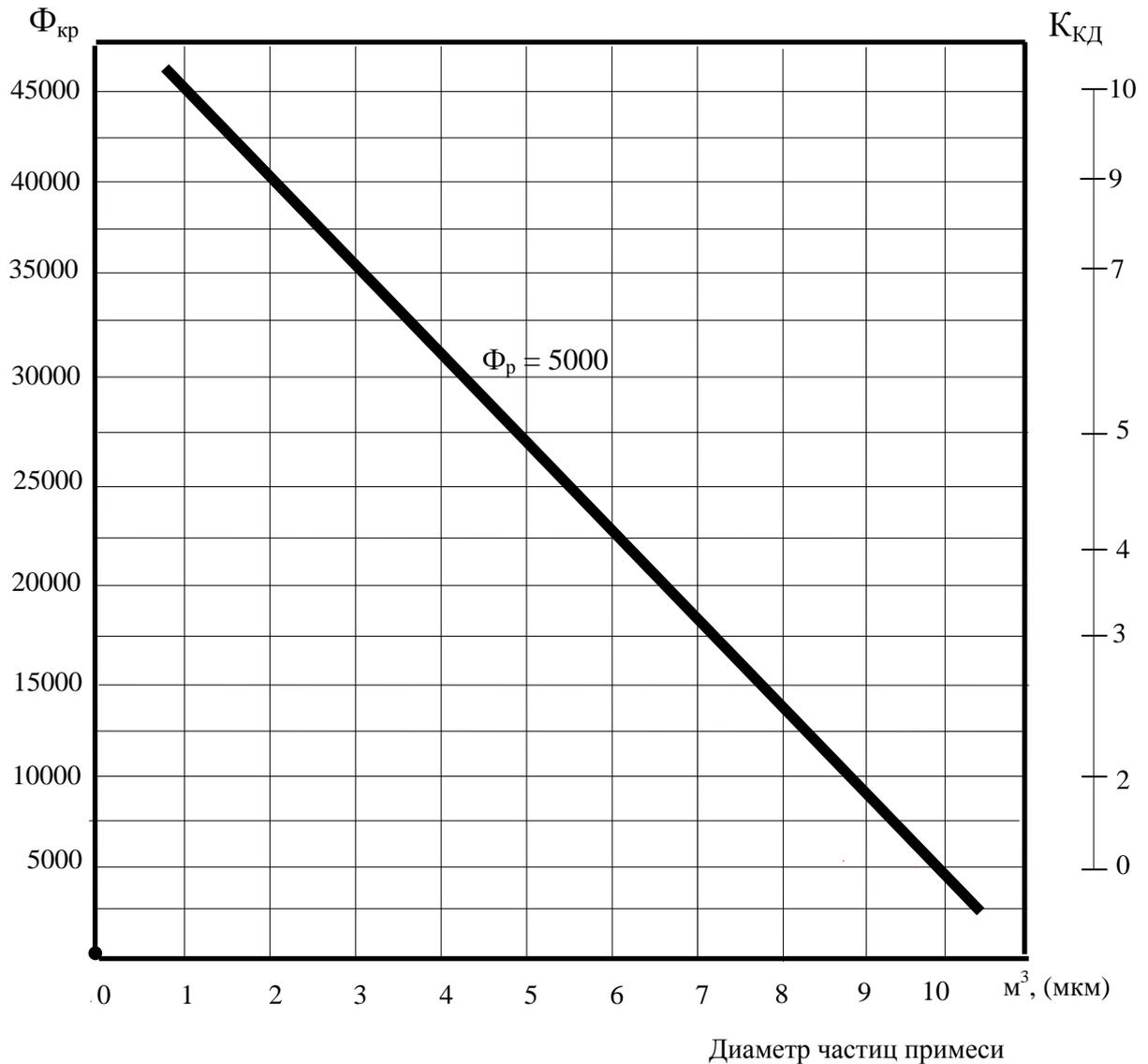


Рисунок 2.5 – График – номограмма для определения коэффициента кратности фактора разделения

В качестве средства центробежной очистки дизельного топлива от смол примем трубчатую центрифугу ФГБНУ ВНИИТиН [88] (патент № 1804348, рисунок 2.6).

Топливо с примесями и загрязнениями поступает в барабан центрифуги А по каналу 1. Очищенное топливо выходит через нижние центральные отверстия (сопло) 2, попадая в корпус центрифуги В и далее процесс повторяется.

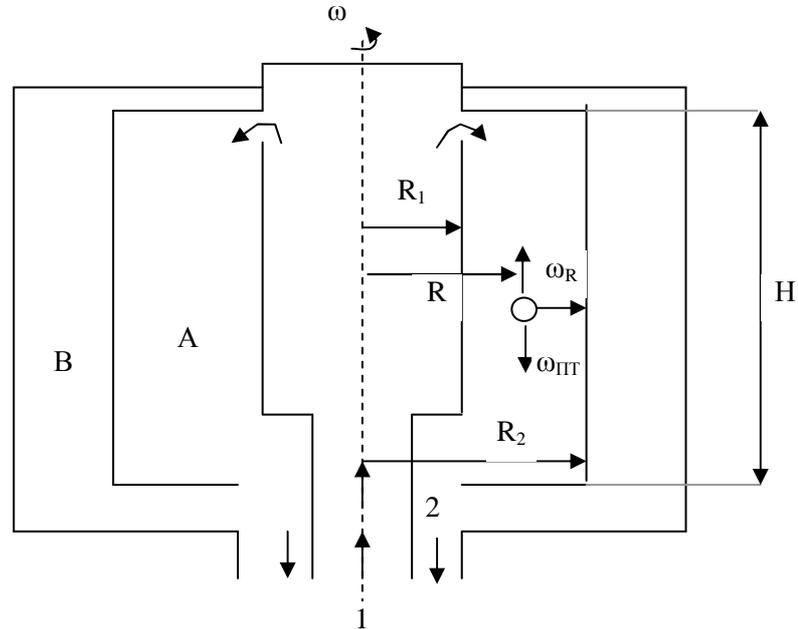


Рисунок 2.6 – Принципиальная схема центрифугирования топлива

Скорость движения частицы, вызванная движением потока подаваемого топлива будет равна:

$$a_{ПТ} = \frac{Q}{\pi(R_2^2 - R_1^2)}. \quad (2.18)$$

где Q - производительность центрифуги, м³/час

Скорость движения частицы $a_{ПТ}$ под действием Стоксовского режима осаждения, когда $R_e \leq 1$:

$$a_R = \frac{(\rho_c - \rho_T)d^2\omega^2 R}{18\mu_T} \quad (2.19)$$

где ρ_c, ρ_T - плотность смол и топлива соответственно.

Производительность центрифуги м³/с при условии постоянной подачи и циркуляции топлива:

$$Q = \frac{\pi(R_1 + R_2)^2 \omega^2 v_0 H}{2g} \quad (2.20)$$

где R_1, R_2 - внутренние и внешние радиусы барабана (ротора) центрифуги, м; ω - угловая скорость ротора, рад/с; v_0 - скорость оседания частицы, м/с; H - высота рабочей поверхности ротора, м.

С учетом того, что процесс укрупнения предполагает увеличение размера частиц смол диаметром с 0,1 мкм до 10 мкм, то будем считать, что топливо представляет собой монодисперсную систему (без учета механических примесей, которые в большинстве случаев полидисперсна). Тогда предельный диаметр частиц $d_{\text{ПР}}$, который может быть высажен центрифугой будет равен:

$$d_{\text{ПР}} = \sqrt{\frac{36Q\mu_T}{\omega^2(\rho_c - \rho_T)\pi H(R_1 + R_2)^2}} \quad (2.21)$$

Полученная формула справедлива для ламинарного режима движения топлива в корпусе ротора. Данные характеристики являются очень важными при разработке установки очистки топлива.

2.3 Аналитическая оценка процесса очистки топлив от свободной и растворенной воды

Как установлено (разделы 1.1, 1.2) вода может находиться в дизельном топливе как в свободном, так и растворенном состоянии.

Процесс удаления свободной воды в поле гравитационных сил является длительным и недостаточно эффективным.

Удаление воды из дизельного топлива различного рода фильтрами, сепараторами и т.д. является более эффективным методом, однако практически во всех случаях из топлива удаляется только свободная вода. Вода растворенная, содержание которой в топливе может достигать до 0,1-0,9 % не удаляется не в поле центробежных сил, не гравитационными методами воздействия.

При этом, как показано в разделе 1.1 состояния вопроса, растворенная вода при определенных условиях в двигателе внутреннего сгорания при взаимодействии с серой может являться основной причиной повышенного износа и корро-

зии деталей цилиндропоршневой группы и топливных насосов высокого давления.

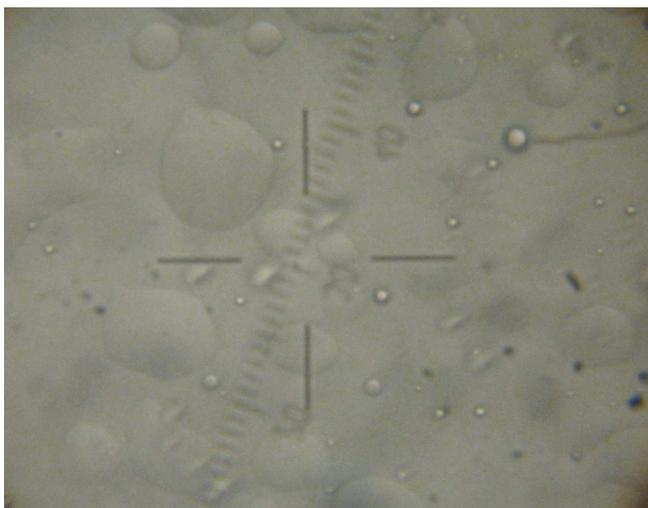
Известные физические методы удаления растворенной воды из масел и топлив предполагают нагрев нефтепродукта выше температуры 100°C , а это приводит к интенсификации окислительных процессов. Возвращаясь к вышеизложенному о взаимодействии воды с серой будем считать нецелесообразным использование метода высокотемпературного выпаривания растворенной воды из топлива.

Процесс удаления загрязнений из топлива в некоторых известных разработках [10,26,27,40] разделен на два этапа. На первом этапе топливо очищается от механических примесей, на втором этапе происходит обезвоживание топлива. Причем обезвоживание предполагает, как правило, удаление свободной воды, а растворенная вода после очистки остается в топливе.

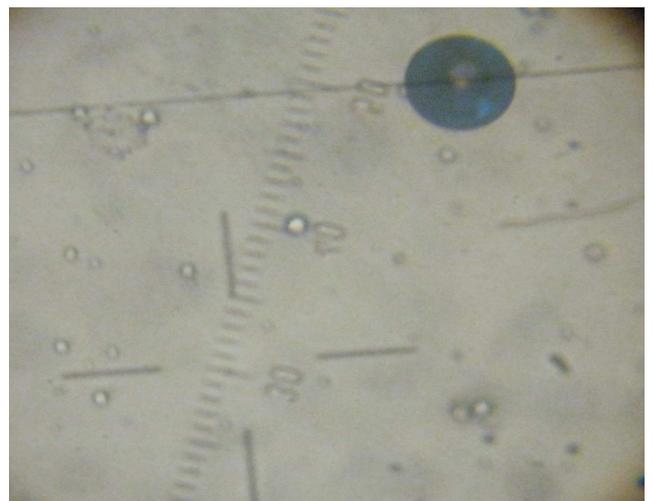
Рассматривая воду, как отрицательный фактор загрязнения топлива, чаще всего апеллируют значением содержания воды в процентах.

Яркую картинку о дисперсном состоянии воды в топливе представляют методы простейшего микрофотоанализа, проводимого при помощи микроскопа с небольшой кратностью увеличения.

Так на рисунке 2.7 представлены микрофотографии проб топлива, содержащего как свободную воду, так и растворенную.



а) свободная вода



б) растворенная вода

Рисунок 2.7 – Микрофотографии проб обводненных топлив

Анализируя топлива с содержанием воды 0,5 и 1,0 % соответственно (рисунки а, б) следует заметить, что свободная вода в топливе может находиться в дисперсном диапазоне от 10 до 50 мкм, а растворенная вода менее 1 мкм. Причем растворенная вода может находиться в мелкодисперсном состоянии и без присутствия крупноагрегатного состояния свободной воды, т.е. в таком состоянии, когда вода не отстаивается и не осаждается не в поле гравитационных сил не в поле центробежных

Образование пара предопределяет нагрев дизельного топлива для испарения из него воды. Количество тепла, необходимое для превращения присутствующей в топливе воды в пар может быть определено по формуле:

$$L = \frac{0.995RT \ln P}{T_1 - 1} \quad (2.22)$$

где L – теплота испарения, кал/моль; R – универсальная газовая постоянная, $R=1,99$ кал/(град·моль); T – температура испарения, °К; P – давление пара топлива при температуре T_1 , атм; T_1 – температура окружающей среды, °К.

В нашем случае, истечение нагретого топлива из сопла и резкого увеличения температуры (выше 100 °С) в прилегающем к поверхности раздела фаз пограничном слое топлива переносу импульса соответствует перенос теплоты, а в пограничном слое паровоздушной смеси происходят взаимосвязанные тепло и массообмен. При этом для расчета скорости испарения используют приближенные методы численных решений системы дифференциальных уравнений для сопряженных пограничных слоев газовой и жидкой фазы.

Интенсивность массообмена при испарении зависит от разности химических потенциалов пара у поверхности раздела и основной массы парогазовой смеси. Разность химических потенциалов можно заменить разностью парциальных давлений или концентраций паров:

$$\gamma_n = \epsilon_p (P_{Пер} - P_{Посн}) = \epsilon_p P (X_{Пер} - X_{Посн}) \quad (2.23)$$

или

$$\gamma_n = \epsilon_c (C_{Пер} - C_{Посн}) \quad (2.24)$$

где ϵ_p, ϵ_c – коэффициенты массоотдачи; P – давление смеси; P_n – парциальное давление пара; $X_n = P_n/P$ – молярная концентрация паров; $C_n = \rho_n/\rho$ – массовая концентрация пара; ρ_n, ρ – локальные плотности паров и смеси.

Плотность теплоты потока, отдаваемой при испарении воды из топлива, и образования паровоздушной смеси:

$$g = \alpha_T(t_T - t_{ГР}) = \rho\gamma_n + \alpha_{ГВС}(t_{ГР} - t_H) \quad (2.25)$$

где $\alpha_T, \alpha_{ГВС}$ – коэффициент теплоотдачи со стороны топлива и паровоздушной смеси, Вт/(м²·К)

Капли жидкости в паре очень малы, что требует учета влияния поверхностного натяжения жидкости приводящего к тому, что равновесное давление пара над поверхностью раздела выше давления насыщенных паров.

Если $t_{тр} \sim t_T$, то при расчете испарения может приниматься во внимание тепло и массообмен в паровоздушной смеси. При малой интенсивности массообмена справедлива аналогия между процессами тепло и массопереноса из которой следует:

$$\frac{N_H}{N_{H0}} = \frac{Sh}{Sh_0} \quad (2.26)$$

где N_H – число Нуссельта, $N_H = \frac{\alpha_{Г} J}{I}$ – характерный размер поверхности испарения; J – коэффициент теплопроводности паровоздушной смеси; Sh – число Шервуда для диффузионной составляющей пара:

$$Sh = \epsilon_p P_{шп} \frac{I}{D} = \epsilon_c C \frac{I}{D_p} \quad (2.27)$$

$$D_p = \frac{D}{R_n T} \quad (2.28)$$

где D_p – коэффициент диффузии, отнесенный к градиенту пропорционального давления пара.

Уравнения подобия для N_H и Sh включают, кроме учета чисел Архимеда, Рейнольдса, Прандтля, Шмидта, и геометрические параметры. Данные виды расчетов предусматривают проведение большого объема исследований и математи-

ческого анализа. В нашем случае рассмотрения процессов удаления растворенной воды и уноса компонентов примесей с паровоздушной смесью ограничимся проведением упрощенного теоретического анализа.

На этапе теоретических исследований объединим процессы осаждения механических примесей, смол, асфальтенов, серы и процессы удаления свободной и растворенной воды, не повышая температуру жидкости выше 90°C , а весь процесс будет проводиться по представленной на рисунке 2.8 схеме.

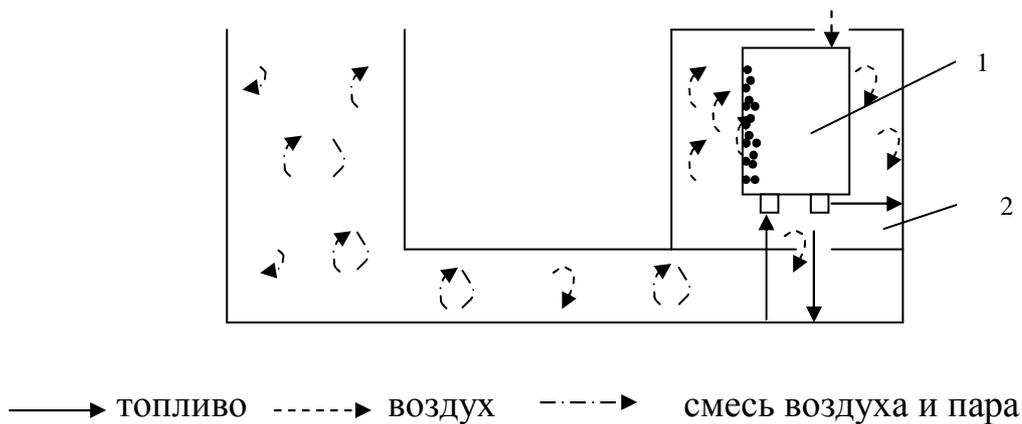


Рисунок 2.8– Схема процесса удаления свободной и растворенной воды из топлива

Топливо, выходя из ротора центрифуги 1, ударяется о корпус 2, при этом если температура топлива, например, составляла 85°C , то при ударе струи топлива о стенку корпуса его температура может резко повыситься на $3...5^{\circ}\text{C}$, а так как ротор находится во вращательном состоянии, образуя своеобразный эффект трения, то температура может еще повыситься на $5...10^{\circ}\text{C}$. Эффект дробления капли воды и высокая температура топлива приводит к превращению ее мельчайших частиц (менее $1\ \mu\text{м}$) в пар.

Свободная вода, находящаяся в топливе, в дисперсном состоянии $10\ \mu\text{м}$ и более будет частично дробиться при выходе из сопел ротора и ударе о стенку, превращаясь в частицы менее $1\ \mu\text{м}$, а частично оседать в корпусе ротора (на стенках или находясь близко к ним в плавающем состоянии).

Современными физическими методами можно проделать детальное исследование состояния воды в рассматриваемой ситуации, однако это не представля-

ется первоочередной задачей. Кроме того вода, ее содержание и состав меняются в зависимости и от вышеприведенных фактов и в силу того, что в процессе очистки топлива в него добавляется водный раствор агента – коагулянта.

Вода в топливе не является чистой водой, а содержит растворенную серу, поверхностно – активные вещества, углеводороды – парафины.

Оценка времени стоксовского осаждения воды в роторе центрифуге может быть проведена по формуле [85,89,90]:

$$\tau = \frac{4.5 \cdot \mu}{a^2 \cdot (\rho_s - \rho_T) \cdot \pi^2 \cdot n^2} \ln \frac{R_{max}}{R_{min}} \quad (2.29)$$

где $\rho_s - \rho_T$ - разность плотностей воды и топлива; $\frac{R_{max}}{R_{min}}$ - отношение максимального и минимального радиуса вращения потока топлива в роторе; μ - вязкость топлива, мм²/с.

Данная формула не учитывает режимов осаждения, вихреобразование потока и т.д. как в нашем случае.

Достаточно сложен и механизм удаления в процессе распыливания в системе ударных вращающихся струй, а из многочисленных полученных зависимостей в нашей схеме можно воспользоваться более простой оценочной формулой, состоящей из равенства центробежной ударной силы и силы поверхностного натяжения для многократного дробления [91]:

$$\frac{\pi r^3}{6} \rho_{ж} R \omega^2 = \frac{A \sigma \pi r}{z} \quad (2.30)$$

где A – экспериментальный коэффициент; z – кратность дробления; r - диаметр капли.

Большое количество вращающихся факторов (и учитывающихся и неучтенных) делает необоснованным применение данной формулы.

Для оценки испарительного эффекта I_u капли воды, движущейся вместе с потоком воздуха, воспользуемся формулой [91]:

$$I_u = \frac{\beta r}{D} = 2 \quad (2.31)$$

где β - коэффициент массоотдачи, м/с; D – коэффициент диффузии пара в воздухе, м²/с;

Соответственно удельный поток испаряющейся влаги может быть представлен как:

$$Y_n = \beta(K_{Пнас}(T_{П}) - K_B) \quad (2.32)$$

где $(K_{Пнас}(T_{П}) - K_B)$ - разность концентрации пара: $K_{Пнас}$ - концентрация пара насыщенного; K_B - концентрация воды.

В нашем случае процесс удаления воды во многом зависит от давления топлива в системе очистки, напора и производительности подающего устройства, насоса.

Скорость истечения топлива из ротора центрифуги через сопла может быть представлена выражением:

$$W_u = \frac{q_n}{4\pi r^2 / 4} \quad (2.33)$$

где q_n - производительность подачи насоса, л/мин.

При этом скорость напора, зная плотность топлива ($\rho_T=0,990$ кг/м³) будет равна:

$$\Delta P = \frac{\rho_T W_H^2}{2} \quad (2.34)$$

Пренебрегая сопротивлением воздуха уравнение траектории струи, выходящей из сопла ротора от ее края А до стенки В (рис 2.9) запишем в виде:

$$B = \frac{gA^2}{2W^2} \quad (2.35)$$

А – можно принять = 4 м (исходя из известных экспериментальных данных по принятой схеме центрифуги).

Тогда

$$W^2 = \sqrt{\frac{2P_{ном}}{\sum E_c \rho_T}} \quad (2.36)$$

где $P_{ном}$ - номинальное давление в системе, МПА, E_c - общее сопротивление $\approx 1,5$.

Размер капель воды, оседающей в роторе, может быть определен из условия

$$\tau_{np} = \tau_{oc}$$

$$\tau_{np} = \frac{V_p Q_p}{V_{oc} Q_{oc}} = \frac{\pi(R_2^2 - R_1^2)H}{V_{oc}} \quad (2.37)$$

где V_p - объем ротора, м³, V_c - объем осадка, м³; H – высота полости ротора, м.

Используя формулы 2.29, 2.35 и 2.37 получим уравнение для оценки размера капель воды, оседающих в корпус ротора центрифуги:

$$r = \sqrt{\frac{4.5V_c \mu R_2 / R_1}{\pi n^2 (\rho_g - \rho_T)(R_2^2 - R_1^2)H}} \quad (2.38)$$

Полученное выражение позволяет, апеллируя размерами установить диаметр капель воды, оседающей в корпусе ротора.

В нашем случае наиболее важным является установить размер капель растворенной воды, выходящей из сопла вместе с топливом и дополнительно диспергируемой в результате ударного взаимодействия струи со стенкой корпуса. Принимаем для воды : $\rho_g = 1000$ кг/м³, $\sigma = 70 \cdot 10^{-3}$ Н/м, для топлива $\rho_T = 900$ кг/м³, $\sigma = 40 \cdot 10^{-3}$ Н/м, R_c - радиус расположения сопел, $R_0 = 0,03$ м, $A = 3$ м, а кратность дробления $z = \omega$. В соответствии с чем размер капель может быть оценен зависимостью:

$$r = \sqrt{\frac{18\sigma}{\rho_g R_c \omega^3}} \quad (2.39)$$

Представленные уравнения позволяют в первом приближении охарактеризовать параметры процесса удаления свободной и растворенной воды из очищаемого топлива, рассчитать рациональные конструктивно – технологические характеристики средства очистки топлива от воды.

Микроглобула воды H₂O с серопарафинсодержащими элементами S, C, попадая под давлением в ротор центрифуги (рисунок 2.9), выходит через сопло со струей топлива T, ударяясь о корпус центрифуги. При значительной скорости по-

тока топлива, высоком давлении, температуре и малом расстоянии от момента отрыва струи до препятствия, микрокапля воды «взрывается» переходя в парообразное состояние ПВ.

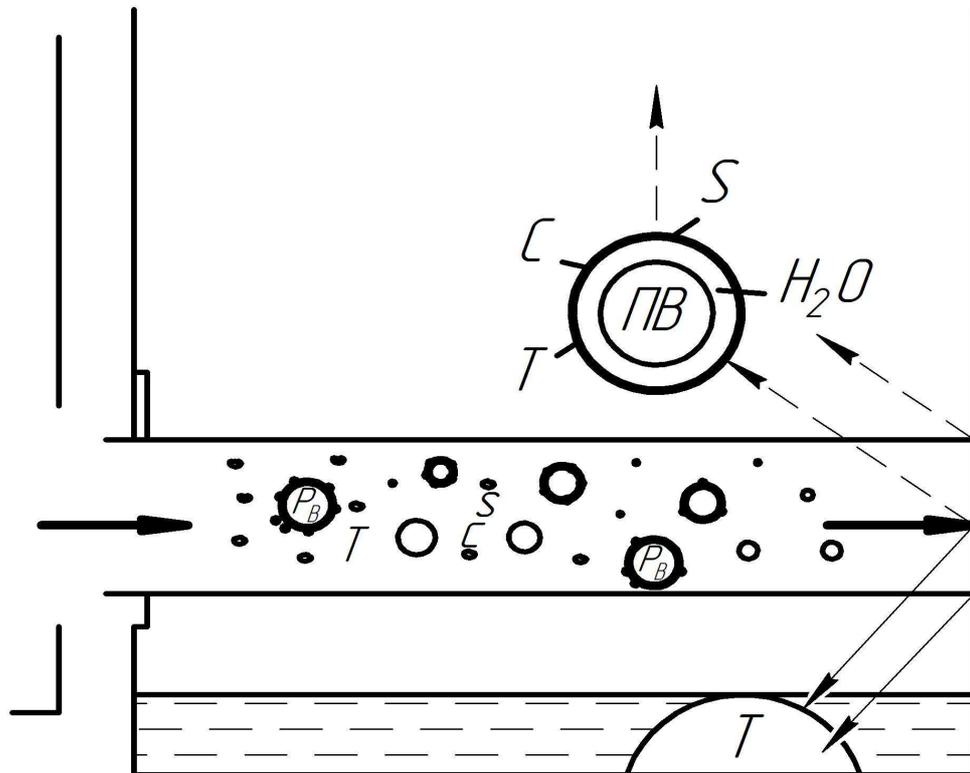


Рисунок 2.9 – Схема процесса образования микрокапель пара с серосодержащими элементами

Вода вскипает, превращаясь в частицы пара, уносимые или удаляемые из пространства микровзрыва. Количество удаленных серосодержащих соединений из топлива зависит от числа проходов топлива через центрифугу. Частица пара (ПВ) имеет форму «шара наполненного воздухом» с оболочкой из воды, легких фракций топлива с элементами серы S, парафинов C, смол.

В соответствии с теоретическими представлениями образования и удаления паровоздушной смеси из зоны микровзрыва центрифуги, появляется возможность удалить из дизельного топлива вместе с растворенной водой и серу, частично смолы и парафины.

2.4 Определение рациональных характеристик процесса смешивания дизельных топлив с депрессорными присадками

Как установлено в результате системного анализа, важнейшей характеристикой дизельного топлива являются их низкотемпературные свойства.

В переходный период эксплуатации тракторов осень – зима очень часто возникает проблема несоответствия показателей используемого топлива по предельной температуре фильтруемости и температуре замерзания.

Для повышения этих показателей рекомендуется вносить в топливо депрессорные присадки. Рекомендуемая концентрация внесения присадок и характеристики процессов смешивания носят обобщенный характер без анализа и учета свойств исходного дизельного топлива.

Так установлено [1], что топлива могут выпускаться из нефти различного происхождения и иметь различный углеводородный состав, соответственно иметь различную структуру. Состав парафинов в топливе изменить очень сложно, можно поменять их дисперсный состав введением депрессорных присадок.

Начальной характеристикой состояния низкотемпературных свойств топлива для внесения депрессорной присадки может быть предельная температура фильтруемости ПТФ дизельного топлива, на основании которой определяется концентрация внесения присадки.

Количественное соотношение смешения топлива и присадки можно найти на основании уравнения материального баланса:

$$M = M_1 C_1 + M_2 C_2 \quad (2.40)$$

где M - количество смешанного раствора топлива с присадкой концентрацией C ;

M_1, M_2 - количество смешанных растворов с концентрацией C_1 и C_2 .

Из уравнения материального баланса

$$M = M_1 + M_2 \quad (2.41)$$

Получим

$$C = \frac{M_1 C_1 + M_2 C_2}{M_1 + M_2} \quad (2.42)$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{C - C_2}{C_1 - C} \quad (2.43)$$

Количество M_1 смешиваемой депрессорной присадки (при $C_1 = 100$ %) и дизельного топлива M_2 (при $C_2 = 0$) необходимое для получения раствора концентрацией C (%):

$$M_1 = \frac{MC}{100} \quad (2.44)$$

$$M_2 = M \left[\frac{100 - C}{100} \right] \quad (2.45)$$

Для разведения M_1 частей раствора с начальной концентрацией C_1 (%) до требуемой концентрации C необходимо дизельного топлива M_2 ($C_2 = 0$)

$$M_2 = M_1 (C_1 / C - 1) \quad (2.46)$$

Как изложено в работах [1,5], предельная температура фильтруемости (ПТФ), помутнения и замерзания зависит от состава топлива, содержания в нем n – парафиновых групп C_{20} - C_{25} и C_6 - C_{14} . Данные характеристики взаимосвязаны с фракционным составом дизельного топлива. Чем тяжелее топливо, тем больше в нем доля парафиновых углеводородов, тем выше температура помутнения, предельная температура фильтруемости и температура замерзания топлива.

Депрессорные присадки способны понизить предельную температуру фильтруемости и температуру замерзания дизельного топлива.

Из информации о свойствах депрессорных присадок [92] известно, что их внесение позволяет снизить предельную температуру фильтруемости на 8-10 °С и температуру замерзания на 5...7 °С.

Однако, как сказано выше, это зависит от многих факторов и в первую очередь от содержания n – парафинов, определить которые в условиях эксплуатации практически невозможно.

С определенной степенью условности содержание парафинов в топливе коррелируется с фракционным составом. Для чего в нашем рассматриваемом

процессе сделаем определенные ограничения по диапазону топлив, рекомендуемых к проведению операции по повышению их низкотемпературных свойств, разделив их на 3 группы по фракционному составу. Первая группа: легкий состав 1-2, вторая группа 2-3 средний состав, третья группа утяжеленный состав 3-4. Соответственно содержанию парафиновых углеводородов н-п также можно разделить на три группы, % (масс. доля), которые характеризуются температурой помутнения 0-5 (-30 ...-20°C), 5-10 (-20...-10°C), 10-15 (-10...-0°C).

На основании известных данных о влиянии депрессорных присадок на низкотемпературные свойства дизельных топлив [1] теоретически предположим, что во всех случаях использования депрессорных присадок предельная температура фильтруемости топлива ПТФ изменяется линейно в зависимости от концентрации внесения Кдп.

Определим границы эффективности действия депрессорных присадок (ДП), исходя из фракционного состава топлива (Ф) и начальной ПТФ.

Принимаем, что внесение 0,1 % ДП практически не влияет на ПТФ, а внесение более 0,5 % не приводит к увеличению значения ПТФ.

Исходя из вышеизложенного можно установить зависимости изменения низкотемпературных свойств топлива, аппелируя данными начальных значений предельной температуры фильтруемости (ПТФ) с учетом действия депрессорной присадки (Кдп).

Предельная температура фильтруемости зависит от содержания в топливе н – парафиновых групп и депрессорных присадок. Таким образом, ПТФ можно выразить функцией 2-х переменных

$$t = t_1 (m_n) + t_2 (m_p) \quad (2.47)$$

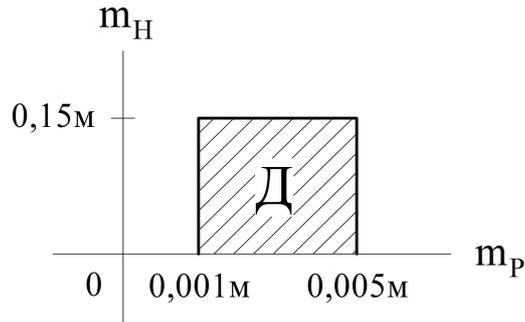
где m_n – масса н –парафинов в топливе

m_p - масса депрессорных присадок в топливе, m - масса топлива

Сделаем допущение, что содержание н –парафиновых групп меняется от 0 % до 15 % от массы топлива, содержание депрессорных присадок меняется от 0,1 % до 0,5 %.

Следовательно функция $t (m_n, m_p)$ (рисунок 2.10) действует на

$t: [0; 0,15 \text{ м}] \times [0,001 \text{ м}; 0,005 \text{ м}] \rightarrow [-30; 10]$



Д – область определения функции $t(m_n, m_p)$.

Рисунок 2.10 – Допустимые значения переменных m_n m_p

Выясним, какое влияние на ПТФ оказывает содержание в топливе н– парафиновые группы (рисунок 2.11).

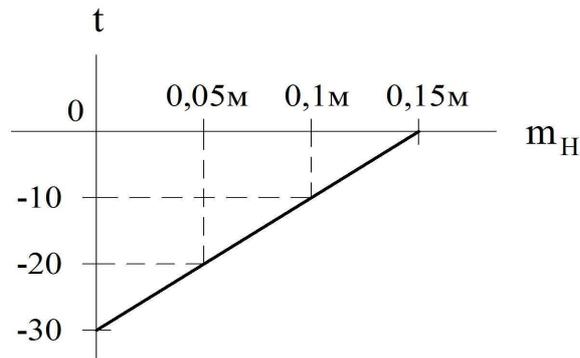


Рисунок 2.11 – Зависимость предельной температуры фильтруемости топлива от количества парафиновых углеводородов

Составим функцию, которая показывает эту зависимость:

$$\frac{m_n - 0}{0,15 \text{ м}} = \frac{t + 30}{30}$$

$$\frac{30 m_n}{0,15 \text{ м}} = t + 30$$

$$t = 200 \frac{m_n}{\text{м}} - 30 \quad (2.48)$$

Таким образом, после преобразований (2.47, 2.48) получаем

$$t(m_n, m_p) = t_1(m_p) + 200 \frac{m_n}{\text{м}} - 30 \quad (2.49)$$

Далее рассмотрим влияние на ПТФ депрессорных присадок.

Подвергнем анализу 3 случая.

1. При наибольшем содержании н – парафиновых групп (15 % от массы) и, соответственно, наибольшей ПТФ при добавлении 0,5 % присадок температура фильтруемости уменьшается на 10°С (рисунок 2.12).

$$\frac{m_p - 10^{-3}m}{5 \cdot 10^{-3}m - 10^{-3}m} = \frac{t - 0}{-10 - 0}$$

$$-\frac{m_p - 10^{-3}m}{4 \cdot 10^{-3}m} \cdot 10 = t_2$$

$$t_2^1 = -\frac{10^3 m_p - m}{4m} \cdot 10$$

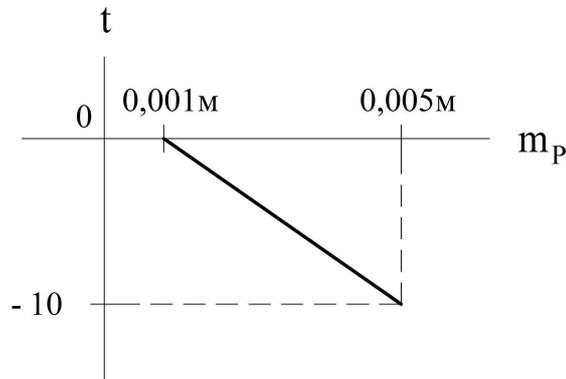


Рисунок 2.12 – Зависимость ПТФ топлива с учетом содержания в нем 15 % н – парафинов от внесения 0,5 % депрессорной присадки

Аналогично для 2 –х других случаев (рисунки 2.13, 2.14). При содержании в топливе 10 % н – парафинов $t_2^2 = -\frac{10^3 m_p - m}{4m} \cdot 7$

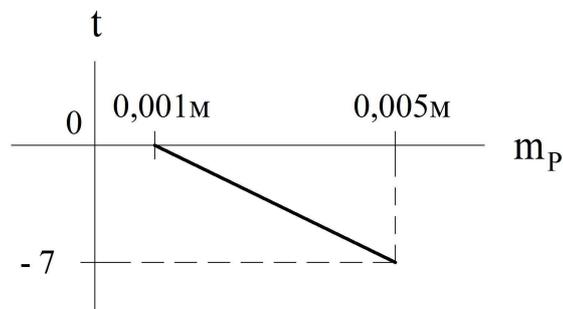


Рисунок 2.13 – Зависимость ПТФ топлива с учетом содержания в нем 10 % н – парафинов от внесения 0,5 % депрессорной присадки

При содержании в топливе 5 % н – парафинов $t_2^3 = -\frac{10^3 m_p - m}{4m} \cdot 5$

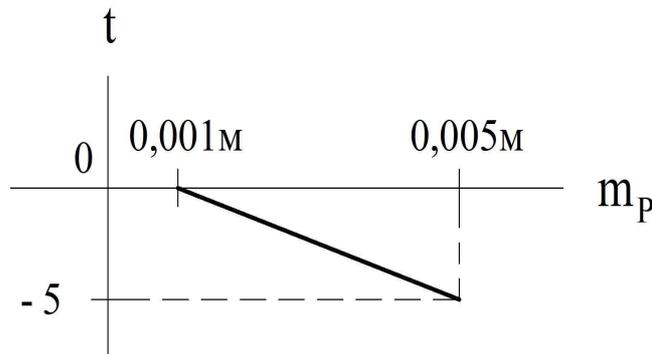


Рисунок 2.14 – Зависимость ПТФ топлива с учетом содержания в нем 5 % н – парафинов от внесения 0,5 % депрессорной присадки

Из выше изложенного можно сделать вывод о виде функции t

$$t(m_n, m_p) = t_2^i + 200 \frac{m_n}{m} - 30, \quad i = 1, 2, 3 \quad (2.50)$$

Из графиков зависимости ПТФ от внесения депрессорных присадок получим:

$$t_2^1 = -\frac{10^3 m_p - m}{4m} \cdot 10 \quad (\text{при содержании в топливе 15 \% н – парафинов})$$

$$t_2^2 = -\frac{10^3 m_p - m}{4m} \cdot 7 \quad (\text{при содержании в топливе 10 \% н – парафинов})$$

$$t_2^3 = -\frac{10^3 m_p - m}{4m} \cdot 5 \quad (\text{при содержании в топливе 5 \% н – парафинов})$$

В общем виде уравнение, характеризующее изменение предельной температуры фильтруемости будет иметь вид:

$$t(m_n, m_p) = -\frac{10^3 m_p - m}{4m} k_i + 200 \frac{m_n}{m} - 30 \quad (2.51)$$

где k_i - коэффициент эффективности присадок.

Принимаем: $k_1 = 10$ (при содержании в топливе 15 % н – парафинов)

$k_2 = 7$; (при содержании в топливе 10 % н – парафинов)

$k_3 = 5$ (при содержании в топливе 5 % н – парафинов)

Выясним, при каких условиях ПТФ будет минимальной.

Частные производные функции $t(m_n, m_p)$ будут иметь вид:

$$\frac{\partial t}{\partial m_p} = -\frac{10^3}{4m} \quad (2.52)$$

$$\frac{\partial t}{\partial m_n} = \frac{200}{m} \quad (2.53)$$

Производные не зависят от m_p и m_n соответственно. Следовательно, для отыскания наименьшего значения функции t необходимо рассмотреть ее значения на границе области определения (т.е. на границе области Д).

Очевидно, что наименьшее значение будет достигаться при минимальном содержании n – параф. и максимальном содержании депрессорных присадок ($m_n = 0$; $m_p = 0,005m$)

$$t(0; 0,005m) = -\frac{10^3 \cdot 0,005m - m}{4m} \cdot k_i + 200 \frac{0}{m} - 30 = -k_i - 30 \quad (2.54)$$

Соответственно теоретически минимально возможная температура -40 °С.

Однако практически достичь ее очень сложно из-за наличия в топливе n – парафинов.

Определим максимальную температуру фильтруемости при максимальном содержании парафинов в топливе (при внесении 0,5 % присадки):

$$t(0,15m; 0,005m) = -\frac{10^3 \cdot 0,005m - m}{4m} \cdot k_i + 200 \frac{0,15m}{m} - 30 = -k_i + 30 - 30 = -10$$

Полученные зависимости и характеристики позволяют проводить эмпирические расчеты внесения оптимального количества депрессорных присадок для получения искомых значений низкотемпературных свойств дизельных топлив.

На основании проведенных предварительных теоретических расчетов построим номограмму определения рациональной концентрации внесения депрессорных присадок в зависимости от исходных низкотемпературных свойств дизельного топлива (рисунок 2.15).

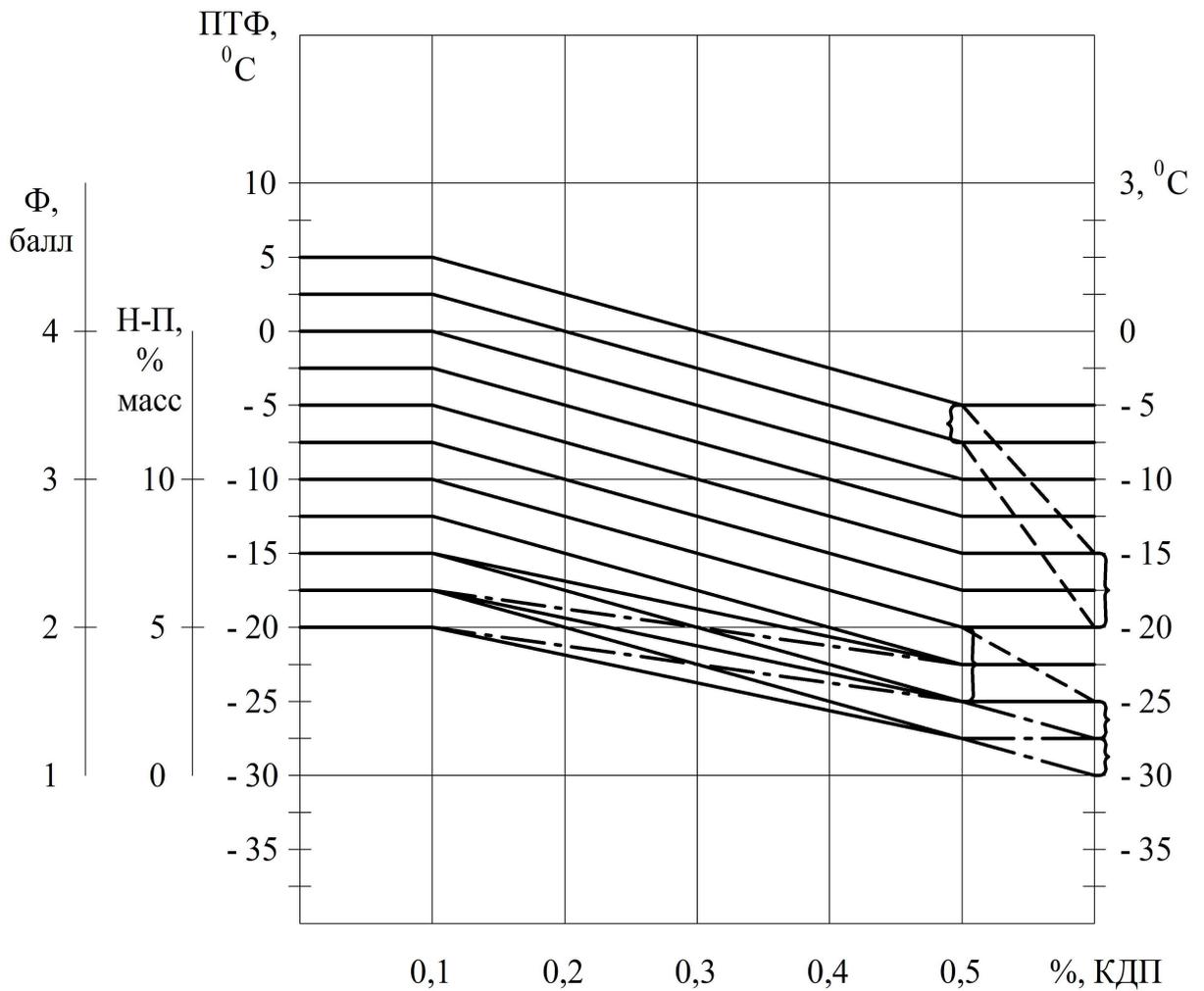


Рис. 2.15 - Номограмма определения рациональной концентрации внесения депрессорных присадок (КДП) в зависимости от свойств топлива (Ф – фракционный состав в баллах, Н – П – содержание парафинов в %), устанавливаемых на основе анализа ПТФ.

Так, по определенной в лабораторных условиях предельной температуры фильтруемости ПТФ, замерзания (З) топлива можно определить необходимое количество внесения депрессорной присадки $K_{ДП}$ для получения требуемых значений низкотемпературных характеристик дизельного топлива.

2.5 Выводы

1. В результате теоретического анализа установлено, что присутствующие в топливе смолы, серы и продукты окисления для их эффективного удаления долж-

ны быть предварительно укрупнены. В качестве доступного коагулянта следует выбрать карбамид как реакционно способное вещество. Воздействие водного раствора карбамида на дизельное топливо создает условия образования защитной пленки на поверхностях трения, т.е. способствует повышению смазывающих свойств топлива. Установлено, что превращение водного раствора карбамида с элементами серы на поверхностях микроглобул воды в легкоподвижное туманообразное состояние создает основание для разработки способа удаления смол, примесей, растворенной воды и частично серы из очищаемого топлива.

2. Установлено, что удаление примесей, смол, асфальтенов, продуктов окисления под действием коагулянта подчиняется законам осаждения и центрифугирования. Скорость осаждения зависит от разности плотностей и диаметра скоагулировавших смол, описываемая выражением (2.7, 2.10). Важной характеристикой процесса очистки топлива от примесей является фактор разделения, который с учетом условий укрупнения мелкодиспергированных частиц описывается формулой 2.14, включающей коэффициент кратности разделения, определяемый по номограмме.

3. Определено, что процесс укрупнения предполагает увеличение размера частиц смол и представляет собой монодисперсную систему. Предельный диаметр частиц которой может быть высажен центрифугированием следует оценивать выражением (2.18).

4. Образование пара предопределяет нагрев дизельного топлива для испарения из него растворенной воды. Интенсивность массообмена при испарении растворенной воды из топлива зависит от разности парциальных давлений пара у поверхности раздела и основной массы парогазовой смеси (2.20). Оценка времени стоковского осаждения в роторе центрифуги может быть проведена по формуле (2.26). Размер капель растворенной воды, выходящей из сопла вместе с топливом в результате дополнительного ударного взаимодействия струи со стенкой корпуса центрифуги, определяется по формуле (2.36).

5. Начальной характеристикой состояния низкотемпературных свойств топлива для внесения депрессорной присадки может быть предельная температура

фильтруемости (ПТФ). ПТФ зависит от содержания в топливе n – парафиновых групп и депрессорных присадок, соответственно является функцией двух переменных (2.44). Для отыскания наименьшего значения функции t определяют ее значение на границе области определения номограммы рациональной концентрации внесения депрессорных присадок в зависимости от свойств топлива, что снижает трудоемкость и упрощает практику реализации технологических процессов изменения низкотемпературных свойств топлив в условиях его использования в предприятиях АПК.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованиям подвергалось дизельное топливо, приобретаемое в крупных нефтяных компаниях и малых коммерческих структурах, хранящееся на нефтескладах и используемое в сельхозпредприятиях.

Работа проводилась с использованием материально – технической базы ФГБНУ ВНИИТиН, исследовательских и лабораторных центров ТГУ, ОАО «Тамбов – Терминал» (Роснефть) в сотрудничестве с сельскохозяйственными организациями Тамбовской области.

Физико-химические исследования проб дизельных топлив и оценка их противозносных свойств проводилась в условиях аттестованной химической лаборатории ФГБНУ ВНИИТиН. Дополнительно проводилась независимая оценка характеристик топлив до и после очистки в аккредитованной испытательной лаборатории нефтепродуктов «Роснефть» г. Тамбов.

Оборудование для очистки топлив, установка и вспомогательные технические средства изготавливались на экспериментальном предприятии ФГБНУ ВНИИТиН.

Оценка эффективности работы оборудования по очистке топлив от примесей и воды, улучшения их смазывающих и низкотемпературных свойств проводилась в условиях нефтепродуктоснабжающего предприятия ООО «Акцент Агро», г. Рассказово, ООО «Меркурий», г. Тамбов.

Эксплуатационные испытания топлив проводились на тракторах, работающих в штатном режиме в СХПК ПЗ –колхоз им. Ленина Тамбовской области по ГОСТИрованным методикам испытаний с использованием специального исследовательского оборудования ФГБНУ ВНИИТиН.

3.1 Методика исследований физико–химических характеристик дизельного топлива

В соответствии с поставленной целью и задачами исследований проводился анализ характеристик исходного дизельного топлива и после проведения операции по удалению смол, асфальтенов, воды, продуктов окисления, а также повышению смазочных и низкотемпературных свойств введением присадок и добавок.

Аналізу подвергалось топливо, приобретаемое для проведения исследований в ОАО «Тамбов – Терминал», в ООО ТД «Акцент – Агро», г. Рассказово, ООО «Меркурий» г. Тамбов и топливо, хранящееся и используемое в сельхозтехнике ПЗ – колхоз имени Ленина Тамбовского района Тамбовской области.

Анализ свойств топлив проводился по следующим показателям:

1. Фракционный состав по ГОСТ 217-99.
2. Кинематическая вязкость по ГОСТ 33-82
3. Температура помутнения по ГОСТ 5066-91
4. Температура застывания по ГОСТ 20287-91
5. Предельная температура фильтруемости по ГОСТ 22254-92
6. Температура вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 6356-75
7. Массовая доля серы по ГОСТ 51947-2002
8. Концентрации фактических смол по ГОСТ 8489-85
9. Кислотность по ГОСТ 5985-79
10. Зольность по ГОСТ 1401-85
11. Плотность по ГОСТ 3900-85
12. Содержание механических примесей по ГОСТ 6370-83
13. Содержание воды по ГОСТ 2477-65.

На рисунке 3.1 представлены фрагменты некоторого оборудования химической лаборатории ФГБНУ ВНИИТиН, используемого для определения свойств дизельного топлива.



Определение фракционного состава топлива



Определение температуры вспышки в закрытом тигле



Определение кислотности топлива

Рисунок 3.1 – Фрагменты оборудования для определения свойств топлива

Дизельное топливо для анализа отбиралось в объеме 0,5-1 литр в заранее подготовленную чистую посуду.

Отбор проб проводился из средних уровней объемов.

Анализ топлив проводился при температуре окружающего воздуха +15...+20 °С.

Для проведения независимых исследований топливо специально маркировалось без обозначения проводимых операций и действий.

Содержание меркаптановой серы и концентрации фактических смол оценивалась по ГОСТированным методикам на оборудовании испытательной лаборатории нефтепродуктов «Роснефть» (ОАО «Тамбов – Терминал»).

3.2 Определение дисперсного состава примесей и загрязнений дизельного топлива

В процессе проведения исследований оценивался дисперсный состав примесей, присутствующих в дизельном топливе до и после его очистки. В частности рассматривалось присутствие в очищенном топливе механических примесей, растворенных добавок, улучшающих смазывающие свойства топлива, депрессорных присадок, вносимых для повышения низкотемпературных свойств дизельного топлива.

Дисперсный состав механических примесей, размер частиц скоагулировавших примесей дисперсного диапазона от 5 мкм до 100 мкм оценивались на приборе ФС-151 (рисунок 3.2) в соответствии с правилами и инструкцией пользования.



Рисунок 3.2 - Определение дисперсного состава механических примесей в дизельном топливе прибором ФС – 151.

Так как концентрация вносимых веществ, присадок, добавок достаточно мала, а основная их часть практически полностью растворяется в топливе и не фиксируется известными методами и оборудованием, то было принято решение оценки дисперсного состава частиц топлива методом фотонной корреляционной спектроскопии [93], с использованием фотонного спектрометра динамического рассеивания света PhotocorComplex (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Общий вид Photocor – FC

При прохождении лазерного луча через дизельное топливо, содержащее взвешенные дисперсные частицы, часть света рассматривается на флуктуациях концентрации частиц, которые участвуют в броуновском движении, описываемом уравнением Эйнштейна – Стокса.

$$\Gamma = \frac{1}{T_c} = Dq^2,$$

связывающих ширину спектра рассеянного света Γ с коэффициентом диффузии D , где q - модуль волнового вектора флуктуации. Коэффициент D связан с гидродинамическим радиусом частиц R .

$$D = \frac{\kappa T}{6\pi\eta R}$$

где κ - константа Больцмана, T - абсолютная температура, η - сдвиговая фаза топлива. Нормированная функция поля рассеянного света имеет вид:

$$g_1(\tau) = \exp(-\Gamma_t)$$

и связана с автокорреляционной функцией поля уравнением Зигерта:

$$g_1(\tau) = 1 + [g_1(\tau)]^2 = 1 + \exp(-2\Gamma_t)$$

где τ - иное определение как характерное время релаксации флуктуации.

Оно пропорционально размеру частиц. В нашем случае система топливо – примеси может быть полидисперсна под действием реагентов и коагулянтов, соответственно функцию рассеянного света можно записать в следующем виде:

$$g_1(\tau) = \int F(\Gamma) \exp(-\Gamma_t) dF$$

В спектрометре Photocor – FC рассеянный свет принимается фотоприемником и сигнал с выхода обрабатывался цифровым коррелятором. Из полученной функции методом компьютерной обработки вычислялось распределение дисперсных частиц по размерам и их средний параметр. Продолжительность измерения 5 часов. В течение первого часа измерения проводили с интервалом 10 минут, в последующие 4 часа с промежутком 30 минут.

Результаты исследований по определению дисперсного состава топлива с различного рода добавками представляются в виде спектрограмм с последующим анализом и описанием в результатах работы.

Оценка изменения дисперсного состава примесей под действием реагентов и коагулянтов также проводилась под микроскопом «Биолан-70». При этом проводилась микрофотосъемка капельных образцов топлива.

3.3 Выбор коагулянтов и определение рациональных параметров процесса укрупнения примесей и смол в дизельном топливе для их последующего удаления

Выбор коагулянтов для укрупнения растворенных в дизельном топливе смол, асфальтенов, продуктов окисления проводился на основании теоретических исследований и анализа известных способов очистки.

Основными реагентами на предварительном этапе очистки топлива рассматривались: серная кислота, щелочь, карбамид.

Серная кислота для удаления смол из продуктов перегонки нефти, вносилась в дизельное топливо при температуре 10...30 С. Время перемешивания составляло 5 – 10 минут. Концентрация вносимой кислоты по отношению к массе топлива принималась: 0.1;0.2;0.3;0.4;0.5 %.

После завершения процессов перемешивания топлива с кислотой смесь перемешивалась и отстаивалась. Через каждые 5 минут отстоя под микроскопом «Биолан -70» рассматривался процесс укрупнения примесей.

В качестве коагулянта для укрупнения смол и продуктов окисления щелочью рассматривалось применение водного раствора кальцинированной соды (торговая марка). Концентрация смешивания воды с содой составляла 1:1. Концентрация вносимого водного раствора щелочи в дизельное топливо составляла 0.1;0.2;0.3;0.4;0.5 % масс.

Для внесения водного раствора щелочи топливо изначально нагревалось, после чего в топливо вносился водный раствор щелочи и по капельной пробе под микроскопом оценивалась эффективность процесса коагуляции.

Карбамид как реакционно способное вещество рассматривался в качестве основного коагулянта в процессах очистки топлива от смол.

Для рассмотрения процессов коагуляции смол, асфальтенов, продуктов окисления топлив использовался карбамид, применяемый в сельскохозяйственном производстве в качестве минерального удобрения.

Карбамид растворялся в воде в процентном соотношении 50:50.

В дизельное топливо вносилось 0,1; 0,2; 0,3 ;0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1 % масс водного раствора карбамида. Смесь перемешивалась, нагревалась до температуры 60, 70, 80, 90, 100 С. Время перемешивания составляло 5-10 минут. Далее смесь отстаивалась в течение 0.5 – 1.5 часа. Через каждые 10 мин отстоя отбиралась капельная проба для наблюдения процессов укрупнения смол и примесей под микроскопом.

Проводились исследования по оценке электролитических свойств водного раствора карбамида, заключающиеся в определении удельной электропроводности жидкости в зависимости от содержания сухого вещества.

Смесь топлива с водным раствором карбамида на предмет рассмотрения изменения и оценки дисперсного состава примесей и загрязнений исследовалась методом фотонной спектроскопии в соответствии с методикой 3.2.

В процессе проведения исследований по оценке коагуляционных способностей реагентов рассматривалось изменение содержания фактических смол в топливе в соответствии с методикой ГОСТ 8489-85.

На основании полученных результатов предварительно оценивалась рациональная концентрация внесения коагулянтов, время процесса укрупнения и процесса осаждения, рациональная температура топлива для прохождения коагуляционных процессов и укрупнения смол и продуктов окисления.

При выборе в качестве коагулянта серной кислоты определялась кислотность топлива по ГОСТ 5985-79.

Обработка данных проводилась на основании известных статистических методов обработки и анализа результатов исследований.

3.4 Методика проведения исследований по удалению из топлив примесей, смол, свободной и растворенной воды.

Моделирование процессов очистки топлив от примесей и воды проводились на лабораторной центрифуге (рисунок 3.4).

Частота вращения ротора центрифуги рассматривалась в диапазоне от 2 до 10 тысяч оборотов в минуту, с^{-1} .

Очищаемое топливо нагревалось до температуры 20...30 С. В топливо вносился 1 % кварцевой пыли, смесь перемешивалась и проводилась ее центрифугирование.

Перед началом испытаний под микроскопом рассматривалась равномерность распределения частиц пыли в топливе.



Рисунок 3.4 – Лабораторная центрифуга

Время очистки топлива составляло от 20 до 90 минут.

После проведения операций очистки оценивалось содержание механических примесей в очищаемом топливе по ГОСТ 6370-83. Проводился анализ остаточного содержания примесей наблюдением под микроскопом.

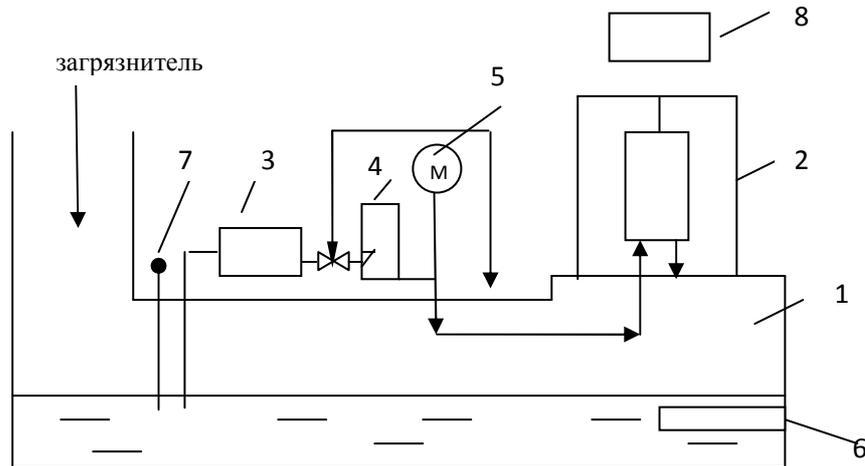
Для оценки возможности удаления примесей смол, свободной и растворенной воды изготавливалась модельная центрифуга (рисунок 3.5)



Рисунок 3.5 - Модельная центрифуга для удаления механических примесей, смол, продуктов окисления и воды.

Для оценки характеристик процессов удаления примесей из топлив центрифуга устанавливалась на емкость (рисунок 3.6).

Топливо в емкости нагревалось специальными взрывозащищенными нагревательными элементами. Подача топлива из емкости в центрифугу осуществлялась шестеренчатым насосом НШ-32. Давление в системе очистки регулировалось клапаном (рисунок 3.6).



1 – емкость; 2 – модельная центрифуга; 3 – насос НШ-32; 4 – клапан; 5 – манометр; 6 – нагревательный элемент; 7 – термометр; 8 – стробоскоп.

Рисунок 3.6 - Схема исследований процессов очистки топлива от механических примесей (с искусственным загрязнением) и смол

Давление топлива в системе регистрировалось манометром 5 МОШ-16. Температура топлива фиксировалась лабораторным термометром 7. Частота вращения ротора центрифуги определялась стробоскопом 8.

Исследование процессов очистки от примесей и оптимизация параметров на модельной центрифуге проводилось в два этапа. На первом этапе очистке подвергалось топливо, загрязненное искусственным загрязнителем. На втором этапе очистки подвергалось топливо после проведения операций укрупнения смол, асфальтенов согласно методике 3.3.

Теоретические исследования показали, что технологический процесс удаления растворенной воды из топлив подчиняется установленным зависимостям и может быть осуществлен в процессе центрифугирования.

Принятая схема процесса удаления растворенной воды из топлива представлена на рисунке 3.7.

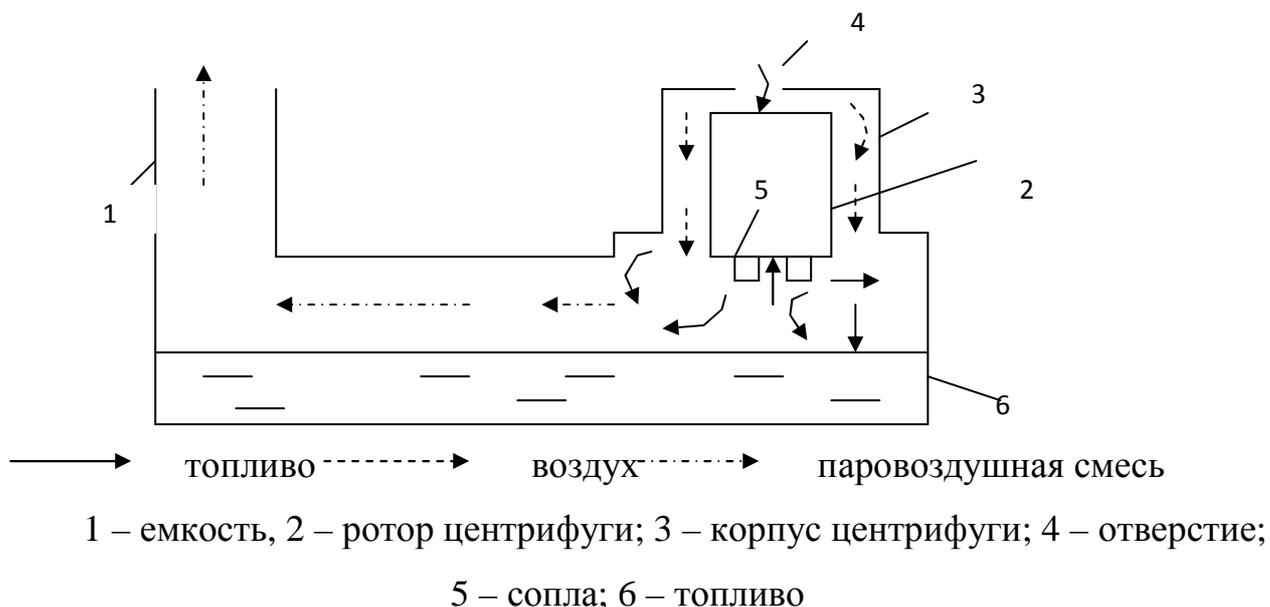


Рисунок 3.7 – Схема процесса удаления растворенной воды из топлива

Определение рациональных параметров процесса удаления воды осуществлялось на модельной центрифуге (рисунок 3.5).

Вода в топливо как вносилась и перемешивалась искусственно по циклу насосом, так и использовалось обводненное топливо сельхозпредприятий и поставщиков.

Топливо в емкости нагревалось до температуры 50-100 °С и насосом подавалось в центрифугу. Частота вращения ротора центрифуги, оцениваемая стробоскопом варьировалась в диапазоне 2000-11000 об/мин. Давление в системе, определяемое по манометру, рассматривалось в диапазоне 2 - 11 кгс/см².

Рациональное время удаления воды из топлива оценивалось при различном давлении в системе очистки и различной температуре нагрева топлива.

Для создания потока воздуха, проталкивающего паровоздушную смесь из корпуса центрифуги и емкости с топливом, в верхней части крышки корпуса центрифуги высверливалось отверстие, а на корпус ротора монтировалось нагнетательное устройство.

Давление потока воздуха определялось на выходе из горловины емкости. Давление всасывания воздуха через отверстие крышки корпуса центрифуги оценивалось ориентировочно по интенсивности втягивания бумажной ленты.

Содержание воды в топливе оценивалось в процентах по ГОСТ 2477-65 в лабораторных условиях.

3.5 Методика проведения исследований по повышению смазывающих свойств топлива

Учитывая важность показателя смазывающих свойств топлива, проводились исследования по его повышению введением противоизносных присадок и соединений карбамида в топливо. В результате теоретических исследований установлено, что даже малое количество водного раствора карбамида может положительно влиять не только на увеличение смазывающих свойств, но и в определенной степени выполнять функции процесса депарафинизации и снижения содержания фактических смол и серы в очищаемом физическими методами топлива.

Топливо предварительно анализировалось по таким показателям, как фракционный состав, вязкость кинематическая, содержание фактических смол, общее содержание серы.

В топливо вносился водный раствор карбамида, состоящий из 50 % воды и 50 % гранулированного карбамида. Состав перемешивался до полного растворения карбамида при температуре 15-20°C. Водный раствор карбамида вносился в топливо в процентном соотношении 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 % к массе топлива.

Смесь перемешивалась и нагревалась до температуры 100°C. Далее температура смеси 100°C поддерживалась в течение 10...30 мин и проводился отстой топлива. После каждых 5 мин отстоя под микроскопом «Биолам-70» с фотонасадкой проводилось рассмотрение и съемка изменений. Отстаивание топлива проводилось в течение 120 минут.

В случаях, когда наблюдался процесс гранулоглобулообразования, осадкообразования исследуемая смесь помещалась в лабораторную центрифугу, где в течение 15 мин при различных оборотах проводилась очистка топлива от взвесей.

На следующем этапе исследований проводился анализ очищенного топлива по вязкости, фракционному составу, содержанию фактических смол.

В случаях, когда наблюдался процесс глобулообразования после проведения операции очистки и анализа вышеприведенных характеристик топлива, проводилась оценка смазывающих свойств топлива. Определение сложившихся свойств топлива проводилось на основании анализа диаметра пятна износа шариков в машине трения типа КТ-2 (рисунок 3.8)



Рисунок 3.8 – Общий вид четырехшариковой машины трения и схема для оценки смазывающих свойств топлива

Реализация схемы оценки смазывающих свойств топлива заключалась в следующем.

Топливо после проведения операции внесения водного раствора карбамида, нагрева, отстоя и очистки в объеме 100 мл заправлялось в испытательную емкость при температуре окружающей среды 20°C.

В исследуемое топливо опускался патрон с закрепленным шариком. Патрон с шариком упирался в обойму с фиксированными в ней 3-мя шариками. Создавалась нагрузка 80 Н. Далее патрон под действием электропривода начинал вращение, создавая трение между верхним и нижним шариками. За период времени 3 часа на поверхности 3-х шариков обоймы образовывались пятна износа, по величине которых под микроскопом «Биолам – 70» определялось среднее значение, характеризующее как смазывающие свойства топлива.

Одной из задач исследований является определение влияния противоизносных присадок на смазывающие свойства топлива. Для этих целей в топливо вносились высокотехнологичные присадки.

Для проведения исследований по повышению смазывающих свойств топлив присадками использовались препараты Германии марки Keropur и США PRG – Boost. Количество вносимых присадок составляло 600 мг/кг, 1200 мг/кг, 1800 мг/кг, 0.295 мл/л. Температура топлива при внесении присадок варьировалась в диапазоне +20... +60 С.

При проведении операций внесения присадок оценивался дисперсный состав жидкости методом фотонно – корреляционной спектроскопии, рассматривалось изменение диаметра пятна износа на четырехшариковой машине трения, проводилась микрофотосъемка пятен износа.

3.6 Методика исследования процессов повышения низкотемпературных свойств дизельного топлива

Низкотемпературные свойства дизельного топлива строго регламентируются ГОСТ 305-82 и ГОСТ Р 52368. Основными критериальными характеристиками низкотемпературных свойств топлива являются температура помутнения, температура замерзания и предельная температура фильтруемости.

В соответствии с целью и задачами работы проводились исследования по оценке эффективности действия депрессорных отечественных и зарубежных добавок к топливу.

В качестве объектов исследований рассматривались технологические процессы, происходящие в топливах с неудовлетворительными низкотемпературными свойствами. Для проведения исследований были выбраны топлива с температурой помутнения $-5, -10, -15^{\circ}\text{C}$, температурой застывания $-15, -20, -30^{\circ}\text{C}$, предельной температурой фильтруемости $-10, -15, -20^{\circ}\text{C}$. В качестве депрессорных присадок использовались Keropur DP604T, Keroflux 3501, Infineum R442M, Difron 3319, ДДП – антигель. Концентрация вносимых добавок составляла от 0,5 до 2 % к массе топлив.

Подготовка раствора добавки и способы их внесения проводились в соответствии с рекомендациями разработчиков – предварительное перемешивание в ограниченном объеме топлива при температуре $+40^{\circ}\text{C}$, с последующим смешиванием с основным объемом при температуре от 0 до 20°C .

3.7. Методика проведения производственных испытаний технологического процесса очистки топлива и повышения его эксплуатационных свойств

Производственные испытания технологического процесса очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив проводились по двум направлениям:

1. Технологический процесс очистки топлива, повышения его смазывающих, улучшения низкотемпературных свойств по разработанной технологии и оборудовании проходили производственную проверку в ООО «Меркурий», ООО «Акцент Агро» г. Тамбов. Данные предприятия на протяжении 10 лет являются одним из поставщиков топлив и смазочных материалов в сельскохозяйственные предприятия Тамбовской и Липецкой областей.

2. Топливо с улучшенными эксплуатационными характеристиками прошло проверку в тракторах марки МТЗ-80, работающих в сельхозпредприятиях ПЗ – колхоз имени Ленина Тамбовского района Тамбовской области.

Дизельное топливо, хранящееся на нефтескладах предприятий, анализируется на загрязненность (механические примеси, вода) определяются низкотемпературные свойства. При отклонении характеристик некондиционное топливо перекачивается в емкость для хранения.

При проведении испытаний обработке подвергалось топливо со следующими характеристиками.

Фракционный состав:

50 % перегоняется при $t, ^\circ\text{C} - 270$;

90 % перегоняется при $t, ^\circ\text{C} - 350$;

Кинематическая вязкость, при $20 ^\circ\text{C} - 3,0$;

Температура помутнения, $^\circ\text{C} - -15$;

Предельная температура фильтруемости, $^\circ\text{C} - - 18$;

Содержание мех.примесей, % - 0,08;

Содержание воды, %

Диаметр пятна износа, мм – 0,41.

Очистка топлива проводилась по способу (патент № 2477303) и на установке, изготовленной в условиях экспериментального производства ФГБНУ ВНИИТиН.

В процессе очистки экспресс - лабораторией ЭЛТ ВНИИТиН – 1 контролировались следующие характеристики топлива: вязкость кинематическая, содержание механических примесей, содержание воды.

После проведения операции очистки и улучшения смазывающих свойств топлива в топливо вносилась низкотемпературная добавка ДДП (растворенная в небольшом объеме). Топливо перемешивалось и структурировалось пропусканием через сопло центрифуг при температуре топлива $+40 \dots + 60^\circ\text{C}$.

Определялись низкотемпературные характеристики топлива.

Восстановленное топливо направлялось в емкости для промежуточного хранения с последующей отправкой на анализ и далее потребителю.

Производственные испытания технологического процесса повышения низкотемпературных свойств дизельных топлив проводились в ООО «Меркурий».

Производственные испытания полученных после улучшения свойств топлив проводились в условиях реальной эксплуатации в тракторах, выполняющих различные сельскохозяйственные работы (транспортные, посев, боронование, вспашка) в ФГУП ПЗ – колхоз имени Ленина Тамбовского района Тамбовской области.

В испытаниях участвовали трактора марки МТЗ-80 (и их модификации).

Испытания проводились в весенне-осенний и зимний периоды работы машин.

На протяжении всего периода испытаний часть тракторов заправлялись топливом без улучшения его свойств и часть – топливом после очистки и улучшения эксплуатационных свойств.

По мере наработки проводилась сравнительная оценка среднего расхода топлива в тракторах, работающих на топливе без очистки и улучшения его смазывающих свойств и топлива, подвергнутом технологическому воздействию. Оценивалась загрязненность выхлопных газов и угар масла. Выборочно анализировалась загрязненность форсунок.

Перед началом испытаний в картеры двигателя тракторов заправлялось моторное масло М-10Г₂, проводился анализ его физико – химических характеристик. После достижения определенной наработки проводился контрольный анализ содержания нерастворимого осадка, температуры вспышки, вязкости отработавшего масла в химлаборатории ФГБНУ ВНИИТиН.

Перед началом и в конце испытаний проводился анализ загрязненности форсунок. По результатам испытаний технологического процесса очистки топлива и его использования составлялись акт и протокол испытаний.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Исследование свойств коагулянтов для укрупнения растворенных в дизельном топливе смол и примесей

Как известно, среди загрязнений, присутствующих в дизельном топливе, кроме механических примесей и свободной воды, легко удаляемых физическими методами очистки, в нем содержатся растворенные смолы, асфальтены, продукты окисления, сера, которые практически не поддаются удалению [94,95,96,97,98].

Основная трудность удаления состоит в отсутствии средств очистки топлива от включений дисперсного состава менее 0,1...0,5 мкм.

Присутствующие в топливах смолы, сера не всегда отрицательно характеризуют качество топлива, т.к. в определенной степени являются «смазывающими компонентами» [99,100]. С другой стороны, повышенное содержание смол, серы, тяжелых фракций в дизельном топливе при его сгорании в цилиндро-поршневой группе может вызывать образование лаковых отложений и увеличение износа деталей ЦПГ. К тому же вышеприведенные составляющие дизельного топлива отрицательно влияют на экономические показатели двигателя и загрязненность выхлопа.

Удалить растворенные примеси из топлива фильтрами, центрифугами, сепараторами можно только укрупнив их дисперсный состав, при этом воспользоваться физико-химическими методами очистки [101,102,103,104].

Для определения возможности удаления растворенных примесей рассматривалось несколько методов предварительной обработки топлива коагулянтами, в частности воздействие на топливо серной кислотой, щелочью и карбамидом.

Анализ топлива под микроскопом с кратностью увеличения $K_{ув}=110$ раз показывает, что каких либо включений в топливе с содержанием фактических смол 60 мг/100 см³ и массовой долей серы 0,5 и более процентов не наблюдается.

В соответствии с методикой исследований, в дизельное топливо с содержанием фактических смол 60 мг/100 см³ и массовой долей серы 0,5% вносились по-

очередно серная кислота в процентном соотношении 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 %. Температура топлива составляла 20°C. Смесь перемешивалась в течение 0,5 часа. Под микроскопом рассматривался процесс коагуляции и проводилась микрофото-съемка. Результаты рассмотрения представлены на рисунках 4.1 (а, б, в, г).

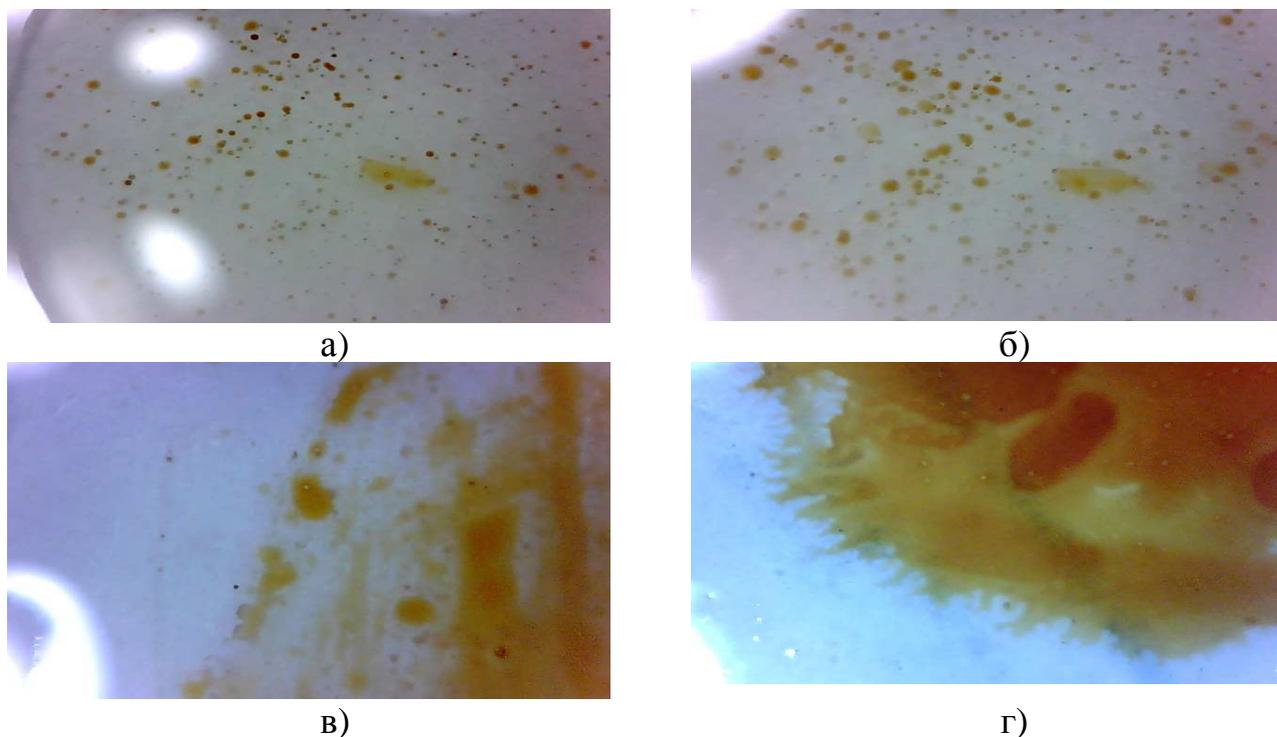


Рисунок 4.1 – Микрофотографии проб дизельного топлива при внесении в него: а) 0,1 % серной кислоты; б) 0,2 %; в) 0,3 %; г) 0,5%

Из рисунка 4.1 видно, что даже незначительное количество кислоты (0,1 %) вызывает процесс коагуляции и появление конгломератов.

С увеличением концентрации до 0,3 % наблюдается увеличение новообразований. Так как кислота может вызывать увеличение кислотности топлива, была проведена ее оценка в соответствии с ГОСТ, а также содержание фактических смол в отстоявшейся в течение 30 минут верхней части топлива.

На рисунке 4.2. представлена зависимость изменения характеристик топлива при различной концентрации вносимой кислоты.

Установлено, что серная кислота позволяет удалять из топлива смолы (кривая 2, рисунок 4.1), однако при этом возрастает значение (S) содержание серы и увеличивается кислотность (K) топлива, что является отрицательным фактом.

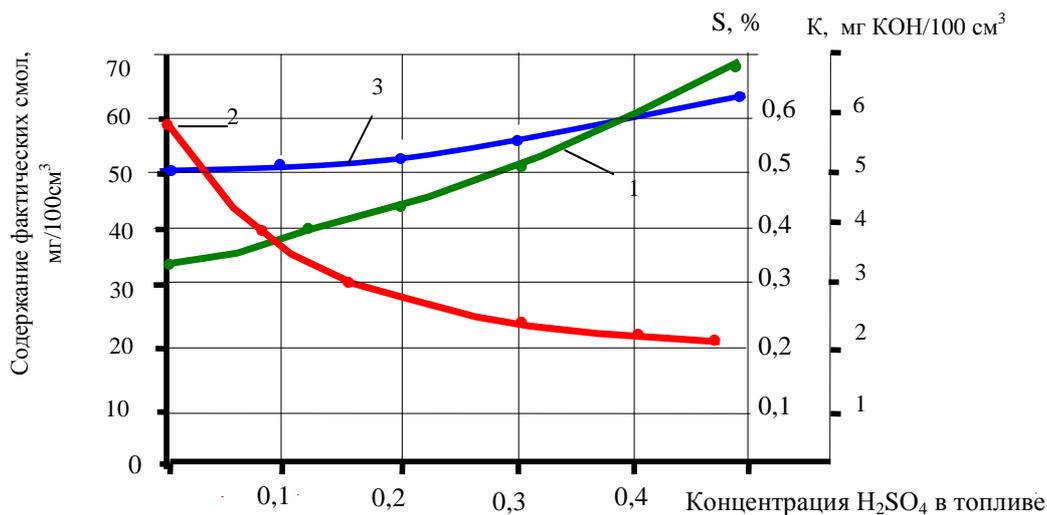


Рисунок 4.2 – Зависимость изменения характеристик топлива от концентрации вносимой серной кислоты

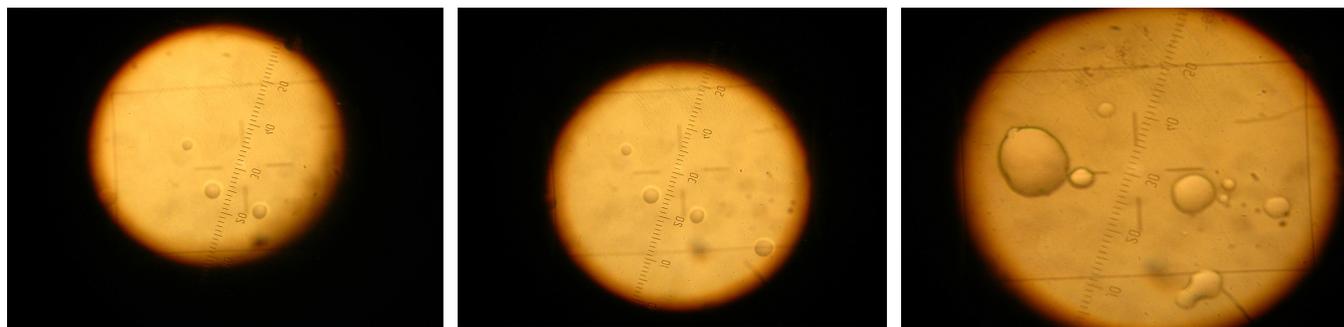
Содержание фактических смол линия 2, рисунок 4.2 наиболее активно снижается при концентрации кислоты в топливе 0,1-0,2 %, увеличение процентной концентрации до 0,5 не приводит к существенному снижению смол в топливе.

Для рассмотрения в качестве коагулянтов щелочей использовалась кальцинированная сода, смешиваемая с водой. Концентрация смешивания составляла 5 к 1, 3 к 1 и 1 к 1. При этом отмечено, что при смешивании 5 и 3 частей соды с 1 частью воды не достигается 100 % растворения соды в воде. При смешивании соды с водой в пропорциях 1 к 1 отмечена хорошая растворимость (более 80 %). В соответствии с чем дальнейшие исследования проводились с водным раствором 1 к 1, а процентное соотношение водного раствора щелочи к топливу принималось 0,5;1;1,5 % масс.

Топливо в смеси с водным раствором щелочи нагревалось до температуры 100°C и далее температура удерживалась в течение 0,5-1 часа при постоянном перемешивании.

Оценка коагулирующей способности проводилась под микроскопом.

На рисунке 4.3. представлены микрофотографии проб топлива с различной концентрацией внесения водного раствора щелочи.



а) 0,5 %

б) 1 %

в) 1,5 %

Рисунок 4.3 – Микрофотографии проб дизельного топлива после внесения водного раствора щелочи

Анализ результатов исследований, представленных на рисунке 4.3. показывает, что водный раствор щелочи при концентрации его внесения в топливо а) 0,5 %, б) 1 %, в) 1,5 % практически не оказывает коагуляционного действия на растворенные в топливе примеси.

Если рассматривать топливо как ультрадисперсную систему с растворенными в нем тяжелыми углеводородными фракциями, сернистыми соединениями нефти и т.д., то устойчивость этой системы может быть сильно изменена введением в нее малых количеств электролитов. В лиофобных системах при добавлении электролитов очень сильно увеличивается скорость коагуляции. Исходя из известных теоретических закономерностей процессов коагуляции, а также результатов исследований по дестабилизации дисперсных систем смазочных масел, для исследования коагулирующей способности растворенных в топливе примесей принималось широкоизвестное вещество – карбамид, являющийся минеральным удобрением, используемым в сельскохозяйственном производстве.

Для оценки электролитических свойств карбамида он размельчался и растворялся в воде.

В таблице 4.1 представлены данные по изменению удельной электропроводности водного раствора карбамида в зависимости от содержания сухого вещества в растворе.

Таблица 4.1 – Удельная электропроводность водного раствора карбамида в зависимости от содержания в нем сухого вещества

№ п/п	Содержание карбамида в воде, % масс	Удельная электропроводимость водного раствора карбамида, $(\text{Ом}^{-1} \text{ см}^{-1})10^{-6}$
1	0,1	3,0
2	0,5	5,0
3	1,0	7,0
4	2,0	16,5
5	3,0	17,3
6	6,0	21,2
7	10,0	27,0
8	15,0	
9	20,0	35,6
10	30,0	42,4
11	40,0	46,0
12	50,0	49,0
13	60,0	50,0
14	70,0	51,0
15	80,0	53,0

Данные таблицы 4.1 подтверждают электролитическую способность карбамида. При увеличении содержания карбамида в воде более 50 % электропроводность увеличивается незначительно, что может говорить о наступлении равновесного состояния электролитической диссоциации.

Практические исследования по оценке коагулирующей способности растворенных примесей в дизельном топливе под действием водного раствора карбамида проводили на топливе с содержанием фактических смол $60 \text{ мг}/100 \text{ см}^3$, отобранного на нефтескладе одного из сельхозпредприятий Тамбовской области и топливе, хранящемся в одном из коммерческих нефтескладов г. Уральска республика Казахстан с содержанием фактических смол более $70 \text{ мг}/100 \text{ см}^3$.

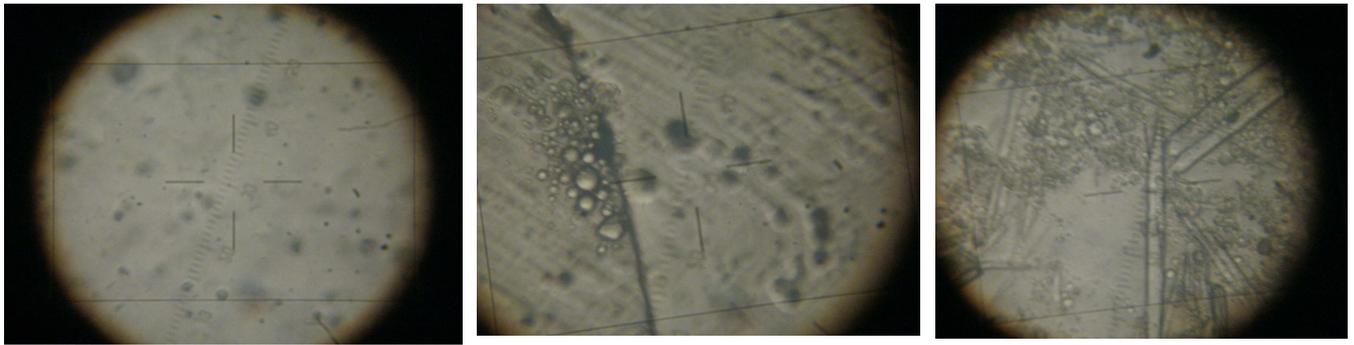
Исходное топливо нагревалось до температуры 80,90,100 и 110 °С, в него вносился 50 % водный раствор карбамида в процентном соотношении 0,1;0,5;1;2;3 % масс. Далее топливо перемешивалось и отстаивалось 180 мин и в течение каждых 30 мин проводился отбор пробы для оценки процесса коагуляции под микроскопом.

Результаты исследований по оценке коагулирующей способности водных растворов карбамида при различной температуре и различной концентрации в зависимости от продолжительности отстаивания приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты исследований по оценке свойств карбамида

№ партии опыта	Концентрация, %	Температура нагрева,	Продолжительность	Характер процесса коагуляции
1	0,1	80 90 100 110	30,60,90,180	Коагуляция не происходит. Слабое укрупнение. Укрупнение частиц через 90 мин отстоя. Укрупнение частиц через 180 мин отстоя, и образование пленки отстоя
2	0,5	80 90 100 110	30,60,90,180	Слабое укрупнение при $t=90^{\circ}\text{C}$. Наблюдается укрупнение при $t=100^{\circ}\text{C}$ через 1 час отстоя. Через 90 мин отстоя укрупнение прекращается. Наблюдаются крупные конгломераты. Через 180 мин образуется пленка на дне сосуда.
3	1	80 90 100 110	30,60,90,180	Слабое укрупнение при $t=90^{\circ}\text{C}$ через 30 мин отстоя. Заметное укрупнение при $t=100^{\circ}\text{C}$ через 60 мин отстоя. При $t=110^{\circ}\text{C}$ коагуляция прекратилась. Через 1 час отстоя наблюдается тонкая пленка желто – белого цвета на дне сосуда с топливом. Через 2 часа отстоя пленка увеличилась.
4	2	80 90 100 110	30,60,90,180	Укрупнение происходит при $t=80^{\circ}\text{C}$. По мере повышения температуры до 100°C процесс усиливается. При $t=110^{\circ}\text{C}$ после 60 мин отстоя образуется пленка и толстый слой продуктов перекристаллизации карбамида.
5	3	80 90 100 110	30,60,90,180	Процесс образования и укрупнения частиц начинается при $t=90^{\circ}\text{C}$. После отстоя 60 мин виден слой осадка на дне емкости с топливом. При $t=100^{\circ}\text{C}$ процесс укрупнения проходит быстрее, чем при $t=90^{\circ}\text{C}$. После 2 часов отстоя на дне емкости наблюдается слой продуктов перекристаллизации.

Анализируя результаты исследований, отметим, что карбамид способен агрегатировать растворенные в топливе примеси. С увеличением концентрации вносимого раствора по отношению к топливу коагуляция частиц усиливается, а в процессе отстаивания по мере роста концентрации разделяющего агента образуется слой перекристаллизованного карбамида. На рисунке 4.4 представлены фрагменты микрофотографий проб топлива при внесении в него водных растворов карбамида.

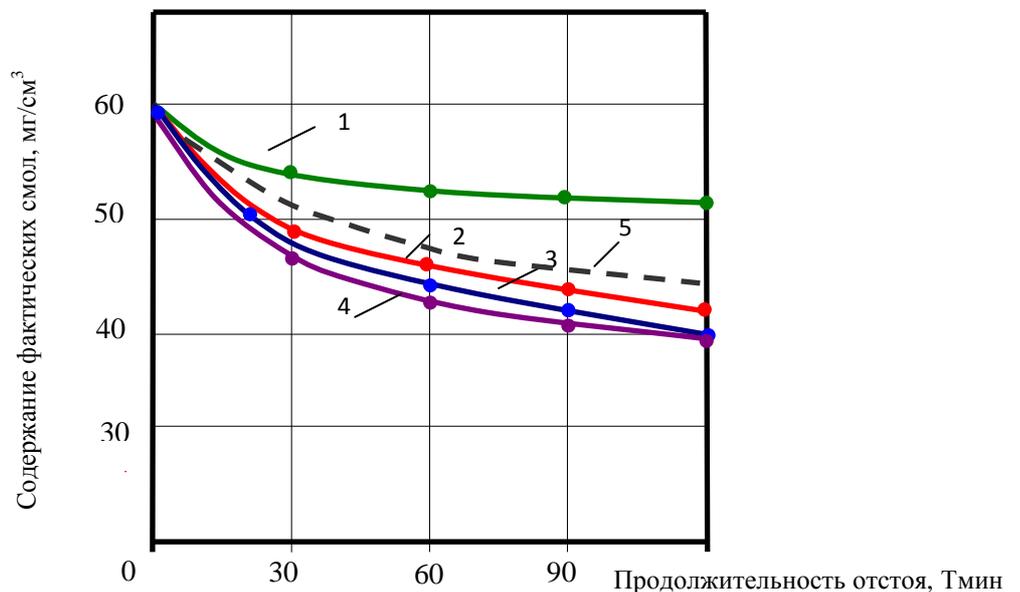


а) при концентрации 0,1 % б) при концентрации 0,5 % в) при концентрации 2 %

Рисунок 4.4 – Микрофотографии проб топлив (г. Уральск) при внесении в него водного раствора карбамида. $T_{\text{топл}} = 90^{\circ}\text{C}$, время отстаивания $t = 90$ мин

Проведенными исследованиями установлено, что рациональной концентрацией вносимого 50 % водного раствора карбамида является значение 0,1-0,5 % при температуре $t=90-100^{\circ}\text{C}$. Рациональное время отстаивания 60мин – 90 мин.

В проведенных исследованиях оценивалось изменение содержания фактических смол в топливе в процессе воздействия на него водным раствором карбамида (рисунок 4.5).



1 – концентрация внесения 0,1 %; 2 – концентрация внесения 0,5 %; 3 – концентрация внесения 1 %; 4 – концентрация внесения 3 %; 5 – теоретическое представление изменения содержания смол от времени отстоя

Рисунок 4.5 – Зависимость изменения содержания фактических смол в топливе при температуре 100°C от продолжительности отстаивания при воздействии водным раствором карбамида

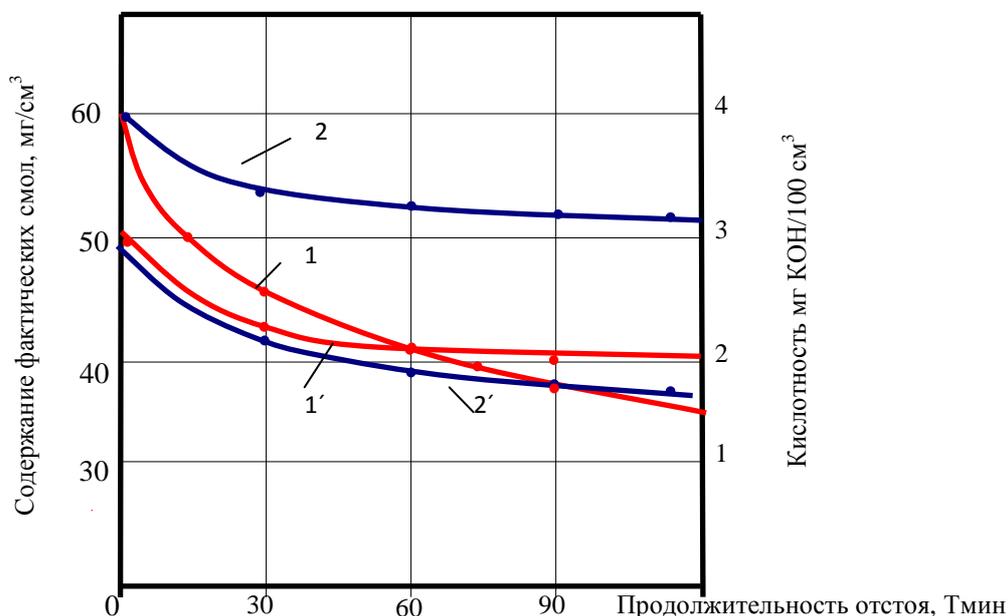
Следует отметить, что содержание фактических смол (рисунок 4.5) в топливе в зависимости от концентрации вносимого водного раствора карбамида уменьшается. Однако при ее увеличении более 0,5 % изменение содержания смол происходит незначительно.

К тому же содержание фактических смол в топливе после воздействия на него кислотой изменилось до величины 25-30 мг/100 см³, а в случае воздействия водным раствором карбамида до 40 мг/100 см³. Однако кислота повышает кислотность топлива, а карбамид снижает на 40-45 %.

В связи с чем были проведены исследования комбинированных составов реагентов. В частности рассматривалась возможность внесения комбинации:

- 1 – кислота 0,1 % + раствор карбамида (50 % -ный) 0,5 %;
- 2 – кислота 0,1 % + щелочь водный раствор 0,5 %.

Изменение кислотности топлива и содержания фактических смол в зависимости от продолжительности отстаивания различных комбинаций агентов представлено на рисунке 4.6.



1,1' – кислота + раствор карбамида; 2,2' – кислота + щелочь.

Рисунок 4.6 – Зависимость изменения кислотности и содержания фактических смол в топливе от продолжительности отстоя ($T_{\text{внесения}} = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$) при различных комбинациях составов агентов

Как видно из рисунка 4.6 комбинация серной кислоты и водного раствора карбамида при добавлении их к дизельному топливу позволяют снизить содержание фактических смол в нем с 60 мг/100 см³ до 35 мг/100 см³, при этом кислотность топлива 1', 2' снижается с 3 мг КОН/100 см³ до 2 мг КОН/100 см³. По сравнению с воздействием на топливо только кислотой, содержание фактических смол в топливе с добавлением комбинированного состава снизилось почти аналогично, а кислотность не увеличилась, а наоборот снизилась.

Рассматривая комбинацию: серная кислота – щелочь (линия 2-2') отметим, что при добавлении 0,1 % кислоты и 0,5 водного раствора щелочи в топливо не позволяет столь значительно по сравнению с первой комбинацией, снизить содержание фактических смол (2), но значительно уменьшить кислотность топлива (2'). Данный факт, скорее всего, объясняется эффектом нейтрализации кислоты щелочью.

Анализируя результаты проведенных исследований можно сделать вывод, что среди рассмотренных агентов наибольший эффект коагуляции растворенных примесей в топливе достигается при взаимодействии его с водным раствором карбамида, а добавления незначительного количества серной кислоты активизирует процесс.

Рациональным составом агента (коагулянта) является смесь, состоящая из водного 50 % раствора карбамида, добавляемого в топливо в процентном соотношении 0,5 масс и 0,5 % серной кислоты. Результаты проведенных исследований требуют подтверждения и дополнительного анализа при проведении экспериментов по удалению скоагулировавших примесей средствами очистки, при удалении растворенной и удаляемой воды, при исследовании смазывающих свойств топлив.

Полученные результаты исследований корреспондируются с теоретическими предпосылками и являются подтверждением адекватности способа очистки топлива коагулянтами с целью укрупнения примесей.

Вместе с положительной оценкой результатов исследований отметим, что скоагулировавшие примеси достаточно долго осаждаются и «гравометрический

метод» является не столь эффективным, что требует поиска технических средств интенсификации процесса осаждения.

Для определения параметров процесса осаждения, например в центробежном поле, требуется исследования по оценке дисперсного состава примесей топлива после воздействия на него агентами коагулянтами, а также исследования по оценке дисперсного состава механических примесей и воды, находящихся в исходном топливе.

4.2. Оценка изменения дисперсного состава загрязнений и примесей в дизельном топливе под действием коагулянтов

В соответствии с поставленными задачами исследований по удалению механических примесей, растворенных загрязнений и воды рассмотрим их дисперсный состав. Что позволит в первом приближении выбрать техническое средство очистки топлива от всех видов загрязнений.

Как установлено в результате анализа состояния вопроса (раздел 1) дизельные топлива в своем изначальном виде не должны содержать механических примесей и воды. Однако в процессе транспортировки и особенно хранения в нем накапливаются различного рода загрязнения, примеси, продукты окисления и вода.

В соответствии с методикой исследований дисперсного состава загрязнений и примесей в дизельном топливе, основанной на микроскопии, определении размеров частиц прибором ФС – 151 и фотонно – корреляционной спектроскопии были исследованы размеры дисперсной фазы топлив, хранящихся на нефтебазе снабженческой организации (исходные), топлив из сельхозпредприятий, топлив после воздействия на них коагулянтами – серной кислотой и водным раствором карбамида.

В результате исследований на приборе ФС- 151 установлено, что топлива, хранящиеся на нефтебазе коммерческой организации практически не имеют за-

грязней. Топлива, хранящиеся на нефтескладе сельхозпредприятий, содержали механические примеси дисперсного состава от 5 до 100 мкм (таблица 4.3.).

Таблица 4.3 – Результат анализа дисперсного состава частиц загрязнений дизельного топлива (на приборе ФС- 151).

Место отбора проб дизельного топлива	Количество частиц загрязнений в 1 мл топлива по размерам, мкм						
	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	свыше 50
Топливо нефтепродуктоснабжающей организации (1)	1	-	2-	5	1	-	-
Топливо из емкости для хранения СХП «Пригородный» Тамбовского р-на Тамбовской области (2)	186	156	236	68	46	19	13

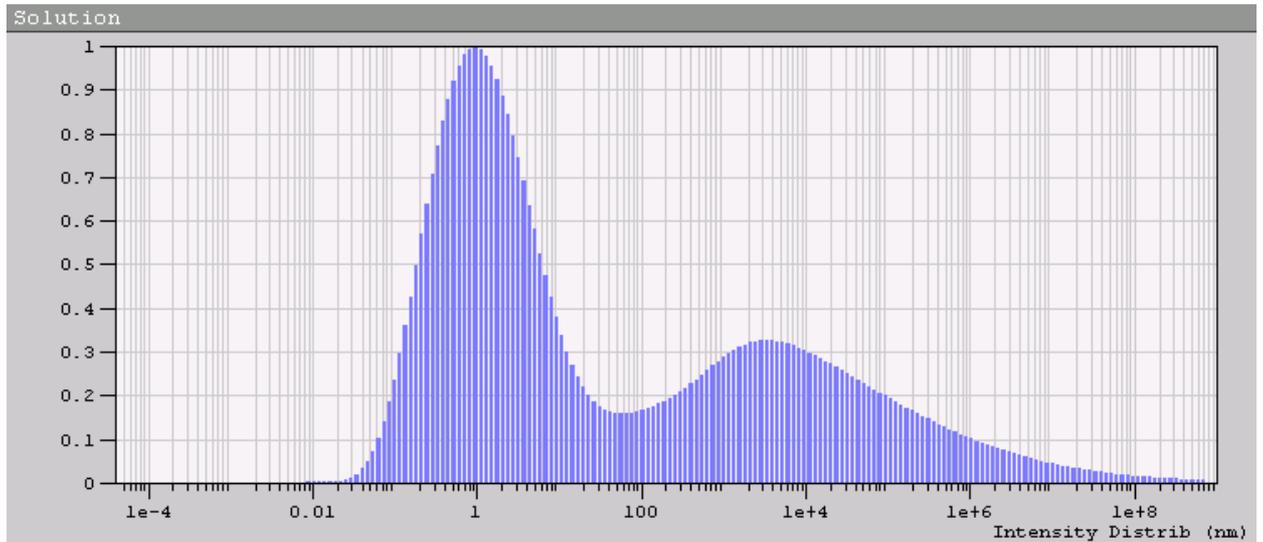
Анализируя данные таблицы 4.3. отметим, что практически все частицы могут быть удалены из топлива сепарацией, центрифугированием или фильтрацией.

В нашем случае ставится более глубокая задача повышения эксплуатационных свойств топлив в процессе их очистки от загрязнений, а это предполагает удаление из дизельного топлива не только механических примесей, но и растворенных смол, асфальтенов.

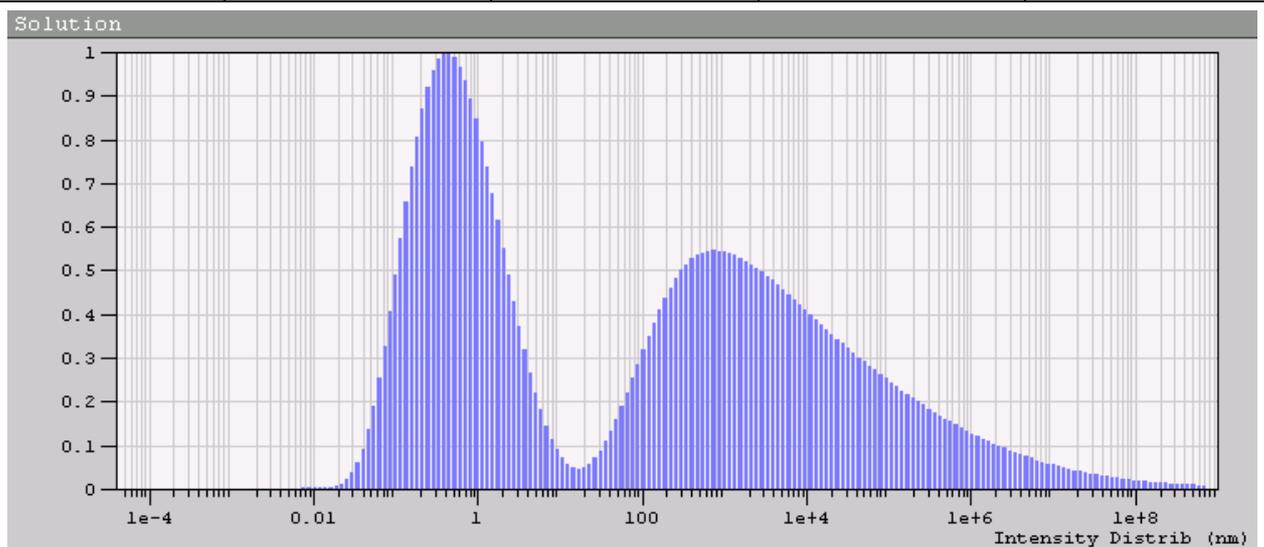
С помощью метода динамического рассеивания света (методика 3.3) были исследованы размеры частиц в анализируемых топливах (рисунки 4.7,4.8).

Как видно из рисунков 4.7 и 4.8 оба топлива имеют два пика площадью 0,450 Area и 0,501 Area, что говорит о присутствии в анализируемом топливе большого количества продуктов органического происхождения – смол, асфальтенов.

Трудно отнести имеющиеся в топливе примеси к продуктам окисления, а именно к продуктам неудовлетворительного хранения. Скорее всего, можно констатировать факты нарушений технологии производства топлива по EN 590 и даже ГОСТ 305-82.



Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.604	3.745	0.934	7.276
2	0.396	1.6e+6	3294.	1.1e+7



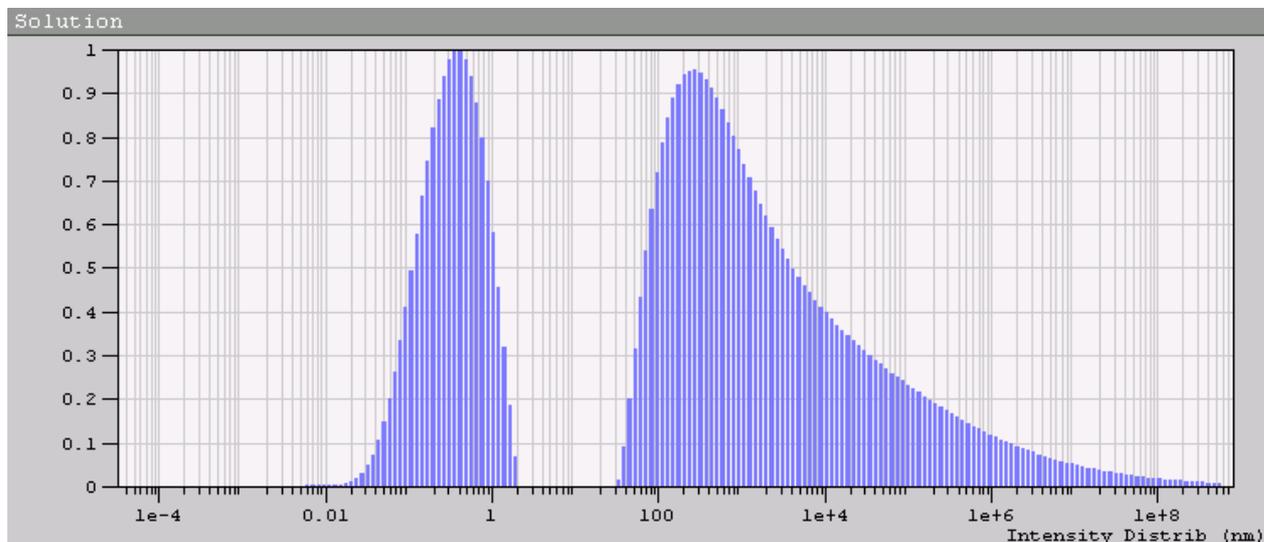
Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.450	1.081	0.438	1.693
2	0.550	1.5e+6	725.7	1.3e+7

Рисунок 4.7 – Дизельное топливо из нефтепродуктоснабжающей организации (1)

Рисунок 4.8 – Дизельное топливо из сельхозпредприятия (2)

На следующем этапе исследований рассматривалось изменение спектров при внесении в топливо серной кислоты с последующим отстаиванием.

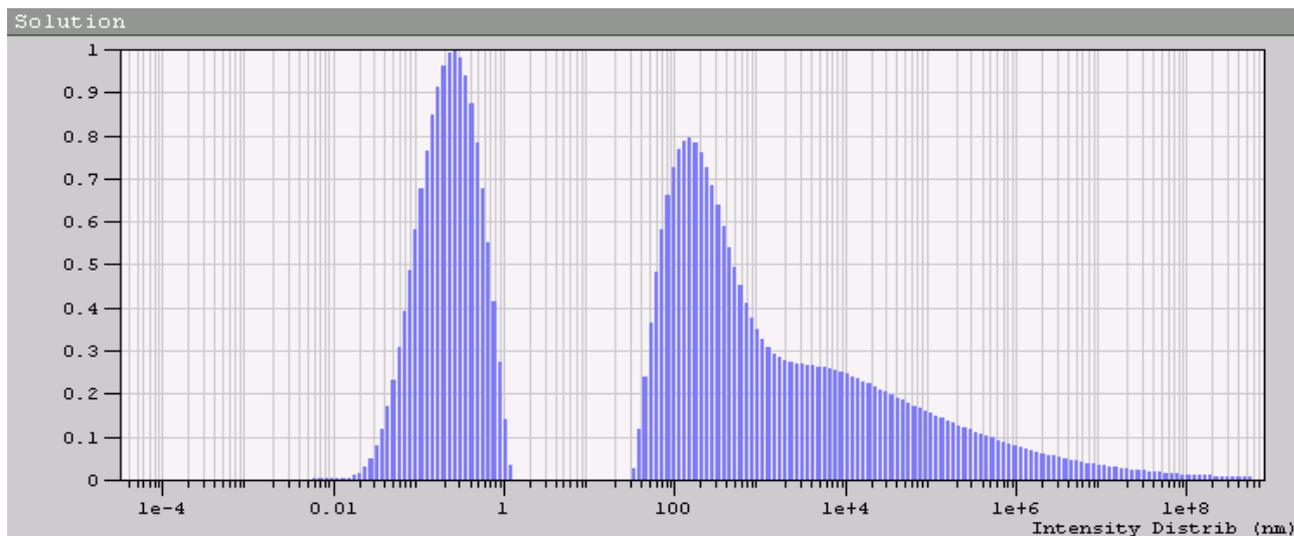
После добавления в топливо (2) серной кислоты характер пиков изменяется, меняются их площади (рисунок 4.9). Это можно связать с реакцией между серной кислотой и примесями в топливе. Происходит увеличение количества частиц с размером > 100 нм. Идет процесс конгломерации мельчайших частиц.



Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.317	0.437	0.408	0.354
2	0.683	9.3e+5	272.7	8.8e+6

Рисунок 4.9 – Спектр дизельного топлива после внесения серной кислоты

Аналогичную картинку можно наблюдать и при добавлении в топливо водного раствора карбамида (рисунок 4.10).



Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.389	0.284	0.259	0.214

2	0.611	6.2e+5	148.9	5.0e+6
---	-------	--------	-------	--------

Рисунок 4.10 – Спектр дизельного топлива после внесения в него водного раствора карбамида

Анализируя спектры на рисунках 4.9 и 4.10, следует отметить факт изменения дисперсного состава топлив в сторону увеличения, при этом сложно однозначно утверждать, что образующиеся конгломераты легко удалить физическими средствами очистки, не применяя специальных ультрацентрифуг и фильтров с тонкостью очистки мене 1 мкм.

Для детального анализа качественного и количественного состава загрязнений и разработки способа очистки дизельного топлива проводилось наблюдение за изменением дисперсного состава примесей при внесении кислоты, водного раствора карбамида и их комплекса под микроскопом с одновременной микрофото-съемкой. Процесс коагуляции примесей рассматривался во времени через каждые 10 минут отстоя при различной концентрации внесения. Смешивание топлива с кислотой проводилось при температуре 20°C. Топливо при смешивании с водным раствором карбамида нагревалось до температуры 90...100 °С. Исследования процесса коагуляции примесей в дизельном топливе при внесении в него серной кислоты и последующего добавления водного раствора карбамида проводилось при температуре 20 и 100 °С.

Данный вид анализа показал, что наиболее эффективно процесс коагуляции загрязнений в топливе происходит в первые 20 мин перемешивания после внесения в него 0,1 % серной кислоты. Через 30 мин перемешивания процесс укрупнения частиц прекращается. Увеличение концентрации вносимой кислоты активизирует процесс укрупнения частиц, однако не настолько, чтобы считать повышение концентрации основополагающим фактом процесса коагуляции.

Выполняя исследования процессов коагуляции загрязнений и примесей в топливе под действием кислоты и зная ее отрицательное побочное действие на топливо, а именно значительный рост кислотности, концентрация вносимой серной кислоты выбиралась минимальной, достаточной для укрупнения частиц до

размеров вызывающих их осаждение в поле гравитационных сил и последующего удаления остаточных частиц в поле центробежных сил.

Изменение дисперсного состава топлива под действием водного раствора карбамида происходит не столь эффективно по сравнению с кислотой. При нагревании топлива до 100°C и перемешивании в течение 10 мин с водным раствором карбамида наблюдается образование частиц размером 1..3 мкм, далее через 20 мин перемешивания заметен рост частиц до 10...20 мкм, а последующее перемешивание не приводит к укрупнению (30 мин) или «группировке».

Комбинирование коагулянтов, а именно смешивание кислоты с водным раствором карбамида с последующим внесением в топливо позволяет незначительно усилить эффект коагуляции по сравнению с воздействием серной кислотой или водным раствором карбамида по отдельности. При этом максимальное укрупнение происходит, как и в первом случае воздействия кислотой, в течение первых 20 мин перемешивания. Далее видимых изменение не происходит и начинается процесс активного осаждения скоагулировавших в дизельном топливе частиц. Оценивая дисперсный состав скоагулировавших частиц дизельного топлива по линейке окуляра микроскопа можно с определенной долей достоверности утверждать, что внесение комбинированного состава позволяет изменить структуру жидкости – топлива от однородной -монодисперсной до полидисперсной с включением частиц 5...10 мкм.

Такой дисперсный состав топлива позволяет приблизиться к выбору и определению наиболее эффективного средства очистки параметров процесса удаления примесей в поле центробежных сил.

Водный раствор карбамида по сравнению с серной кислотой не столь эффективен в качестве коагулянта примесей дизельного топлива, в то же время данное вещество обладает известными из работ В.В. Острикова [81] феноменальными свойствами улучшать смазывающие свойства нефтепродуктов, в частности моторных масел.

Данное предположение, на котором основывается и теоретическая концепция повышения эксплуатационных свойств дизельного топлива, требует проверки

и проведения исследований по определению смазывающих и противоизносных свойств топлива после его очистки от примесей в поле центробежных сил. Вносимая в топливо вода предопределяет необходимость проведения исследований по удалению свободной и особенно растворенной воды из дизельного топлива.

4.3 Результаты исследований по удалению механических примесей и смол из дизельного топлива методом центрифугирования и разработка способа очистки

Как установлено в результате анализа состояния вопроса (глава 1, раздел 1.2) в процессе транспортировки и хранения в дизельном топливе могут накапливаться механические примеси и вода.

Неудовлетворительное техническое состояние емкостей для хранения топлива, их не своевременное обслуживание предопределяют накопление в топливе механических примесей в дисперсном диапазоне от 5 до 50 мкм и выше.

Отсутствие в сельскохозяйственных предприятиях элементарных средств очистки топлива от механических примесей и воды снижает надежность работы тракторов и автомобилей и увеличивает затраты на эксплуатацию [105,106-109].

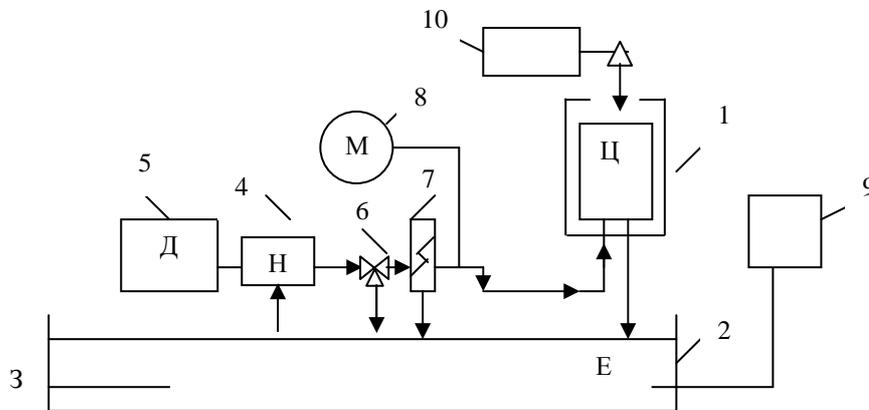
Исследования по выбору разделяющего агента и оценке изменений дисперсного состава загрязнений и примесей в дизельном топливе показали, что мельчайшие примеси (менее 0,1 мкм) могут быть укрупнены до размеров легко удаляемых в поле центробежных сил.

Для разработки способа очистки дизельного топлива от механических загрязнений, воды, смол, асфальтенов за основу взят метод центрифугирования с использованием в качестве рабочего органа реактивной центрифуги по патенту № 2040980.

На основании проведенных теоретических исследований выбор центрифуги проводился с учетом коэффициента кратности фактора разделения $K_{кд}$ (2.14). По графику 2.5 определено, что для удаления частиц дисперсного состава 1-2 мкм потребуется центрифуга с фактором разделения выше 45000. С учетом кратности $K_{кд}$ (т.е. коагуляции и укрупнения частиц) фактор разделения может быть принят

4500, а этим требованиям соответствует центрифуга для очистки масел, способная удалять растворенные продукты старения при частоте вращения 7000...9000 об/мин.

Исследования проводились на модельной установке (рисунок 4.11), состоящей из центрифуги 1 емкости 2, шестеренчатого насоса НШ-32 4 с приводом от электродвигателя 5. Давление в системе контролировалось манометром 8 с диапазоном от 0 до 16 кгс/см². Регулировка давления проводилась клапаном 7. Нагрев топлива осуществлялся специальными пластинчатыми нагревателями 3. Для проведения исследований использовалось дизельное топливо с характеристиками, указанными в таблице 4.3.



1 – реактивная центрифуга; 2 – емкость; 3 – нагревательный элемент; 4 – насос; 5 – электродвигатель; 6 – кран; 7 – клапан регулировки давления; 8 – манометр; 9 – датчик температуры; 10 – стробоскоп

Рисунок 4.11 – Принципиальная схема модельной установки для исследования эффективности очистки топлива от загрязнений примесей и смол

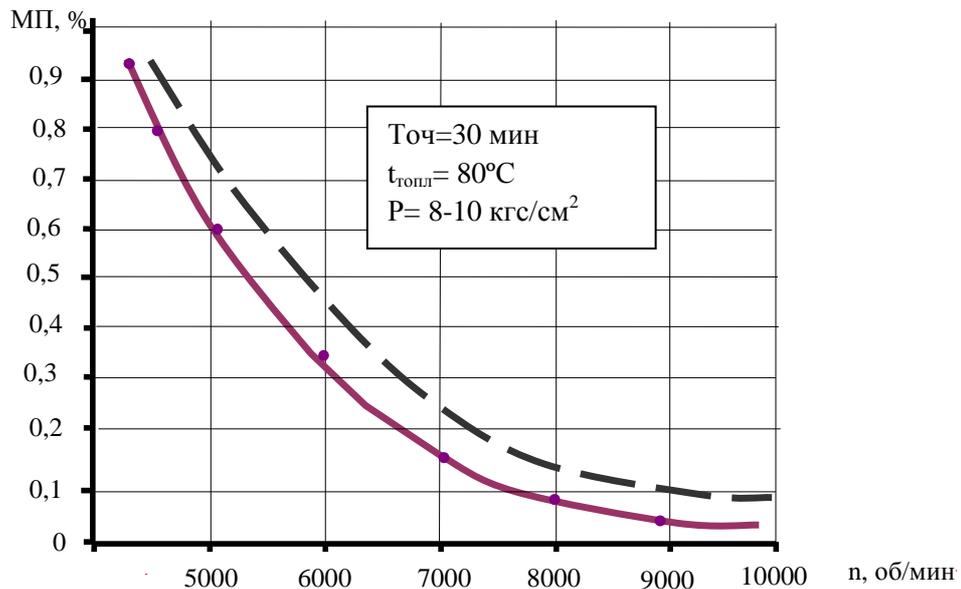
Эффективность удаления механических примесей проверялась на топливе искусственно загрязненном кварцевой пылью дисперсным составом от 0,5 до 50 мкм. В топливо вносился искусственный загрязнитель в процентном соотношении 0,5 и 1 % масс.

Топливо под давлением в диапазоне 5-10 кгс/см² подавалось насосом в реактивную центрифугу. Частота вращения ротора центрифуги оценивалась с помощью стробоскопа. Температура нагрева топлива составляла 20...100°С.

Исследование изменения содержания механических примесей в дизельном топливе в процессе его очистки на реактивной центрифуге при частоте вращения $n=4000$ об/мин, давлении топлива в системе $p=4\pm 0,5$ кгс/см² в зависимости от времени центрифугирования показало, что содержание загрязнений в анализируемом очищаемом топливе уменьшилось в первые 30 мин очистки. Далее процесс очистки практически прекращался.

Анализ дисперсного состава загрязнений в очищаемом топливе показал, что в процессе центрифугирования при оборотах вращения ротора 4000 об/мин из топлива удалялись частицы 20 мкм и более. Частицы 15 мкм и менее практически все остались в топливе.

Увеличение частоты вращения ротора центрифуги с $n=4000$ об/мин до 8000 об/мин за счет изменения давления в системе до 7-8 кгс/см позволяет повысить эффективность очистки топлива от механических примесей практически в 3-4 раза (рис. 4.12) за время $T=30$ мин.



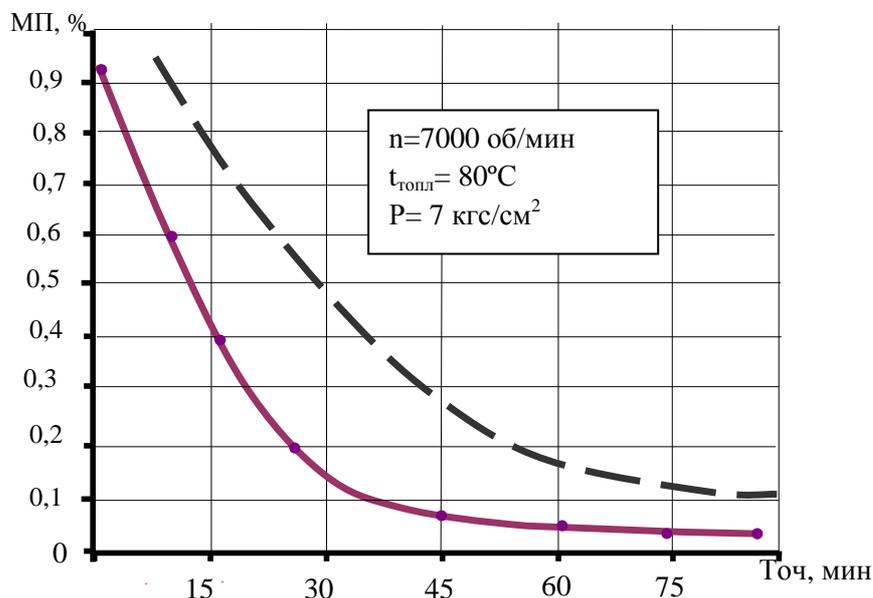
— — — - теоретическое значение изменения содержания механических примесей в зависимости от частоты вращения ротора

Рисунок 4.12 – Зависимость изменения содержания механических примесей в топливе от частоты вращения ротора центрифуги

Установлено, что при увеличении частоты вращения с $n=5000$ об/мин до 6000 об/мин содержание примесей МП в топливе изменяется с 0,64 % до 0,33 % с

$n=6000$ об/мин до 7000 об/мин с $0,30\%$ до $0,15\%$, а при оборотах ротора 8000 об/мин загрязненность топлива по механическим примесям составляет $0,05\%$. Дальнейшее увеличение частоты вращения не приводит к значительному снижению механических примесей в очищаемом топливе (рисунок 4.12).

Для определения рационального времени очистки топлива от загрязнений в топливо вносили загрязнитель 1% масс, смесь перемешивалась по циклу емкость – насос – емкость в течение 15 мин и далее нагревалась до температуры 80°C . Исследования по оценке эффективности очистки топлива от механических примесей проводились на модельной установке (рисунок 4.11). Предельный диаметр чатиц, который может быть высажен центрифугой в соответствии с выражением (2.18) определен $0,5 - 1$ мкм в зависимости от частоты вращения. На данном этапе исследований частота вращения ротора центрифуги n принималась, исходя из расчетов, проведенных по формулам (2.15 – 2.18) результатов предыдущих исследований. Характер изменения содержания механических примесей в зависимости от времени очистки представлен на рисунке 4.13.



— — — - теоретическое значение изменения содержания механических примесей в зависимости от времени очистки

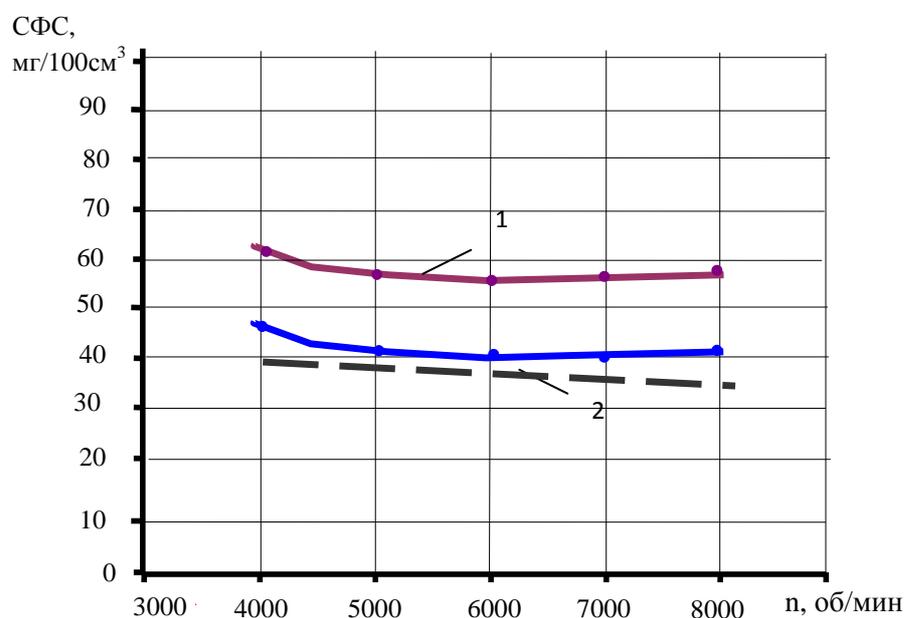
Рисунок 4. 13 – Зависимость изменения содержания механических примесей в топливе от времени очистки T при постоянной частоте вращения n , давлении в системе P и температуре топлива t_r

В результате исследований установлено, что в зависимости от времени очистки топлива содержание механических примесей в нем наиболее интенсивно изменяется в первые 30-45 мин центрифугирования. Дальнейшее увеличение времени очистки не приводит к значительному уменьшению механических примесей, остаточное содержание которых в топливе находилось в пределах 0,06-0,01 %.

Как уже неоднократно отмечалось, в топливах помимо механических примесей могут присутствовать смолы, асфальтены, продукты окисления. На рисунке 4.14 представлены экспериментальные и теоретические зависимости изменения содержания фактических смол из топлива в процессе их очистки методом центрифугирования.

Из рисунка 4.14 видно, что содержание фактических смол в топливе 1 с исходным содержанием смол $65 \text{ мг}/100 \text{ см}^3$ и в топливе 2 с содержанием смол $46 \text{ мг}/100 \text{ см}^3$. По мере увеличения частоты вращения ротора центрифуги изменяется незначительно. Время очистки в каждом режиме составляло 45 мин.

Данный факт можно объяснить ультрадисперсностью частиц смол и не способностью технического средства к осаждению частиц столь малых величин.



- ■ ■ - теоретическое значение изменения содержания смол в зависимости от частоты вращения ротора

Рисунок 4.14 – Зависимость изменения содержания фактических смол в топливе от частоты вращения ротора центрифуги

В предыдущем разделе результатов исследований нами установлено, что изменить дисперсный состав смол, асфальтенов можно введением «чужеродных» жидкостей коагулянтов – серной кислоты, водного раствора карбамида в топливо. Установлены рациональные параметры процесса коагуляции – концентрация, время перемешивания, температура топлива и время осаждения в поле гравитационных сил.

Для рассмотрения процессов очистки топлива в поле центробежных сил прибегнем к ранее полученным данным, когда установлено, что рациональная концентрация вносимых кислоты и водного раствора карбамида составляет 0,1-0,2 % к массе очищаемого топлива.

На рисунке 4.15 представлена зависимость изменения содержания фактических смол в очищаемом топливе при добавлении в него смеси 0,2 % серной кислоты и водного раствора карбамида, перемешиванием в течение 15 мин с последующим центрифугированием ($n=7000$ об/мин, $t_t=80^\circ\text{C}$, $P=7$ кгс/см²) и увеличением времени очистки.

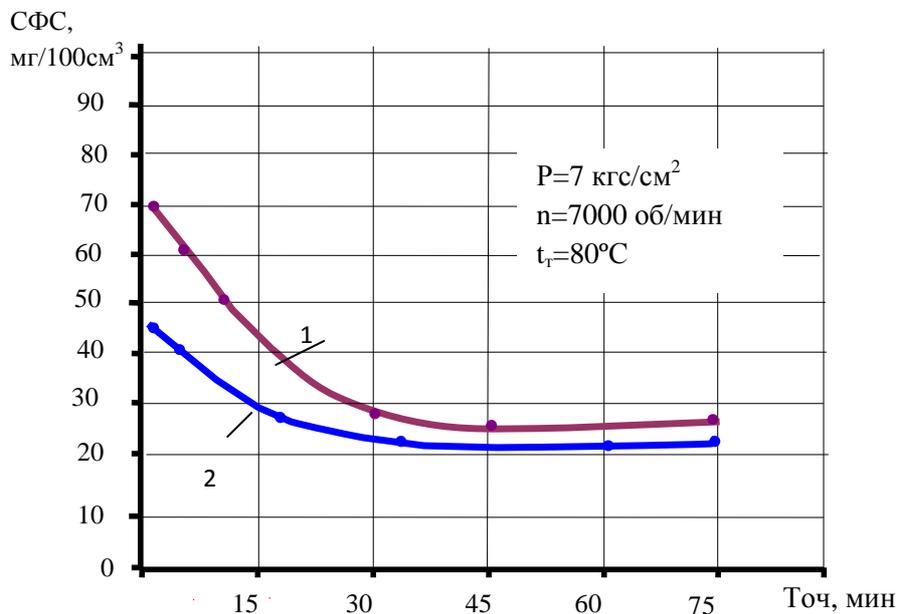


Рисунок 4.15 – Зависимость изменения содержания фактических смол (СФС) в топливе от времени его очистки с предварительным внесением смеси разделяющих агентов и перемешивании

В результате проведенных исследований, рисунок 4.15, установлено, что при внесении смеси разделяющих агентов с последующим перемешиванием уже через 15 мин очистки скоагулировавших примесей содержание фактических смол (СФС) в топливе 1 снизилось с 65 мг/100 см³ до 43 мг/100 см³, а через 30 мин центрифугирования значение СФС составляло 32 мг/см³. Дальнейшая очистка топлива в течение 15 мин позволила и еще снизить показатель СФС на 15 % и далее процесс удаления смол приостанавливается.

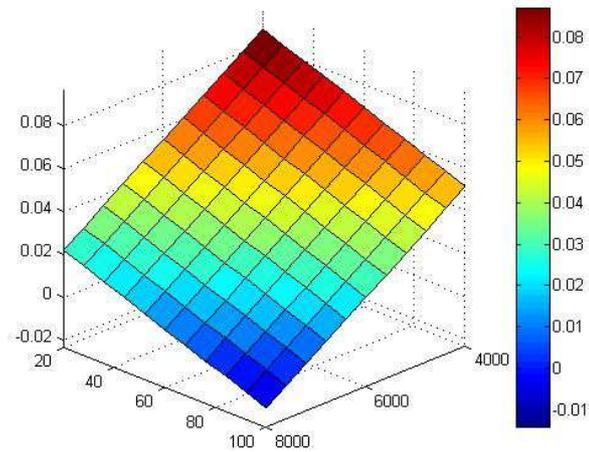
Аналогично проходило снижение содержания фактических смол и у топлива № 2 с исходным значением СФС 46 мг /100 см³. Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод, что механические примеси, а также смолы, асфальтены могут быть удалены из топлива методом центрифугирования. При этом рациональными параметрами процесса очистки является давление в системе 7...8 кгс/см², частота вращения ротора центрифуги 7000...8000 об/мин, температура топлива в системе очистки 80°С.

Полученные результаты корреспондируются с данными расчетов по формулам, принятым в разделе 4.3, для определения основных параметров процесса удаления смол из топлива в поле центробежных сил.

В результате обработки данных полнофакторного эксперимента получим уравнение, описывающее зависимость удаления механических примесей от управляемых факторов – частоты вращения центрифуги, температуры масла и давление подачи:

$$y = 0,0590 - 0,0326x_1 - 0,0018x_2 - 0,0110x_3 - 0,0051x_1x_2 + 0,0082x_2x_3 - 0,0085x_1x_2x_3$$

Поверхность отклика, характеризующие процесс очистки представлена на рисунке 4.16



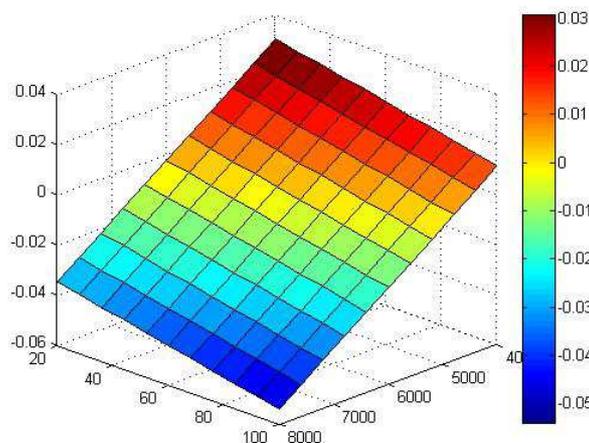
При 7,5 кгс/см²

Рисунок 4.16 – Поверхность отклика, характеризующая эффективность процесса удаления механических примесей из дизельного топлива

Уравнение регрессии, описывающее процесс удаления смол из дизельного топлива в зависимости от управления частотой вращения, временем, давлением и температурой топлива имеет вид:

$$y = 32 - 5,25x_1 - 3,25x_2 - 0,66x_3 + 0,66x_1x_2 + 0,58x_1x_3 - 0,50x_1x_2x_3$$

Решая уравнение с использованием программы MATLAB после обработки результатов получим трехмерные поверхности отклика, характеризующие процесс удаления смол (рисунок 4.17).



При 10 кгс/см²

Рисунок 4.17 – Поверхность отклика, характеризующая эффективность процесса удаления смол

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований разработан способ очистки дизельных топлив от загрязнений (патент № 2477303. Способ очистки дизельных топлив, заявл. 2012, опубликован 2013).

Способ предусматривает возможность очистки как товарных топлив, так и некондиционных дизельных топлив.

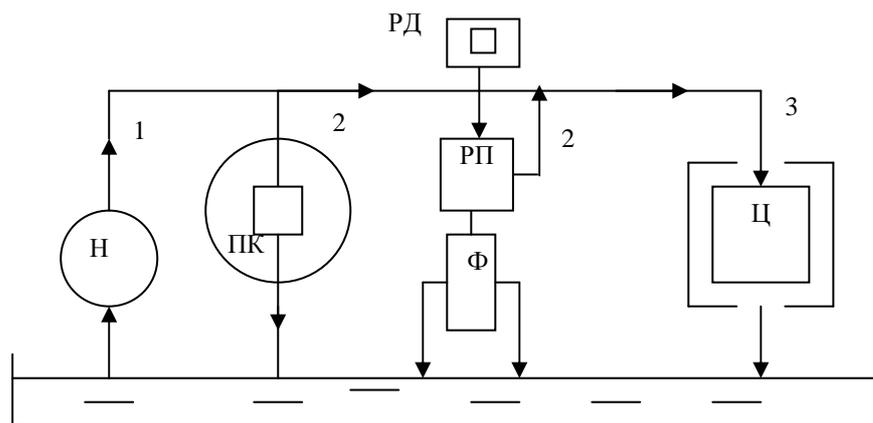
В соответствии с предложенным способом очистки дизельное топливо смешивают с 0,1-0,5 % 10 % - ного водного раствора карбамида, смесь отстаивают в зависимости от содержания смол до образования осадка, затем верхнюю отстоявшуюся часть смеси декантируют и нагревают до температуры $90\pm 5^{\circ}\text{C}$ с последующим центрифугированием для удаления оставшихся механических примесей, смол и воды при одновременном диспергировании карбамида. Водный раствор карбамида в виде мелкодиспергированных глобул распределяется равномерно по всему объему очищаемого топлива и проявляет электролитическую способность по отношению к смолам. Происходит укрупнение микросоставляющих смол и выпадению их в осадок.

Отстоявшаяся верхняя часть смеси топлива и водного раствора карбамида пропускается через центрифугу. Карбамид, растворенный в топливе, проявляет феноменологические свойства при взаимодействии с углеродным составом топлива, повышая его смазывающие свойства [110]. Способ не предусматривает использование кислоты, однако в зависимости от содержания смол и различной углеродной составляющей топлива в разработанном технологическом процессе использование кислоты является оправданной на первом предварительном этапе очистки. Дальнейшее использование водного раствора карбамида позволяет нейтрализовать образовавшуюся кислую среду, тем самым снизить кислотность топлива до требований ГОСТ, т.е. ниже $5 \text{ мг КОН}/100\text{см}^3$.

Несмотря на полученные положительные результаты исследований можно предположить, что в условиях реальной эксплуатации дизельное топливо в зависимости от сорта, технологии получения и т.д. может иметь различную вязкость (по ГОСТ 305-82) от 1,5 до $5,0 \text{ мм}^2/\text{с}$. И что еще важно, различный углеродный состав, различное строения парафинов, различный химический состав смол, ас-

фальтенов и т.д. может вызвать ослабление связей образования коагуляции. Все это в конечном результате может понижать эффективность очистки топлива под действием ударно вращательных струй топлива, выходящих из центрифуги, приводить к дроблению скоагулировавших частиц примесей до размеров, предшествующих коагуляции. Предусмотреть и исключить данные отрицательные факты возможно, частично нейтрализовав нежелательные эффекты, которые влияют на время и качество очистки топлива.

При очистке дизельного топлива с повышенным содержанием смол с использованием кислоты и водного раствора карбамида, после укрупнения примесей, их коагуляции, в начальный период процесса имеются недостаточно «прочные» конгломераты, которые из-за высокого градиента скорости могут разрушаться или измельчаться. Поэтому очень важно, чтобы при высоком давлении Р предохранительный клапан не дроссировал и не пропускал топливо в емкость. Как указано выше, вязкость топлива может варьировать, соответственно в гидросети возрастает давление, приводящее к срабатыванию клапана дросселирования топлива, измельчению скоагулировавших частиц примеси. Для исключения подобного рода эффектов в процессе исследований предложена усовершенствованная схема гидросети (рисунок 4.18).



Н – насос подачи топлива; ПК – предохранительный клапан; РП – распределитель потока; Ф – фильтр очистки топлива; Ц – центрифуга; РД – регулятор измеритель давления в системе (ТРМ); Б – бак для топлива

Рисунок 4.18 – Схема гидросети для снижения процессов дробления частиц примесей

Схема основана на перепуске части топлива не через предохранительный клапан, а посредством перепуска через распределитель потока и фильтр тонкой очистки дизельного топлива. Поясняя вышеприведенную схему, отметим, что для данного разветвления гидросети потери напора равны:

$$\Delta H = \sum h_{\text{тр}} = h_{\text{тр}1} + h_{\text{тр}2} = h_{\text{тр}1} + h_{\text{тр}3},$$

при этом $h_{\text{тр}2} = h_{\text{тр}3}$ и $Q_1 = Q_2 + Q_3$;

При вязкости топлива $\nu < \nu_n$ потери напора топлива:

$$\Delta H \leq P_n; \quad Q_1 = Q_3$$

где ν – фактическое значение вязкости топлива; ν_n – номинальное значение вязкости топлива; P_n – номинальное давление топлива в гидросети; Q_1, Q_2, Q_3 – расход топлива через участки 1, 2, 3; $h_{\text{тр}1}, h_{\text{тр}2}, h_{\text{тр}3}$ – потери напора на участках 1, 2, 3.

При $\nu > \nu_n$ потери напора увеличиваются, растет сопротивление на участках 1 и 3, увеличивается давление в системе.

При $\Delta H > P_n$ включается в работу ПК, сбрасывается часть топлива в бак, соответственно

$$\Delta H = h_{\text{тр}1} + h_{\text{тр}2} = h_{\text{тр}1} + h_{\text{тр}3} = P_n;$$

и $Q_1 = Q_2 + Q_3$;

Заменяя ПК на РП с фильтром очистки (Ф) сбрасываемого топлива получаем:

$$h_{\text{тр}2} = h_{\text{тр}н} + h_{\text{тр}рп} + h_{\text{тр}ф}$$

Полные потери напора будут равны:

$$\Delta H = h_{\text{тр}1} + (h_{\text{тр}рп} + h_{\text{тр}ф}) = h_{\text{тр}1} + h_{\text{тр}н}.$$

Следовательно, требуемый расход через центрифугу очистки топлива Q_4 по участку 4 может быть достигнут при значительно меньших гидромеханических воздействиях на топливо.

Простейшая проверка показала, что в процессе очистки дизельного топлива по предложенной схеме гидросети за 3 прохода топлива по системе (100 л топлива, насос НШ-32) частицы примесей очищаемого топлива имели больший дисперсный размер чем в используемой ранее схеме, рис. 4.18. При этом время очистки объема топлива уменьшается на 5 – 10 %.

4.4 Исследование процессов удаления растворенной и свободной воды из дизельного топлива

В процессе анализа состояния вопроса установлено, глава 1, раздел 1.1, что вода, присутствующая в топливе в растворенном состоянии, при взаимодействии с серой может вызывать образование кислот, которые провоцируют износ деталей топливной аппаратуры и появление следов коррозии на поверхностях плунжерных пар насосов высокого давления.

Вместе с тем, влияние растворенной воды на процесс сгорания топлива является достаточно неоднозначным [1]. Так проведенным большим рядом исследований установлено, что растворенная в топливе вода в количествах 0,01-0,05 % снижает загрязненность выхлопных газов и уменьшает расход топлива двигателей внутреннего сгорания [1-15].

Однако ГОСТ Р 52368 присутствие воды в дизельных топливах не допускает, а большинство современных производителей тракторов и автомобилей как зарубежного так и отечественного машиностроения категорически отрицают возможность использования эмульсионного топлива в двигателях внутреннего сгорания [111,112,113,114,115].

В нашем случае ставится задача удаления свободной и растворенной воды методом реактивного центрифугирования в процессе удаления механических примесей из очищаемого топлива.

Для проведения исследований выбрана известная схема влагоудаления, разработанная В.В. Остриковым. В соответствии с полученными выражениями для оценки многократного дробления (2.27), испарительного эффекта (2.28), удельного потока испаряющейся влаги (2.29), а также скорости истечения топлива, диаметра капель воды определено, что диаметр сопел должен составлять 1,6 мм, высота ротора 300 мм, расход топлива на выходе из сопел не ниже 8 л/мин и количество проходов не менее 10 раз. Влияние температуры топлива и времени очистки в теоретическом анализе процесса не учитывались и определялись экспериментально в зависимости от содержания воды в топливе.

Проведенные исследования по удалению воды из дизельного топлива методом центрифугирования показали, что интенсивность водоудаления повышается с увеличением температуры предварительно подогреваемого топлива с 60 до 90°C. Так во время работы устройства, состоящего из корпуса центрифуги с крышкой, имеющей отверстие для забора воздуха, ротора с соплами, установленного на шипах в корпусе, имеющего в нижней части сливное отверстие, соединяемое через пространство емкости с атмосферой, продолжительность полного удаления воды составляет при начальной температуре топлива $t = 70^\circ\text{C}$ – 40 мин; $t = 80^\circ\text{C}$ – 25 мин; $t = 90^\circ\text{C}$ – 21 мин. При этом концентрация воды в топливе составляла 0,6 %, из них 0,06 % вода находилась в растворенном состоянии.

При концентрации воды в топливе 0,3 % время процесса удаления воды составило : 60°C – 55 мин, 70°C – 31 мин, 80°C – 18 мин, 90°C – 16 мин (рисунок 4.19).

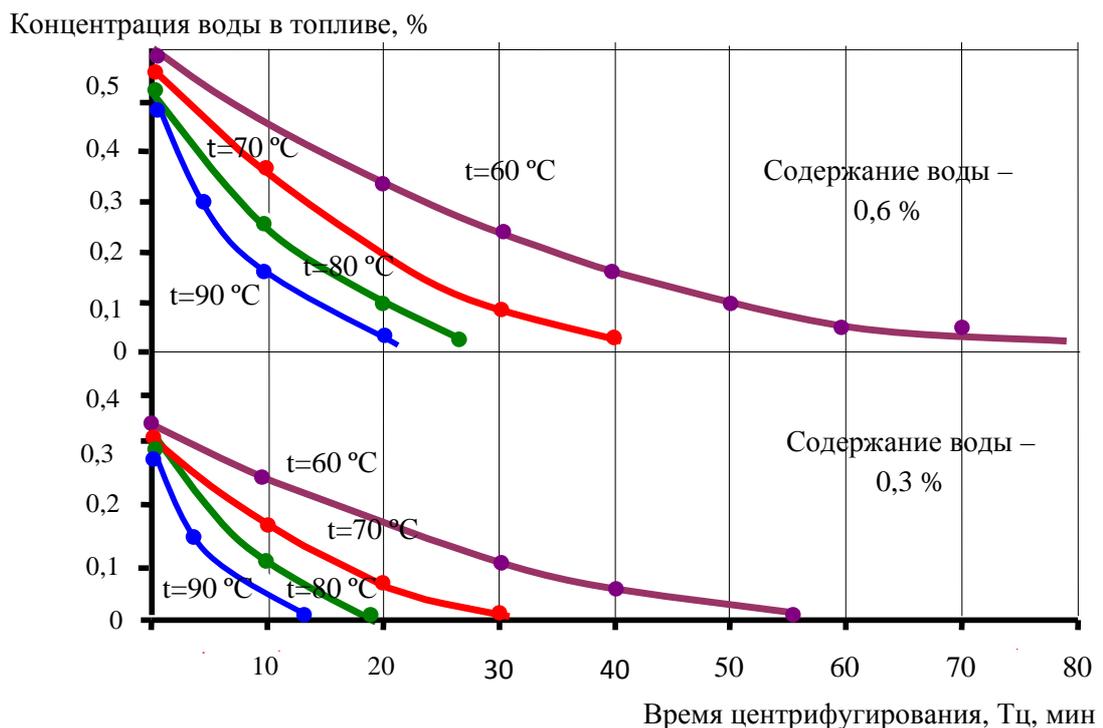


Рисунок 4.19 – Зависимость изменения содержания воды в топливе от времени очистки при различной температуре

В процессе очистки давление топлива в системе соответствовало $P = 8 \text{ кгс/см}^2$, частота вращения ротора центрифуги $n = 8000 \pm 100 \text{ об/мин}$.

Установлено, что повышение начальной температуры топлива с 60°C до 70 °С сокращает время удаления воды из топлива на 30 мин. Последующее повышение температуры до 80 °С позволяет уменьшить это значение на 15 минут. При увеличении температуры топлива до 90 °С разница составляла 4 минуты.

Практически аналогичные значения получены на топливах с различной исходной концентрацией воды.

После проведения испытаний по оценке эффективности удаления воды из топлива с концентрацией 0,6 и 0,3 % в роторе центрифуги присутствия воды не обнаружено. Что дает основание полагать о переходе части воды, находящейся в свободном состоянии, в парообразное состояние под действием «микровзрыва» с последующим удалением вместе с паром в атмосферу.

Вместе с тем, как показал анализ фактического состояния качества топлив, хранящихся на нефтескладах сельхозпредприятий [116, 117], в емкостях для хранения может находиться до 2-х и более процентов воды, которая так или иначе попадает в топливные баки тракторов.

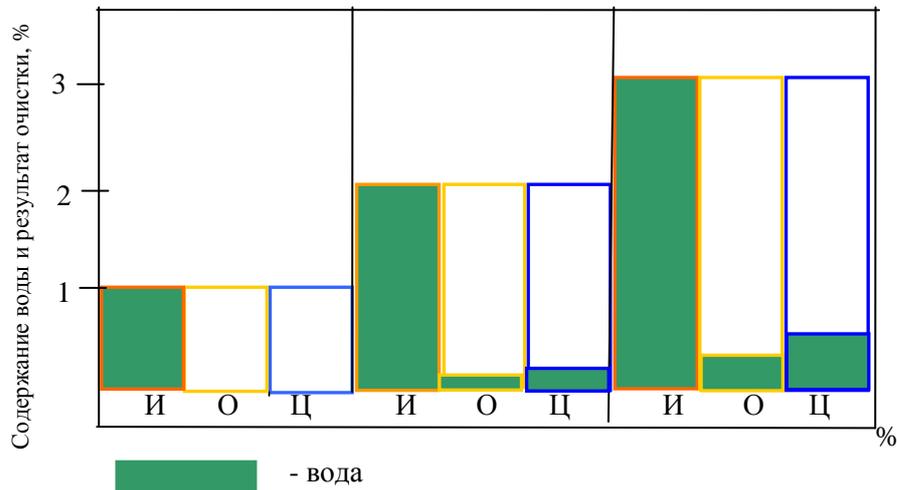
В проведенных исследованиях рассматривалась возможность удаления воды из топлива с содержанием 1, 2 и 3 %. А именно моделировалась ситуация, когда проводится очистка всех остатков топлива в емкости для хранения до их полного освобождения.

Для проведения исследований в топливо искусственно вводилась вода в процентном соотношении 1, 2 и 3 %. Смесь топлива с водой перемешивалось в течение 15 минут, нагревалась до температуры 80 °С и проводилась очистка в течение 30 минут. После чего проводился анализ очищенного топлива на содержание воды и разборка ротора центрифуги для определения содержания воды в его корпусе.

Установлено, что при содержании воды в топливе 1 %, после очистки 100 л обводненного топлива в корпусе вода отсутствовала. При очистке топлива с процентным содержанием воды равным 2 в корпусе ротора скопилось 180 мл воды. А в случае смешивания топлива с 3 % воды более 600 мл воды находилось в корпусе

ротора. Очищаемое топливо имело мутный цвет, а анализ показал, что после 30 мин очистки в топливе содержалось 0,48 % воды (рисунок 4.20).

После слива воды из корпуса ротора центрифуги и последующей очистки в топлива в течение 20 минут при температуре 90 °С вода в топливе отсутствовала полностью.



О – очищенное топливо, Ц – остаток воды в центрифуге. И – исходное топливо до очистки

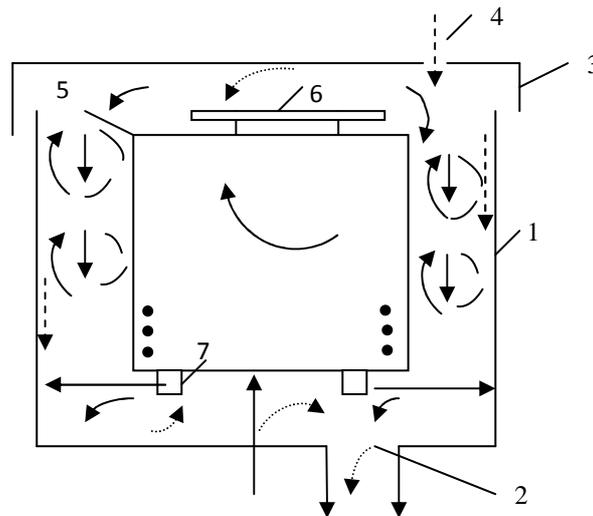
Рисунок 4.20 – Изменение содержания воды в топливе в процессе его очистки

В соответствии с полученными результатами можно сделать вывод, что при содержании воды в топливе > 1 % время для его очистки необходимо увеличить с 30 минут до 45-60 минут, а через 0,5 часа очистки провести слив воды из корпуса центрифуги и продолжить операцию очистки.

При удалении воды из топлива по рассматриваемой схеме очень важным элементом является прокачиваемость пара из корпуса центрифуги, рисунок 4.21.

Сущность процесса водоудаления заключается в том, что обводненное топливо, выходя из сопел 7, ударяется о стенку корпуса 1. Присутствующая вода в микрокаплях превращается в пар (рис. 4.21), и очень важно удалить его из пространства между корпусом ротора 5 и корпусом 1. Для этих целей в верхней части крышки центрифуги 3 имеется отверстие 4, через которое при вращении ротора 5 посредством гайки завихрителя 6 засасывается и прокачивается воздух. Воздух под напором попадает сначала в пространство между корпусом 1 и барабаном ро-

тора 5, затем, смешиваясь с паром, проталкивается через отверстие 2 в корпусе 1 и далее в атмосферное пространство емкости для очистки топлива.



—————> топливо - - - - -> воздух ·······> паровоздушная смесь

1 – корпус центрифуги; 2 – отверстие для слива топлива и отвода паровоздушной смеси; 3 – крышка; 4 – отверстие для забора воздуха; 5 – ротор; 6 – гайка завихрителя; 7 – сопла.

Рисунок 4.21 – Схема процесса удаления воды из топлива

Гайка завихритель 6 обеспечивает проток воздуха, исключает образование разрежения при вращении ротора с частотой $n = 7000-8000$ об/мин, предотвращает осаждение пара на стенках корпуса центрифуги и создает условия для активации процесса удаления паровоздушной смеси из зоны гидрореактивного привода центрифуги. Исходя из вышеизложенного проведены исследования по определению давления, необходимого для перетока паровоздушной смеси.

В нашем случае давление воздуха обеспечивается гайкой завихрителем и в определенной степени зависит от размеров отверстия для забора воздуха, размера пространства между корпусом и ротором, величины отверстия для слива топлива и отвода пара.

Так установлено, что при создании давления (диаметр отверстия для забора воздуха 25 мм, расстояние между корпусом и ротором 15 мм, диаметр отверстия

для слива топлива и отвода пара 45 мм) потока воздуха 0,02-0,03 МПа время удаления воды из топлива при ее процентном содержании в исходном топливе 1 % составляет 25 мин. Изменение конструктивных параметров и увеличение давления до 0,05-0,087 Мпа позволяет интенсифицировать процесс влагоудаления на 20...25 %, но при этом происходит перенасыщение очищаемого топлива кислородом воздуха и изменяется его фракционный состав, топливо утяжеляется. На рисунке 4.22 представлена зависимость эффективности процесса удаления воды из топлива от давления потока воздуха $P_{в}$ для перемещения паровоздушной смеси из зоны микровзрыва гидрореактивного привода центрифуги (время очистки 30 мин, температура топлива 90 °С, давление подачи топлива 5 кгс/см², частота вращения ротора 7500-8000 об/мин).

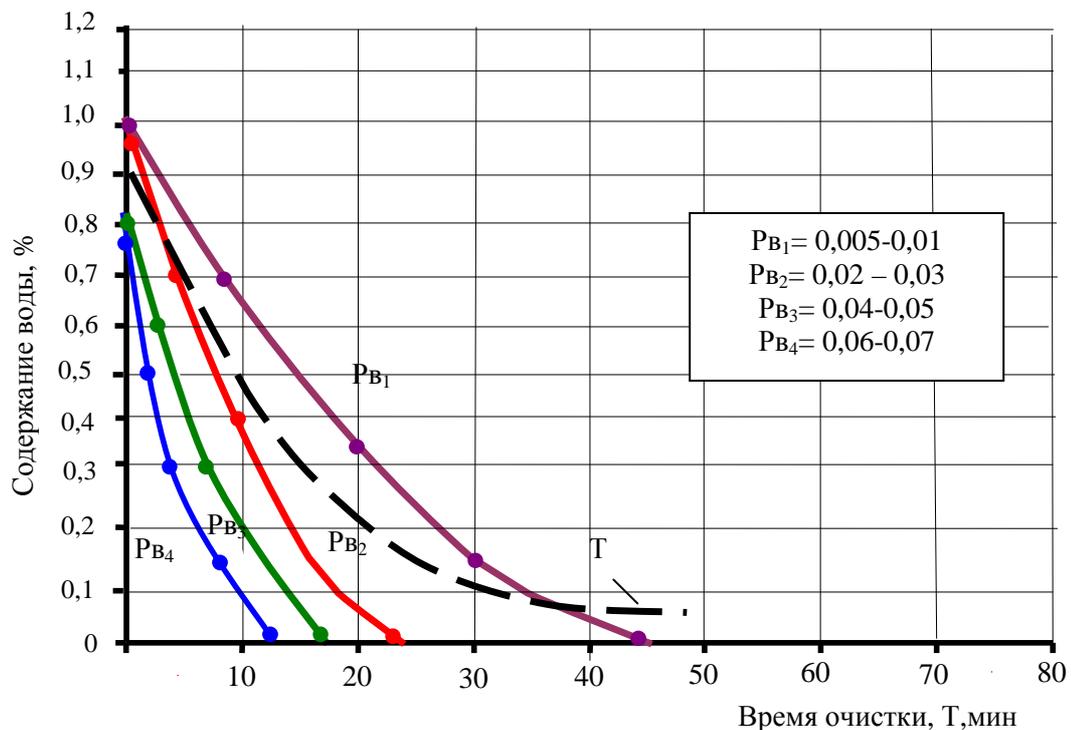


Рисунок 4.22 – Зависимость изменения содержания воды в топливе от давления потока воздуха.

Линия Т является расчетной характеристикой, принимаемой в результате теоретического анализа.

На рисунке 4.23 представлен график зависимости изменения фракционного состава топлива от интенсивности подачи воздуха (за время очистки $T = 30$ мин) в процессе очистки.

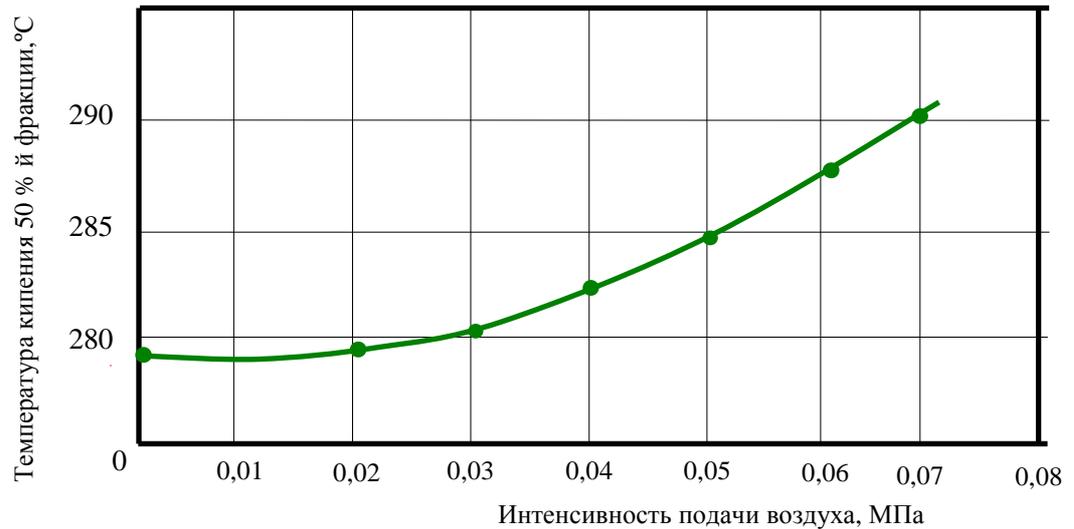
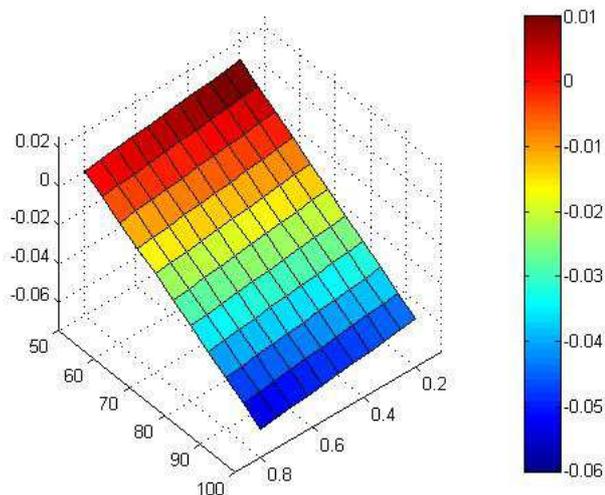


Рисунок 4.23 – Зависимость изменения фракционного состава топлива от интенсивности подачи воздуха в процессе очистки за время T

В результате обработки данных полнофакторного эксперимента получим уравнение регрессии, описывающее зависимость содержания воды от управляемых факторов:

$$y = 0,108 - 0,030x_1 - 0,024x_2 - 0,059x_3 + 0,011x_1x_2 + 0,025x_1x_3 - 0,026$$

Поверхность отклика при изменении факторов представлена рисунке 4.24



При 8 кгс/см^2

Рисунок 4.24 – Поверхность отклика, характеризующая эффективность процесса удаления растворенной воды.

Сравнивая полученное значение $t_{кр}$ $S_{коэф} = 0,008789$ с коэффициентом уравнения регрессии видим, что коэффициент меньше по абсолютной величине, следовательно все коэффициенты значимы.

4.5 Повышение смазывающих свойств дизельного топлива

Смазывающие свойства дизельного топлива являются одной из основных его эксплуатационных характеристик. Пониженные смазывающие свойства топлива оказывают значительное влияние на износ деталей двигателя и особенно прецизионных пар топливной аппаратуры [1].

Переход к международным стандартам производства топлив, выпуск топлив, отвечающих требованиям Евро 3,4,5 предопределяет снижение содержания серы в топливе практически на порядок по сравнению с топливом по ГОСТ 305-82. Данный факт объясняется необходимостью снижения загрязненности и токсичности выхлопных газов дизельных двигателей.

Для повышения смазывающих свойств дизельного топлива на крупных высокотехнологичных предприятиях при производстве топлив к ним добавляются специальные присадки [1].

В сельскохозяйственном производстве в силу ограниченности возможностей улучшения смазывающих свойств топлива в него безосновательно добавляют смазочные масла, используя при этом неквалифицированную информацию, получаемую из сети Интернет. В нашем случае проведения исследований по улучшению эксплуатационных свойств топлива ставится задача удаления из загрязненных топлив механических примесей, воды, смол. В разрабатываемом нами способе очистки в качестве разделяющего агента используется карбамид. Карбамид, как установлено [81] обладает уникальным свойством повышения смазывающих, трибологических свойств смазочных материалов.

В соответствии с чем были проведены сравнительные исследования и испытания дизельных топлив после воздействия на них карбамидом (в процессе очист-

ки) и топлив с внесением в них высокоэффективных присадок, улучшающих смазывающие свойства топлива.

В качестве рассматриваемых присадок были выбрана присадка производства Германии – Keropur DP 604T и присадка производства США MPG-BOOST.

Keropur DP 604T является многофункциональным пакетом присадок для дизельного топлива и используется для улучшения его качества. В таблице 4.4 представлены некоторые свойства присадки [117].

По заявлению производителя, при введении в рекомендуемых дозировках присадка обеспечивает защиту топливной системы от коррозии, улучшение смазывающих свойств дизельного топлива и небольшое увеличение цетанового числа. Не влияет отрицательно на другие свойства дизельного топлива, такие как низкотемпературные или цветовые и не оказывает отрицательного воздействия на эффективность других присадок (например, депрессоров).

Таблица 4.4 – Свойства присадки Keropur DP 604T (BASF)

Состав	Смесь полимеров в органическом растворителе
Внешний вид	Прозрачная жидкость янтарного цвета
Растворимость	Растворим в алифатических и ароматических растворителях
Плотность при 15 °С кг/м ³	943
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,4
Температура вспышки, °С	65
Рекомендуемая дозировка, мг/кг.	600

Многофункциональная присадка MPG-BOOST (таблица 4.5), производства FFI (США) являются органическим веществом для двигателей внутреннего сгорания, которые одновременно обеспечивают реальную экономию топлива, увеличивают мощность двигателя и снижают количество вредных выхлопных газов. Эти присадки создают каталитическое микропокрытие 0,01 мк на поверхностях камеры сгорания, на клапанах, поршне и свечах зажигания, чистят двигатель от нагара и уменьшают образование нагара на свечах зажигания, поршне, кольцах и клапанах (по информации производителей).

Таблица 4.5 – Свойства MPG-BOOST (FFI)

Состав	–
Внешний вид	Прозрачная жидкость янтарного цвета
Растворимость	Растворим в алифатических и ароматических растворителях
Плотность при 15 °С кг/м ³	798
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	1,56
Температура вспышки, °С	55
Рекомендуемая дозировка, мл/л.	0,295

Присадка MPG-BOOST™ рекомендуется к применению в бензиновых и дизельных двигателях внутреннего сгорания и, согласно официальным данным компании, обеспечивает увеличение октанового числа и ускорение сгорания топлива, улучшение его смазывающих свойств, повышение мощности двигателя, экономию топлива, уменьшение вредных выхлопов (по информации производителей).

Для экспериментов были отобраны образцы дизельного топлива различного качества (таблица 4.6) в которые вносились присадки, а результаты сопоставлялись с исходным топливом и топливом, обработанным карбамидом по разрабатываемой нами технологии.

Таблица 4.6 – Свойства исходных дизельных топлив

Показатели	№1	№2	№3	ГОСТ 305-82 летнее/зимнее
Фракционный состав, °С				
50%	235	284	242	< 280/280
96%	378	366	314	< 360/340
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	2,2	4,1	2,9	3,0-6,0/1,8-5,0
Температура, °С				
застывания	– 30	– 29	– 35	–10/–35
помутнения	– 8	– 10	– 20	–5/–25
Температура вспышки, °С	23	63	58	> 40/35
Кислотность, мг КОН/100см ³	4,1	3,6	1,2	< 5
Содержание воды, %	следы	отс	отс	отс
Содержание мех. примесей, %	0,03	0,01	отс	отс
Плотность при 20 °С, кг/м ³	800	837	833	< 860/840

В результате испытаний фиксировалось наличие изменений физико-химических свойств топлив, а также смазывающей способности по изменению диаметра пятна износа на четырехшариковой машине трения при 20 °С (таблица 4.7) и 60 °С (таблица 4.8).

Таблица 4.7 – Изменение смазывающей способности ($D_{и}$) дизельных топлив в зависимости от количества вносимой присадки при 20 °С

Названияи количе- ствоприсадки	$D_{и}$, мм Образец №1	Эффект, %	$D_{и}$, мм Образец №2	Эффект, %	$D_{и}$, мм Образец №3	Эффект, %
Без присадки	0,42	–	0,37	–	0,49	–
Keropur DP 604T 600 мг/кг	0,39	4	0,43	– 16	0,49	–
Keropur DP 604T 1200 мг/кг	0,35	16	0,36	3	0,46	6
Keropur DP 604T 1800 мг/кг	–	–	0,35	5	–	–
MPG-Boost 0,295 мл/л	0,37	11	0,34	8	0,46	6
Обработка реагентом, 2 %	0,36	14	0,35	5	0,43	12

Таблица 4.8 – Изменение смазывающей способности ($D_{и}$) дизельных топлив в зависимости от количества вносимой присадки при 60 °С

Названияи количе- ствоприсадки	$D_{и}$, мм Образец №1	Эффект, %	$D_{и}$, мм Образец №2	Эффект, %	$D_{и}$, мм Образец №3	Эффект, %
Без присадки	0,43	–	0,40	–	0,49	–
Keropur DP 604T 600 мг/кг	0,39	9	0,39	2	0,47	4
MPG-Boost 0,295 мл/л	0,41	4	0,40	–	0,45	8
Обработка реагентом, 2 %	0,35	19	0,36	10	0,41	16

В результате испытаний при температуре 20 °С установлено, что добавление исследуемых присадок в рекомендуемых производителем количествах к образцу №1, с худшими физико-химическими характеристиками, чем другие, положительно сказывается на его смазывающих свойствах. В то же время, в случае образцов №2 и №3 положительный эффект наблюдается лишь при использовании MPG-Boost.

Дальнейшее увеличение концентрации KeropurDP 604T привело к определенному эффекту. Как видно из приведенных данных, в случае образцов № 1 и № 3 – при двойной рекомендованной концентрации, а в случае образца № 2 – при тройной.

Испытания при температуре 60 °С показали, что в случае образцов № 1 и № 3 обе присадки дали положительный эффект увеличения смазывающей способности, в то время, как в случае образца № 2 улучшений при рекомендованных концентрациях практически не наблюдалось.

Заметных изменений основных контролируемых показателей дизельного топлива после добавления присадок не обнаружено.

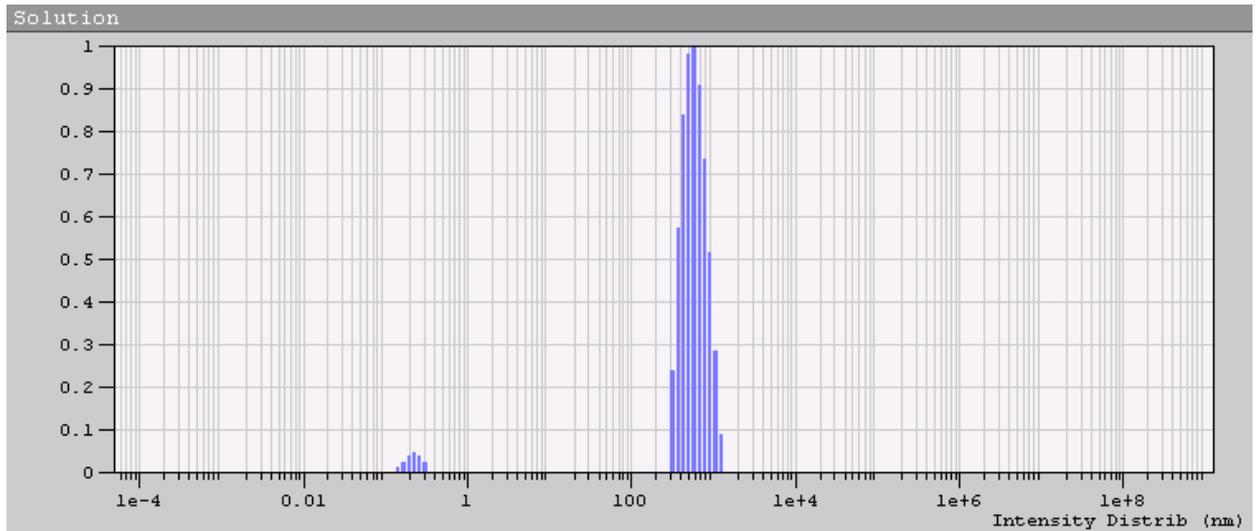
С помощью метода фотонной корреляционной спектроскопии были исследованы образцы дизельного топлива до и после добавления присадок. Например, на рисунках 4.25 - 4.27 представлены данные образца №1 из таблицы 4.8.

Исходный образец в начале и конце эксперимента имеет практически неизменный состав частиц. Имеется слабый пик в районе 0,1 – 1 нм, основная же часть частиц имеют размеры от 100 до 10^4 нм. Максимум наблюдается на значении 574 нм (рисунок 4.25).

Добавление универсальной присадки KeropurDP 604T смещает пики в область более мелких частиц, максимум приходится на 105,3 нм (рисунок 4.26). Вероятно, в смеси происходят процессы диспергации. Добавление же присадки MPG-BOOST приводит к укрупнению частиц в интервале 100 до 10^4 нм. В тоже время появляется небольшое количество (17 %) наноразмерных объектов в интервале от 0,01 до 1 нм (рисунок 4.27).

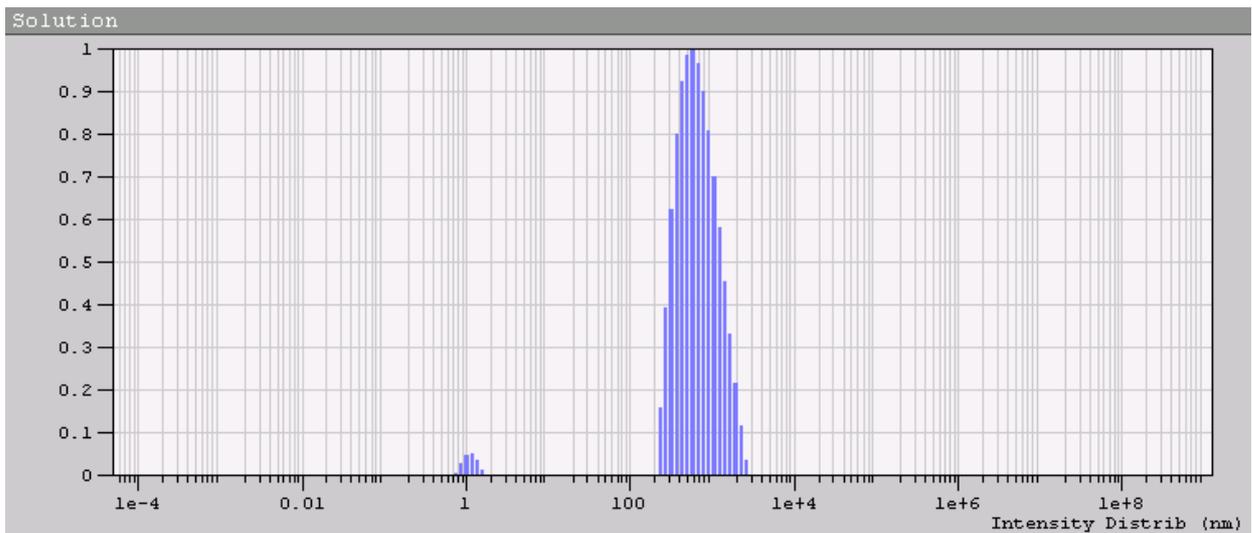
Однако по большому счету, состав частиц не сильно изменяется по сравнению с исходным топливом.

Таким образом, проведенные исследования показали, что добавление в дизельное топливо присадок не всегда приводит к положительному эффекту, так как результат, вероятно, зависит не только от концентрации присадок, но и исходного состава топлива.



1)

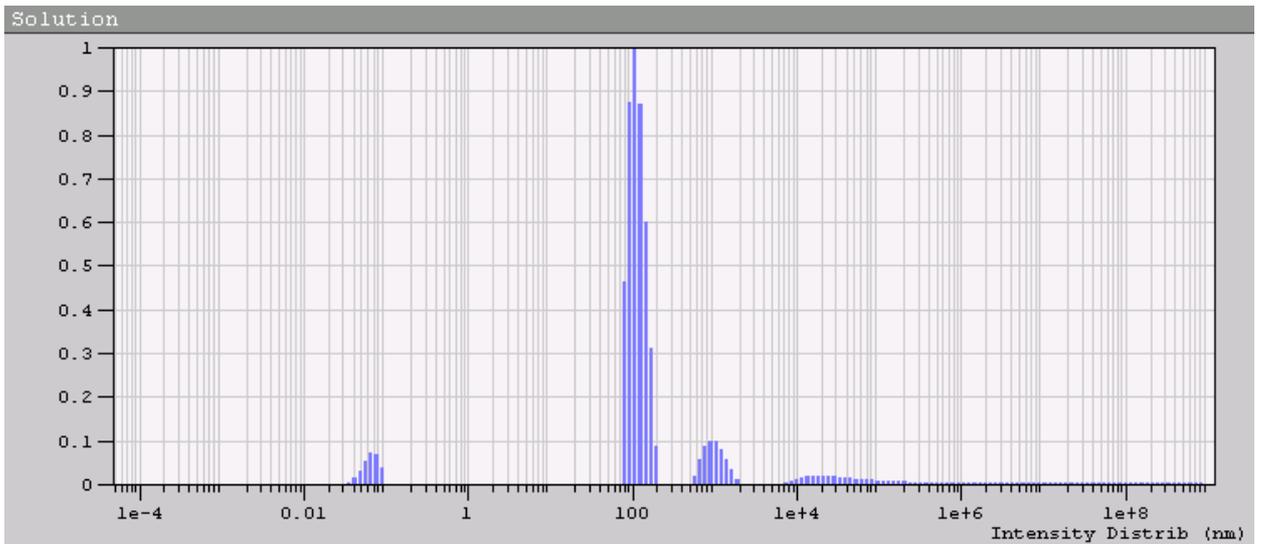
Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.015	1.109	1.163	0.178
2	0.985	755.5	574.1	441.4



2)

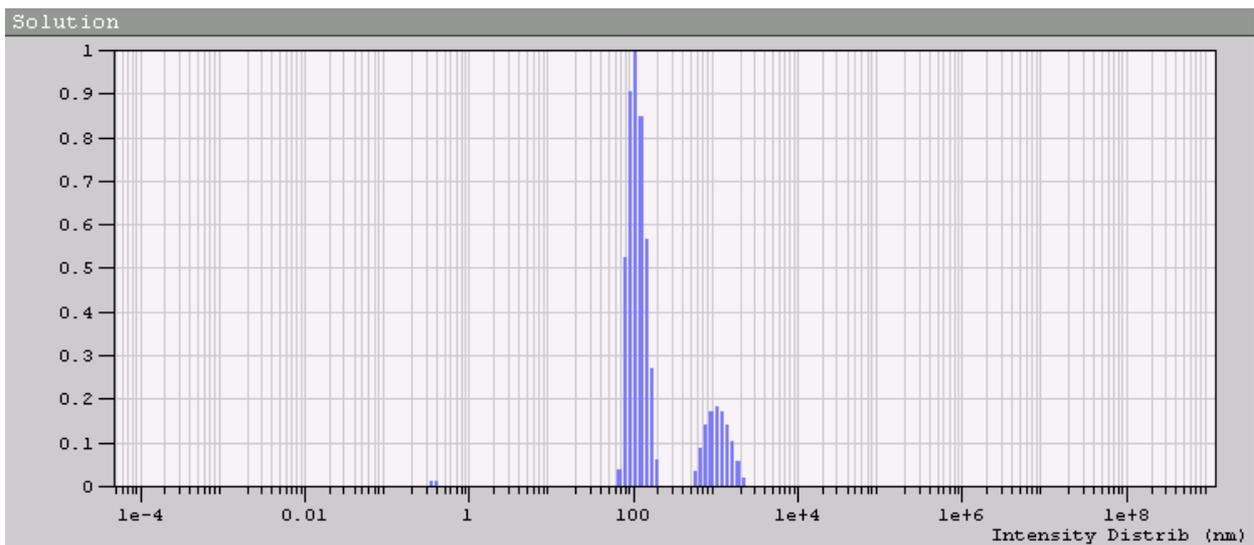
Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.025	0.225	0.220	0.044
2	0.975	607.4	574.1	206.4

Рисунок 4.25 – Образец дизельного топлива № 1 в начале (1) и после 4 часов (2)



1)

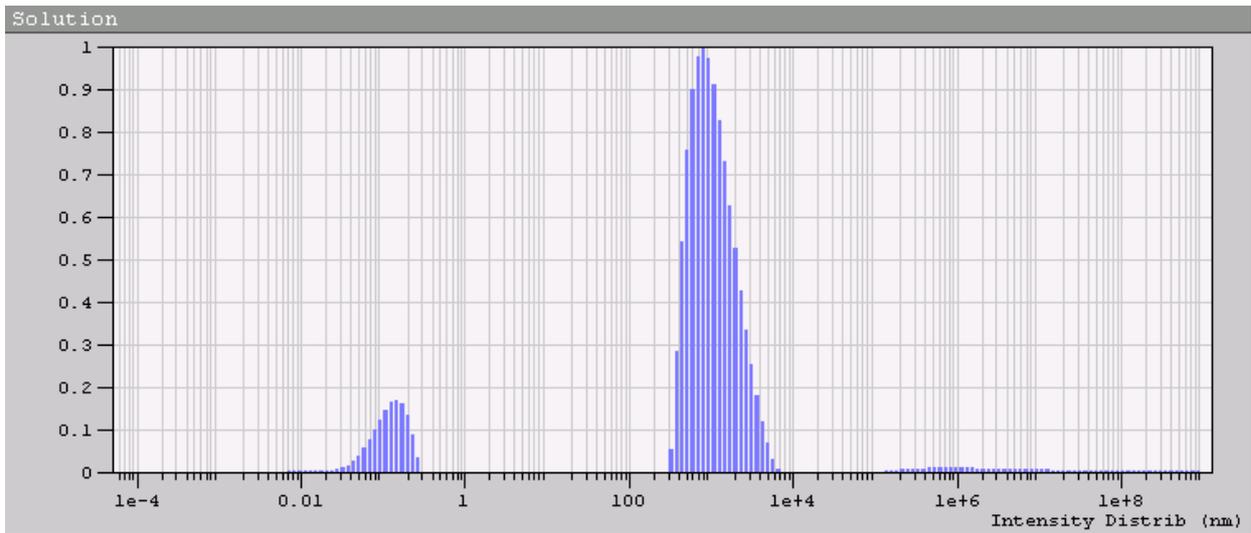
Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.051	0.064	0.064	0.016
2	0.810	112.0	105.3	31.77
3	0.102	985.7	875.4	330.7
4	0.037	2.6e+4	1.8e+4	1.5e+4



2)

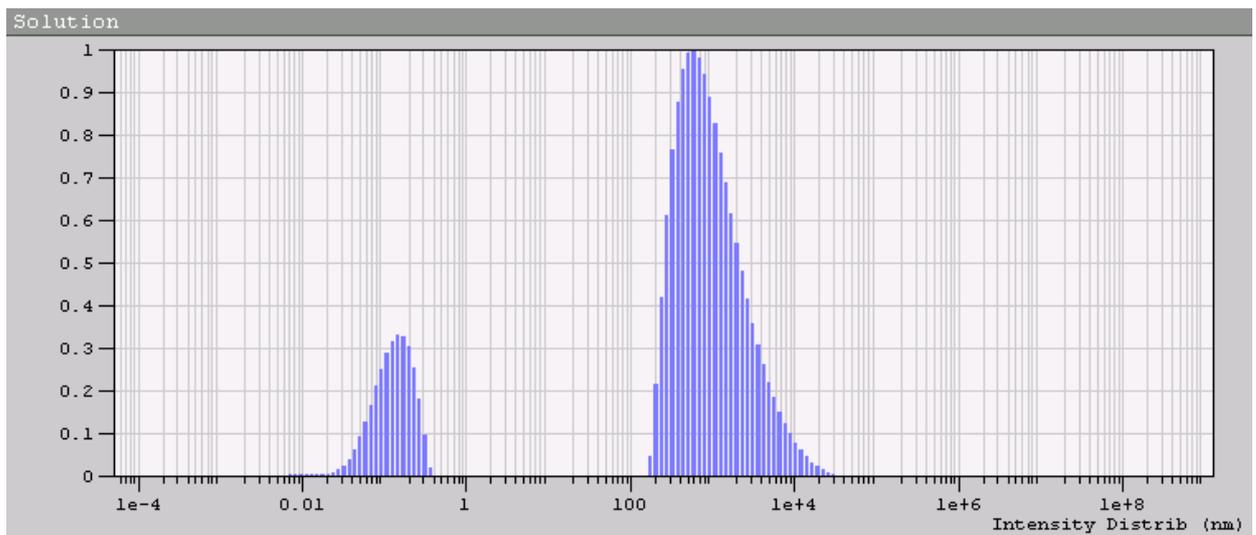
Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.002	0.335	0.336	0.020
2	0.793	111.7	105.3	27.22
3	0.205	1103.	1018.	365.8

Рисунок 4.26 – Образец дизельного топлива № 1 с добавкой Керопур DP 604Т
600 мг/кг в начале (1) и после 4 часов (2)



1)

Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.111	0.127	0.143	0.057
2	0.889	1220.	795.2	886.0



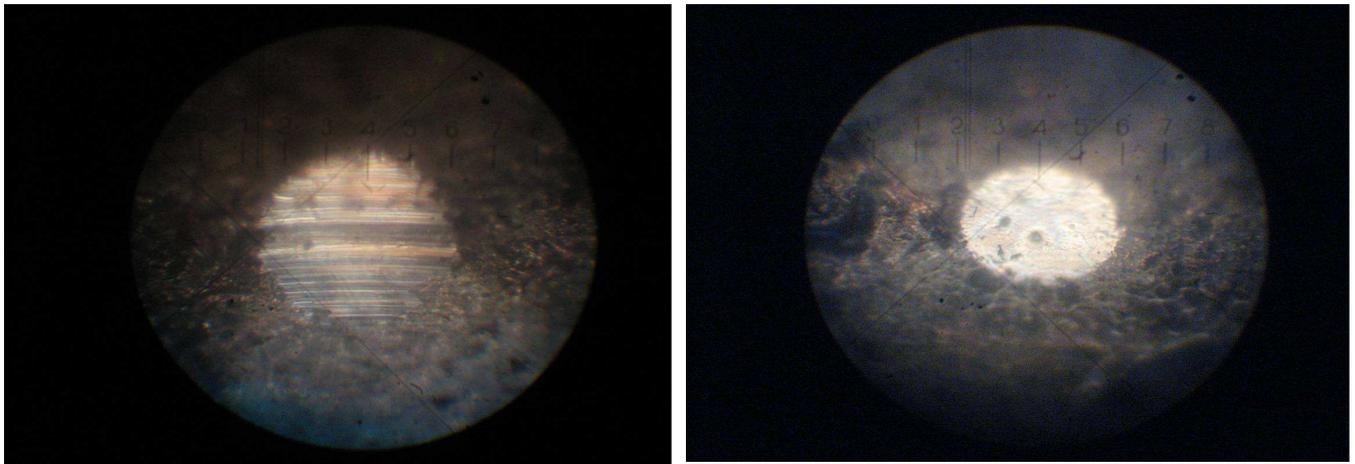
2)

Peak Num	Area	Mean	Position	STD
1	0.171	0.141	0.143	0.070
2	0.829	1554.	587.7	2181.

Рисунок 4.27 – Образец дизельного топлива № 1 с добавкой MPG-BOOST 0.295 мл/л в начале (1) и после 4 часов (2)

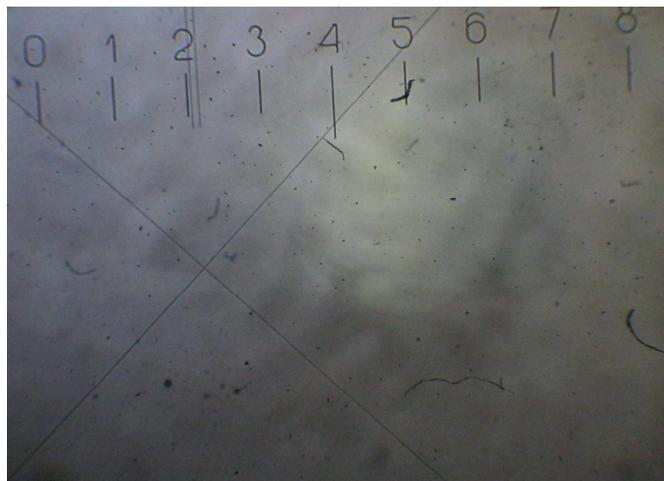
В тоже время, предлагаемый технологический процесс очистки топлива с использованием карбамида в большинстве случаев позволяет получить устойчивый положительный эффект, проявляющийся не только в улучшении физико-химических свойств топлива, но и увеличении его смазывающей способности в среднем на 15 %, что особенно актуально для современных малосернистых сортов дизельных топлив, применяемых в современной сельскохозяйственной технике [118, 119, 120, 121, 122, 123].

На рисунке 4.28 представлены пятна износа шариков в машине трения на топливах с присадками и топливе, очищенном разработанным способом очистки.



а) Исходное топливо

б) Топливо с присадкой Керориг



с) Топливо, очищенное водным раствором карбамида

Рисунок 4.28. Пятна износа шариков при испытании топлив с добавками присадок и топливе, очищенного с использованием водного раствора карбамида.

Для обобщения результатов исследований по повышению смазывающих свойств дизельного топлива воспользуемся рисунком 4.29, наглядно показывающим преимущества разрабатываемого способа очистки топлива и улучшения его смазывающих свойств.

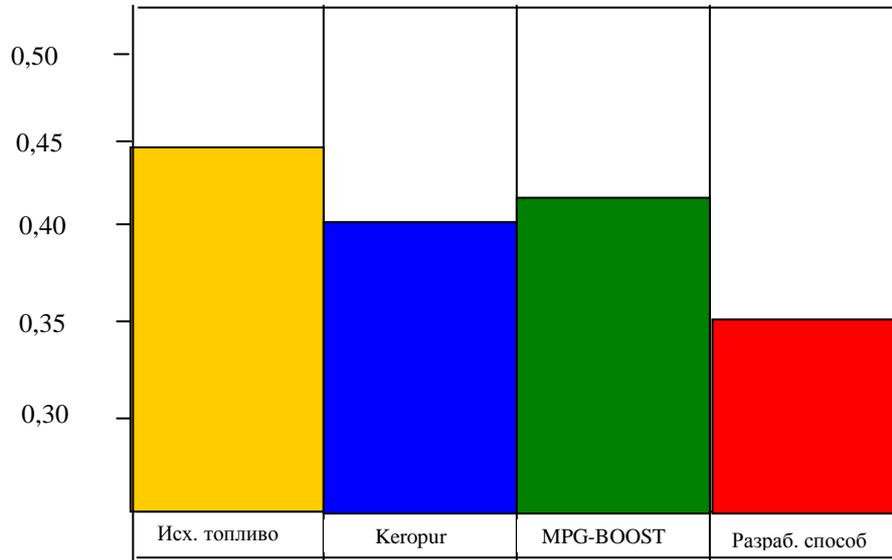


Рисунок 4.29 – Диаметр пятна износа шариков ЧШМТ в зависимости от способа воздействия и используемой присадки.

Анализируя полученные данные можно в целом сделать вывод, что использование присадок Керопур, MPG-BOOST позволяет повысить смазывающие свойства топлива.

При этом важным моментом, особенно для условий сельскохозяйственного производства, является то, что используемые присадки являются дорогостоящими препаратами, которые повышают себестоимость дизельного топлива, а их влияние на другие характеристики топлива и двигателя являются неоднозначными.

Использование карбамида для очистки дизельного топлива позволяет повысить смазывающие свойства исходного топлива более чем на 15 %, т.е. как в случае применения например дорогостоящих присадок, при этом в процессе очистки из дизельного топлива, как показано в разделе 4.1, 4.2, 4.3, удаляются механические примеси, растворенная вода, смолы, что дополнительно улучшает эксплуатационные свойства дизельного топлива и практически не повышает затраты на обработку.

4.6 Результаты исследований по улучшению низкотемпературных характеристик дизельного топлива

Сельскохозяйственное производство предопределяет круглогодичное использование специальной техники, работающей в основном на дизельном топливе. С учетом климатических особенностей на большей части страны с ноября по март температура окружающего воздуха опускается ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, что предусматривает перевод техники с летних на зимние сорта топлива. И ежегодно в этот период у сельского товаропроизводителя возникают проблемы – зимнее топливо еще не приобретено, однако остались запасы летнего, которое и приходится использовать [124,125,126].

Еще один важный фактор современной действительности – коммерциализация торговли нефтепродуктами, когда в силу ограниченных финансовых возможностей сельскохозяйственных предприятий приобретается дешевое некачественное зимнее топливо у мелких снабжающих фирм и организации [125].

Все это в конечном итоге приводит к отрицательным последствиям, когда тракторы автомобили в зимнее время года не могут начать работать, так как двигатель не запускается, или в определенных условиях останавливается из-за прекращения подачи топлива и отказа работы топливных фильтров.

Для проведения исследований и оценки изменения свойств дизельного топлива под действием депрессорных добавок за базовую основу были взяты два вида топлива – от представительства компании «Роснефть» (№ 1) и коммерческого нефтепродуктоснабжающего предприятия (№ 2) (таблица 4.9).

Топлива были приобретены для использования в тракторах и автомобилях в сельскохозяйственных предприятиях Тамбовской области. Оба образца можно условно отнести к летним сортам топлива с удовлетворительными эксплуатационными характеристиками и невысокими низкотемпературными свойствами. В топлива вносились добавки следующих марок «KeropurDP604T», «Keroflux 3501», «InfineumR442M», «Difron 3319» и «ДДП – антигель». Добавки вносились в топливо после его подогрева до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а смесь постоянно перемешивалась.

Таблица 4.9 – Характеристики образцов дизельного топлива № 1 и № 2

Показатели	Дизельное топливо	
	№ 1	№ 2
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,7	3,5
Плотность при 20 °С, кг/м ³	835	830
Температура вспышки, °С	64	67
Температура помутнения, °С	– 8	– 10
Температура застывания, °С	– 24	– 18
Кислотность, мгКОН/г	3,5	4,5
Цетановый индекс	40,8	40,7
Содержание: механических примесей, %	Отсутствует	Отсутствует
воды, %	Отсутствует	Отсутствует
Фракционный состав, °С		
НК	165	179
10 %	206	205
20 %	228	219
30 %	241	233
40 %	255	248
50 %	271	265
60 %	283	281
70 %	305	289
80 %	322	318
90 %	345	345
96 %	373	371
Перегоняется до температуры, %		
180 °С	4	0
340 °С	88	89

В таблице 4.10 приведены данные по определению температур замерзания и помутнения в топливах № 1 и № 2 после внесения в них депрессорных добавок и перемешивания.

Таблица 4.10. - Температуры замерзания и помутнения топлив № 1 и № 2

Присадки Параметры	Исходный образец	Keropor DP604T	Keroflux 3501	InfineumR 442M	Difron 3319	ДДП – антигель
Дизельное топливо № 1						
Температура помутнения	–8	–10	–11	–11	–12	–12
Температура застывания	–24	–29	<–30	<–30	<–30	<–30
Дизельное топливо № 2						
Температура помутнения	–10	–10	–11	–11	–11	–12
Температура застывания	–18	–20	<–30	–29	<–30	<–30

Анализируя данные отметим, что температура помутнения у топлива № 1 с добавками изменялась незначительно, а во втором топливе с пятью видами депрессорно – дисперсионных добавок осталась практически неизменной. Что в принципе подтверждает известное объяснение действия депрессорных присадок заключающееся в модификации структуры кристаллизирующихся парафинов, уменьшении их размеров, без изменения количества н-парафиновых углеводородов. При отстое смесей дизельного топлива с депрессорными добавками образование осадка в емкости не наблюдалось. Температура замерзания у дизельного топлива № 1 понизилась практически во всех случаях с $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у дизельного топлива № 2 с $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Как известно в дизельных топливах содержится довольно много углеводородов с высокой температурой плавления. Углеводороды с одинаковой массой, но различного строения могут иметь значения температур плавления в широких пределах. При охлаждении дизельного топлива в первую очередь выпадают парафиновые углеводороды нормального строения [1].

Зафиксированное изменение значения температуры застывания дизельного топлива образца № 1 в среднем на $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ относительно изменения на $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ в образце № 2 может характеризоваться как их различным углеводородным составом так и технологией получения дизельного топлива. Следует также заметить, что в обоих случаях концентрация вносимых добавок была одинаковой.

Проведенными теоретическими исследованиями установлено, что устанавливаемые производителями концентрации внесения добавок для различных топлив могут быть разными, что ставит задачи минимизации влияния фактора концентрации на конечный результат. На основании полученной в теоретических исследованиях номограммы определения концентрации внесения депрессорных присадок (рисунок 2.15) их норма внесения регламентировалась значением предельной температуры фильтруемости ПТФ, связанной с фракционным составом топлива и содержанием н – парафинов. Как вариант следует рассмотреть влияние режимов перемешивания, температуры, времени, интенсивности при разной концентрации внесения добавки на изменение температуры замерзания.

Как известно [1,126] депрессорные присадки в меньшей степени влияют на температуру помутнения и в большей степени на изменение температуры замерзания и предельной температуры фильтруемости, которая обычно бывает ниже температуры помутнения, но выше температуры застывания.

В условиях эксплуатации этот показатель является даже более значимым чем температура замерзания. Изменение предельной температуры фильтруемости под воздействием добавок представлено в таблице 4.11.

Таблица 4.11. Предельная температура фильтруемости образцов дизельного топлива

Присадки №, образца	Исходный образец	Keropur DP604T	Keroflux 3501	Infineum R442M	Difron 3319	ДДП - антигель
1	- 12 °С	- 17 °С	- 18 °С	- 19 °С	- 18 °С	- 20 °С
2	- 10 °С	- 16 °С	- 16 °С	- 18 °С	- 17 °С	- 20 °С

Как видим, после добавления определенных концентраций депрессорных присадок предельная температура фильтруемости изменилась в среднем на 5 – 10 градусов, что дает возможность использовать его при более низких температурах окружающей среды, нежели исходное топливо.

Ко всему прочему, анализируя действие депрессорно – дисперсионных присадок на температуру помутнения, застывания, предельную температуру фильтруемости топлива замечено, что в конкретном топливе с худшими исходными характеристиками эффект от действия добавок более существенен.

Таким образом, проведенные лабораторные исследования показывают на состоятельность мер по применению депрессорных присадок для улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив, используемых сельхозпредприятиями в зимнее время. А разработанный теоретический подход определения концентрации внесения депрессорных присадок и результаты определения по номограмме хорошо корреспондируются с данными экспериментальных исследований. При этом выдвигается предположение, что полученные значения понижения температуры замерзания и предельной температуры фильтруемости могут быть значительно улучшены за счет совершенствования технологического процесса диспер-

гирования присадок, их вработывания в топливо, интенсивного перемешивания, методом центрифугирования на разработанной установке для очистки топлива.

В соответствии с данными постулатами проведены исследования по установлению рациональных параметров технологического процесса улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива.

Для этих целей на базе топлив № 1 и № 2 готовился «маточный» раствор смеси, состоящий из 4 литров топлива, в которое вносилась водная композиция воды, перемешанной с карбамидом в соответствии с установленной оптимальной концентрацией, необходимой для очистки топлива от присутствующих смол, асфальтенов, серы и повышения смазывающих свойств топлива и 0,5 % ДДП. Раствор подогревался до температуры 40°C и перемешивался. Подготовленный маточный раствор направлялся в емкость для очистки топлив. Топливо нагревалось до температуры 80 °С в режиме перемешивания по циклу емкость – насос – емкость.

В результате эксперимента оценивалось изменение температуры помутнения и предельной температуры фильтруемости в зависимости от времени перемешивания с маточным раствором. На рисунке 4.30 представлен график изменения температуры помутнения и предельной температуры фильтруемости в зависимости от времени перемешивания, а также теоретическое представление изменений характеристик топлива ТрП, ТрФ.

Анализируя результаты, представленные на графике, отметим, что максимальное изменение температуры помутнения, ТП₁ и ТП₂ так же как предельной температуры фильтруемости топлива с присадкой ДПП происходит в первые 5-10 минут перемешивания. Далее процесс стабилизируется. Вместе с тем, отметим, что интенсивное перемешивание в установке с нагревом топлива позволяет снизить температуру помутнения и предельную температуру фильтруемости на 1-2 °С по сравнению с обычным рекомендуемым перемешиванием насосом по циклу. Данный факт скорее всего объясняется конструктивными особенностями устройства очистки. Оценивая данные факты, нельзя недооценивать преимущества перемешивания, т.к. в нашем случае перемешивание топлива проводилось не просто

с присадкой ДПП, а в совокупности с водным раствором карбамида. Вода, присутствующая в топливе может «ухудшать» низкотемпературные свойства топлива.

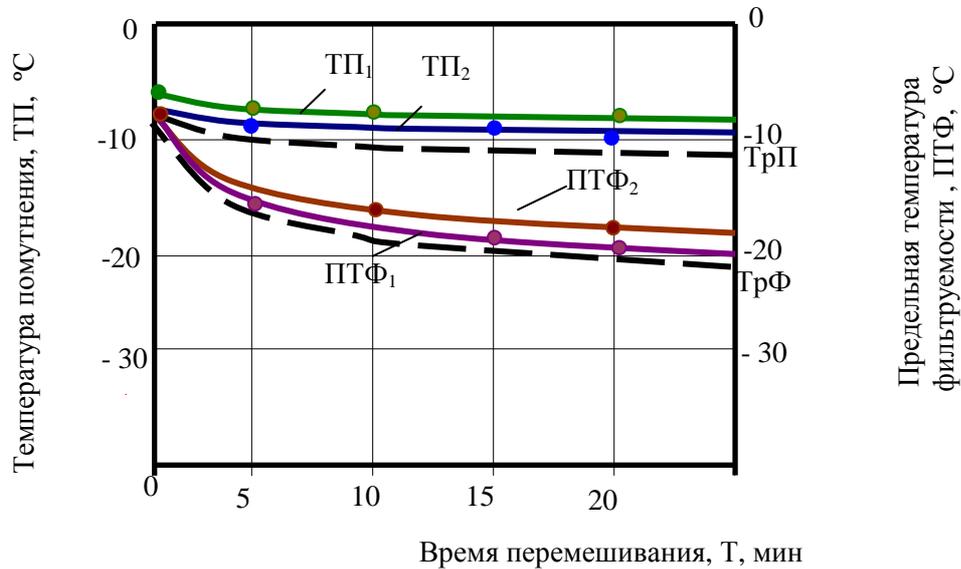


Рисунок 4.30 – Зависимость изменения температуры помутнения и предельной температуры фильтруемости от продолжительности перемешивания топлива с маточным раствором

Следующим этапом исследований являлось определение параметров процесса улучшения низкотемпературных свойств топлива в процессе его очистки от смол, частично включения парафина, механических примесей, воды и серы по разработанному способу очистки с дополнительным включением в работу депрессорной добавки.

В результате исследований, установлено, что в топливе после очистки температура помутнения может понижаться на -1, -2 °С, а предельная температура фильтруемости на 3-4 °С. Для проведения исследования изменения низкотемпературных свойств топлива в процессе его очистки и под воздействием депрессорной добавки использовалось топливо № 2. Исследования проводились в два этапа. На первом этапе оценивалось изменение показателей топлива – температуры помутнения, температуры замерзания и предельной температуры фильтруемости в процессе его очистки водным раствором карбамида.

Технологические процессы очистки проводились при температуре нагрева топлива 90 °С, давлении в системе 4 кгс/см² в течение 60 мин. Низкотемпературные характеристики топлива до и после очистки представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Низкотемпературные характеристики топлива

Показатели	Температура замерзания, °С	Температура помутнения, °С	Предельная температура фильтруемости, °С
Исходное топливо	-18	-10	-12
Топливо после очистки	-20	-12	-15

Анализируя данные таблицы 4.12, отметим, что в процессе очистки все низкотемпературные характеристики топлива улучшены. Скорее всего, данные факты объясняются изменением количества присутствующих в топливе парафинов, либо изменением их структурного состояния, что требует проведения дополнительных исследований. Изменение структурного состояния или дисперсного состояния парафинов могло произойти только под действием разрушительного давления и удара струи топлива при выходе из сопла центрифуги.

Для оценки изменения свойств топлива в процессе его очистки и под давлением депрессорной присадки проведена очистка топлива в разработанном модельном устройстве. Рассмотрению подвергалось изменение низкотемпературных свойств топлива процессе его очистки при температуре 80 °С и различном давлении в системе $P = 2, 3, 4, 5, 6$ кгс/см² и времени очистки. В таблице 4.13 представлены результаты исследований по оценке низкотемпературных свойств топлива в процессе его очистки с добавлением 1 % ДДП.

Анализируя данные, представленные в таблице 4.13, отметим, что в процессе очистки происходит изменение низкотемпературных свойств дизельного топлива. По сравнению с обычным перемешиванием топлива с депрессорной присадкой ДДП в процессе очистки топлива с присадкой температура помутнения снижается на 2-3 °С, температура замерзания топлива понижается на -4 °С, а предельная температура фильтруемости топлива опускается более чем на -5 °С.

Максимальное улучшение низкотемпературных свойств топлива достигается в течение 20-30 мин очистки.

Таблица 4.13 – Результаты исследований по оценке низкотемпературных свойств топлива в процессе очистки

Показатели		Температура помутнения, °С	Температура застывания, °С	Предельная температура фильтруемости, °С
P=2 кгс/см ²	T=10 мин	-12	-30	-22
	T=20 мин	-13	-31	-24
	T=30 мин	-14	-31	-25
	T=40 мин	-14	-31	-25
	T=50 мин	-14	-31	-25
	T=60 мин	-14	-31	-25
P=3 кгс/см ²	T=10 мин	-13	-30	-23
	T=20 мин	-14	-31	-24
	T=30 мин	-15	-32	-25
	T=40 мин	-15	-32	-25
	T=50 мин	-15	-32	-26
	T=60 мин	-15	-32	-26
P=4 кгс/см ²	T=10 мин	-14	-31	-24
	T=20 мин	-15	-32	-26
	T=30 мин	-16	-33	-27
	T=40 мин	-16	-34	-27
	T=50 мин	-16	-34	-27
	T=60 мин	-16	-34	-26
P=5 кгс/см ²	T=10 мин	-15	-31	-27
	T=20 мин	-15	-32	-27
	T=30 мин	-16	-33	-27
	T=40 мин	-16	-34	-27
	T=50 мин	-16	-34	-27
	T=60 мин	-16	-34	-27
P=6 кгс/см ²	T=10 мин	-15	-31	-27
	T=20 мин	-15	-32	-25
	T=30 мин	-15	-34	-26
	T=40 мин	-16	-34	-27
	T=50 мин	-16	-34	-27
	T=60 мин	-16	-34	-27

Так как установленная рациональная производительность очистки составляет 100 л/час, т.е. в течение 1 часа 100 л топлива находится в постоянном движении из емкости установки в центрифуги и снова в емкость, то возможно проведение операции внесения, диспергирования, присадки как вместе с раствором коагулянта на предварительном этапе, так и в процессе очистки в интервале времени 60 минут.

Физически смысл повышения низкотемпературных свойств в процессе очистки топлива заключается прежде всего в равномерности распределения растворенных частиц присадки по всему объему топлива, эффективного ее диспергирования за счет давления потока топлива с присадкой, выходящей из сопла центрифуги и ударяющеюся о стенку корпуса центрифуги, как и в случае удаления

растворенной воды. Не исключено, что в нашем случае изменяется структурное состояние парафинов топлива не только под действием депрессорной присадки, но и разработанного способа очистки топлива. Можно также предположить, что в процессе очистки топлива происходит уменьшение содержания парафинов в топливе, однако данный вывод требует дополнительных исследований, не входящих в круг задач, решаемых в данной работе.

4.7 Разработка установки для очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельного топлива

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований обоснованы технологические параметры процесса удаления из дизельных топлив механических примесей и воды (как свободной, так и растворимой).

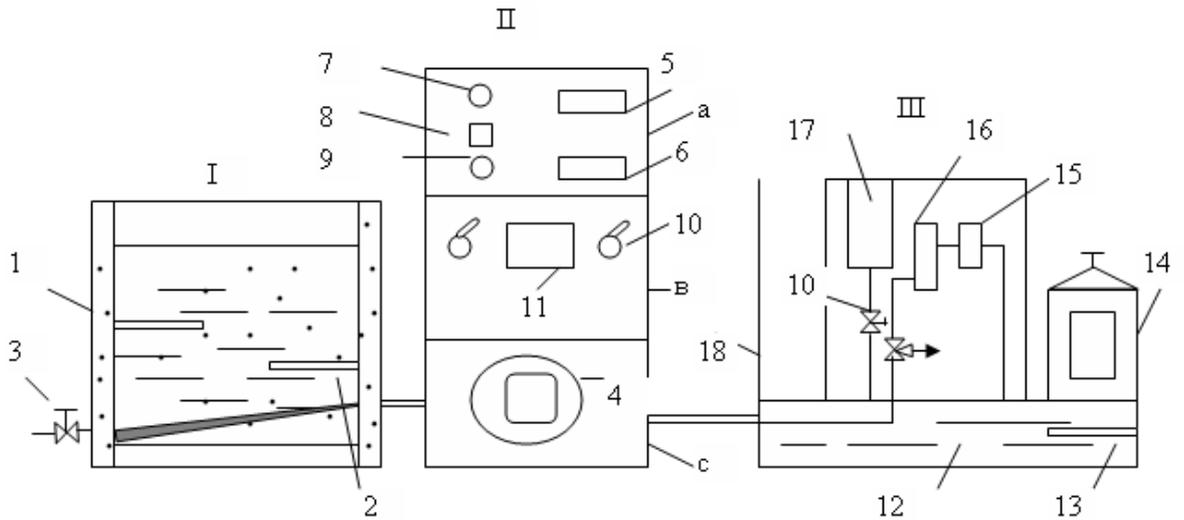
Установлены зависимости и получены данные по удалению из топлив смол и повышению их смазывающих свойств. Определены параметры процесса улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив.

По результатам исследований разработана установка для очистки дизельных топлив от примесей, загрязнений и для повышения их смазывающих и низкотемпературных свойств. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 4.31. Гидравлическая схема установки представлена на рисунке 4.32.

Установка состоит из трех блоков: I – блока первичной обработки нагрева, коагуляции и отстаивания; II – блока управления; III – блока очистки и улучшения эксплуатационных свойств топлива.

Принцип работы установки заключается в следующем. В емкость 1 насосом 4 закачивается дизельное топливо. Топливо при помощи нагревательных элементов 4 нагревается до температуры 80...90°C. В нагретое топливо вносится водный раствор карбамида. Смесь топлива с водным раствором карбамида перемешивается включением насоса 4 по циклу в течение 10...15 мин. Далее топливо отстаивается в течение 60 мин. Отстой сливается при помощи крана 3. Контроль и под-

держание температуры осуществляется автоматической системой, включающей терморегулятор измеритель ТРМ5.



1 – емкость для нагрева и коагуляции $V=1\text{ м}^3$; 2 – нагревательные элементы (пластинчатые); 3 – кран слива отстоя; 4 – насос с электроприводом; 5 – датчик температуры топлива в емкости 1; 6 – датчик температуры топлива в емкости 12; 7 – лампа контроля сети; 8 – кнопка включения и отключения насоса; 9 – лампа контроля нагрева; 10 – краны переключатели потока; 11 – датчик давления; 12 – емкость очистки топлива; 13 – пластинчатый нагреватель; 14 – реактивная центрифуга; 15 – предохранительный клапан; 16 – фильтр регулятор потока; 17 – дозатор депрессорных присадок; 18 – горловина: а) электрическая секция; в) – гидравлическая секция; с) секция насоса с электроприводом

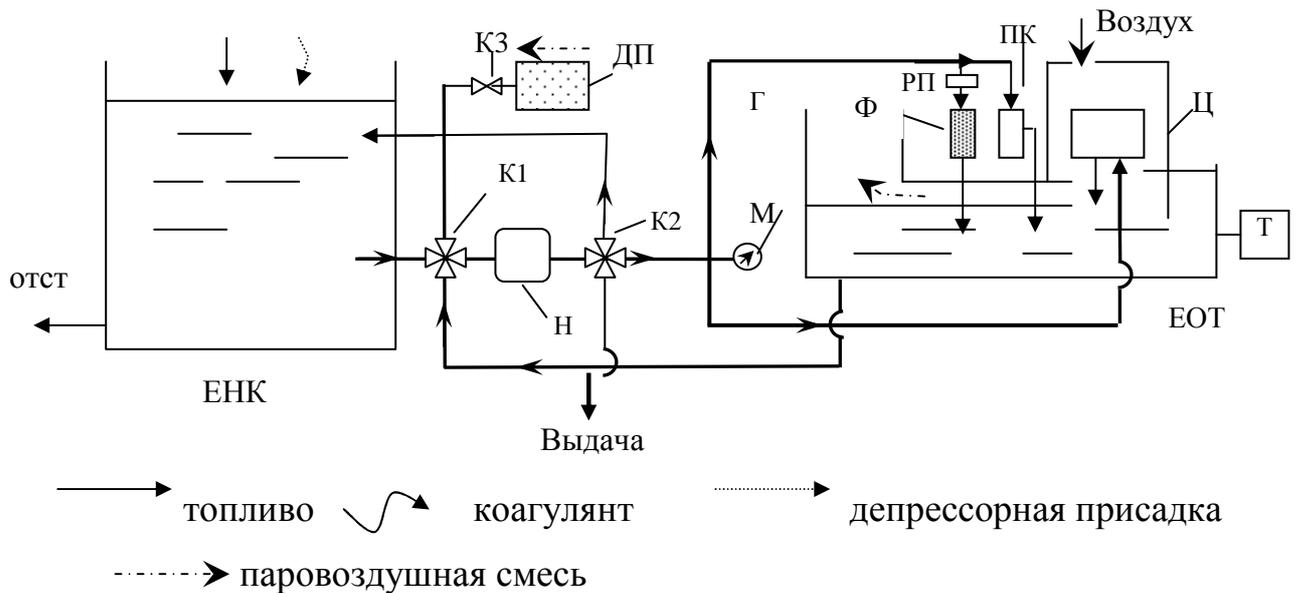
Рисунок 4.31 – Принципиальная схема установки для очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив

Отстоявшееся дизельное топливо переключением крана К2 при помощи насоса Н закачивают в емкость 12, оснащенную автоматической системой подогрева и контроля температуры топлива 13,6. На емкости смонтирована система топливопроводов, предохранительный клапан 16, фильтр регулятор потока 16, две реактивные центрифуги очистки топлива 14 и дозатор депрессорных присадок 17.

Топливо при температуре $80\dots90^\circ\text{C}$ посредством насоса 4 направляют на очистку от механических примесей, смол, свободной и растворенной воды из ем-

кости 12 в реактивные центрифуги 14. Пройдя через центрифуги топливо сливается обратно в емкость 12. Давление в системе очистки регулируется клапаном 15 и регистрируется датчиком ПД – 100, соединенным ТРМ 11, установленным на блоке II.

Для улучшения низкотемпературных свойств очищаемого топлива на емкости 12 смонтирован дозатор депрессорных присадок 17 с вентильным краном, соединенным через трубопровод с всасывающей магистралью насоса 4.



ЕНК – емкость нагрева и коагуляции; Н – насос; К1, К2, К3 – краны; ДП – депрессорные присадки; Ф – фильтр; ПК – предохранительный клапан; РП – распределитель потока; Ц – центрифуга; ЕОТ – емкость очищаемого топлива; Г – горловина; М – датчик давления, Т – термодатчик

Рисунок 4.32 – Гидравлическая схема установки

Введение депрессорных присадок проводится после завершения операции очистки. Присадки заправляют в емкость дозатора. Туда же добавляют 10 частей топлива по отношению к присадке. Смесь механически перемешивают. Операция внесения и диспергирования присадок в топливо может проводиться и в процессе очистки топлива. Диспергирование присадок осуществляется следующим образом. Включают подачу топлива насосом 4 на очистку. Открывают кран К3. Присадки из емкости ДП поступают по всасывающей магистрали в центрифуги Ц.

Проходя через которые, на выходе из сопел центрифуг и ударяясь о стенки корпуса, смешиваются с распыленным топливом. Процесс вработывания и перемешивания проводится в течение 10...15 мин. Очистка от растворенной воды в топливе происходит при помощи системы «микровзрыва», которой оснащена установка.

Система очистки от воды по результатам моделирования и проведенных лабораторных исследований состоит из центрифуги, пространство между корпусом и ротором которой соединено с атмосферой. В верхней части ротора устанавливается напорная гайка для прокачивания паров воды. Центрифуга через окно в нижней части корпуса и надтопливное пространство емкости 12 соединена с горловиной 18 и атмосферой.

Удаление свободной воды происходит следующим образом. При попадании топлива в центрифугу свободная вода под действием центробежных сил группируется в корпусе центрифуги. Растворенная вода, попадая в корпус ротора, не оседает в его полости, а выходит вместе с очищаемым топливом через сопла под давлением. Струи топлива с растворенной водой при выходе из сопла ударяются о стенку корпуса. За счет «высоких» ударно-вращательных сил происходит дробление микрочастиц воды и их вскипание. Между корпусом и ротором образуется паровоздушная смесь. Вращение ротора в корпусе сопряжено с образованием завихрения смеси и разряжения. Имеющаяся в верхней части корпуса отверстие и напорная гайка в верхней части барабана ротора способствует забору и проталкиванию паровоздушной смеси в надтопливное пространство емкости 13 и далее через горловину 18 в атмосферу. Для проведения исследований по очистке дизельного топлива и повышению их эксплуатационных свойств изготовлен экспериментальный образец установки (рисунок 4.33).

Изготовление установки проводилось на основе разработанной технической документации в условиях экспериментального производства ФГБНУ ВНИИТиН.

Для определения эффективности очистки топлива и уточнения технических характеристик установки проводилась пробная очистка дизельного топлива, представленного ООО «Акцент – Агро».



Рисунок 4.33 – Общий вид экспериментального образца установки для очистки топлив от примесей и повышения их эксплуатационных свойств

На рисунке 4.34 представлены результаты изменения содержания фактических смол, содержания механических примесей и воды, предельной температуры фильтруемости и смазывающих свойств топлива в зависимости от времени очистки. Очистка проводилась при постоянных значениях температуры топлива 80 ± 5 °С, давлении в системе 7-8 кгс/см, частоте вращения ротора центрифуги 7500 ± 500 об/мин.

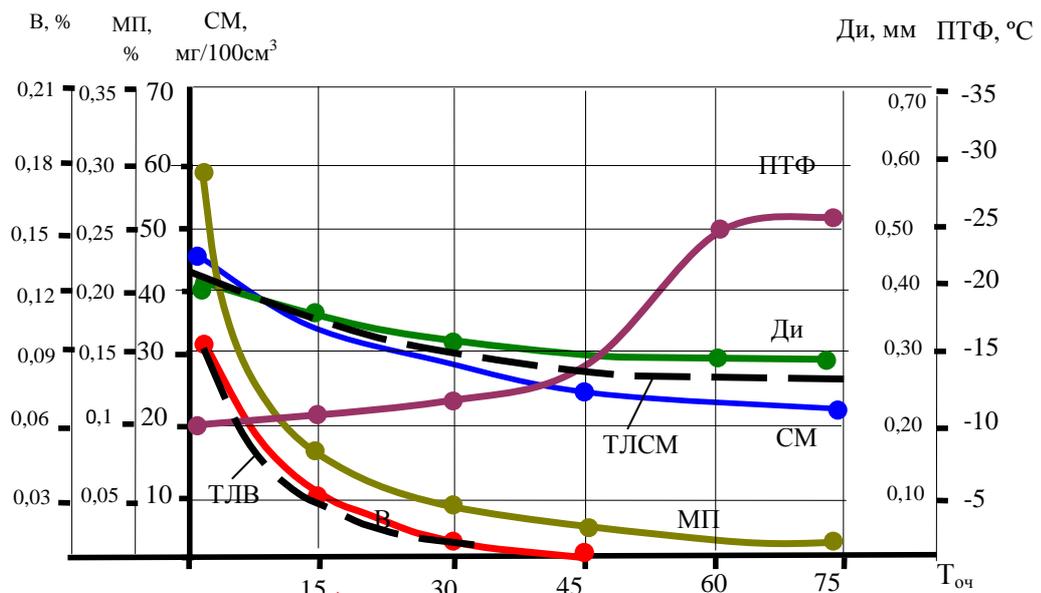


Рисунок 4.34 – Изменение характеристик топлива в процессе очистки и улучшения эксплуатационных свойств

Анализируя результаты испытаний, отметим, что практически все полученные данные очень хорошо корреспондируются с результатами экспериментальных исследований по разработке способа очистки и определению его рациональных параметров. Механические примеси (МП) за время очистки 45 мин удалены практически полностью. Содержание фактических смол (СМ) в очищаемом топливе изменилось с 43 до 25, т.е. практически в два раза. Вода (В), при ее незначительном содержании в исходном топливе, удаляется за 45 мин работы установки до ее полного отсутствия. Эти показатели достаточно хорошо корреспондируются с теоретическими и лабораторными параметрами ТЛСМ, ТЛВ.

Противоизносные свойства топлива (Ди), оцениваемые диаметром пятна износа на ЧШМТ повысились на 20 %. Предельная температура фильтруемости (ПТФ) топлива за 45 мин очистки снизилась с 10°C до 15 °С. Данный факт можно объяснить частичным удалением и диспергированием парафинов, присутствующих в топливе. Внесенная после 45 мин очистки депрессорная присадка позволила изменить ПТФ до -27 °С, что соответствует высоким требованиям Евро стандартов. В таблице 4.14 представлены характеристики дизельного топлива до и после очистки за период воздействия 60 мин.

Таблица 4.14 – Характеристики образцов топлив

Показатели	Дизельное топливо		
	Исходное	После воздействия	ГОСТ Р 52368
Фракционный состав:			
50 % (по объему) перегоняется при температуре, °С, не выше	260	270	280
90 % (по объему) перегоняется при температуре, °С, не выше	365	360	360
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	2,0	2,2	1,5-4,0
Температура застывания, °С	-25	-30	< - 30
Температура помутнения, °С	-5	-10	-10
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-10	-16	-26
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, выше	58	65	55
Кислотность, мг КОН/100 см ³	2,8	1,0	
Содержание фактических смол, мг /100 см ³	43	26	
Содержание механических примесей, %	0,30	отс	отс
Содержание воды, %	0,15	отс	отс
Массовая доля меркаптановой серы, %*	0,15	0,02	
Противоизносные свойства d _{мм} (ЧШМТ)	0,44	0,35	

* - Массовая доля меркаптановой серы оценивалась в аккредитованной лаборатории «Тамбов – Терминал» Роснефть, г. Тамбов.

Проводя анализ данных таблицы 4.14 можно убедиться, что очищенное топливо имеет физико-химические характеристики, близкие по своим значениям к высококачественному топливу по ГОСТ Р 52368. При этом удастся значительно повысить эксплуатационные свойства дизельного топлива. Вместе с тем, показатели исходного дизельного топлива не являются «критическими» при использовании его в сельхозтехнике (за исключением загрязнений, которые могут быть частично задержаны элементарными средствами фильтрации).

Для оценки эффективности очистки дизельного топлива, с характеристиками, близкими к «печному топливу», была проведена очистка топлива, используемого в одном из сельхозпредприятий Тамбовской области.

В соответствии с технологическим процессом очистки дизельное топливо предварительно обрабатывалось серной кислотой (0,1 % масс) при $t = 20$ °С. Топливо перемешивалось и отстаивалось в течение 1 часа. Далее топливо подвергалось очистке и воздействию в обычном порядке, описанном выше.

На рисунке 4.35 показано изменение цвета топлива разработанным способом на экспериментальной установке.



Рисунок 4.35 – Внешний вид топлива до и после очистки

На основании полученных результатов можно утверждать, что разработанный способ очистки топлива и установка для его реализации обладает достаточно высокой эффективностью по удалению всех видов примесей, а достигаемые эксплуатационные характеристики очищенных дизельных топлив могут значительно снизить расход топлива в ДВС, повысить надежность работы двигателя, топливной аппаратуры, снизить загрязненность выхлопных газов, что предопределяет необходимость проведения производственных испытаний технологических процессов и установки для очистки топлива.

4.8. Результаты производственных испытаний способов и оборудования для очистки топлив и повышения эксплуатационных свойств

Производственные испытания технологии очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельного топлива проводились по двум направлениям.

По первому направлению разработанная технология и установка для очистки топлива и улучшения его эксплуатационных свойств проходили в условиях нефтепродуктоснабжающей организации ООО «Акцент – Агро». ООО ТД «Акцент – Агро» поставляет сельскохозяйственным предприятиям Тамбовской, воронежской и Пензенской областей в год более 3 тысяч тонн дизельных топлив.

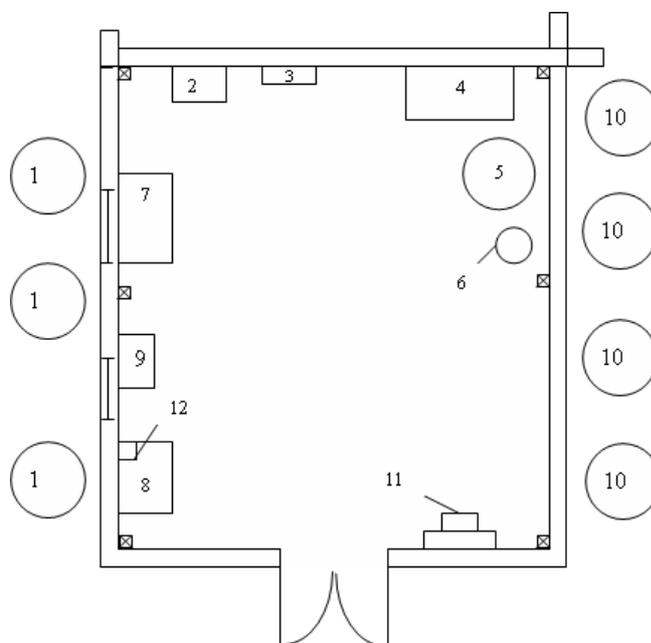
По информации инженерных служб ООО ТД «Акцент – Агро» более 10 % всех приобретаемых у крупных диллеров, хранящихся и далее реализуемых сельхозпроизводителям топлив не соответствует требованиям ГОСТ, ТУ и данным, указанным в сопроводительных документах.

По второму направлению исследований очищенное топливо с улучшенными смазывающими свойствами проходило испытание в тракторах, эксплуатируемых в СХПК ПЗ - колхоз им. Ленина Тамбовского района Тамбовской области.

Оборудование для очистки топлива и повышения его эксплуатационных свойств устанавливалось в помещении, расположенном на территории нефтебазы ООО ТД «Акцент – Агро» п. Платоновка Рассказовского района Тамбовской области.

Решение о необходимости проведения операций очистки топлива от механических примесей и воды, улучшения смазывающих свойств, удаления смол и продуктов окисления, повышения низкотемпературных характеристик дизельного топлива принималось на основании физико – химического анализа проб топлива, проводимого в условиях химической лаборатории ФГБНУ ВНИИТиН, аккредитованной лаборатории анализа нефтепродуктов «Тамбов – Терминал» представительства компании «Роснефть» и экспресс – лаборатории ЭЛТ - 1.

На рисунке 4.36 представлена схема размещения оборудования на участке очистки дизельных топлив и улучшения их эксплуатационных свойств ООО ТД «Акцент – Агро».



- 1 – емкости для топлив, предназначенных для очистки и улучшения свойств $V = 10\text{ м}^3$; 2 – бак для нагрева и коагуляции ; 3 – блок управления; 4 – блок очистки топлив и улучшения их свойств; 5 – емкость для отходов; 6 – емкость для присадок, добавок; 7 – верстак; 8 – лабораторный стол; 9 – шкаф для посуды, реактивов; 10 – емкости для хранения очищенных топлив, топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами $V = 10\text{ м}^3$; 11 – пожарный щит; 12 – экспресс – лаборатория контроля качества топлив
- ЭЛТ – 1 ФГБНУ ВНИИТИН

Рисунок 4.36 – Схема участка очистки топлива и улучшения его эксплуатационных свойств ООО ТД «Акцент – Агро»

Топливо, подлежащее очистке от загрязнений и примесей, закачивалось насосной станцией в резервуары 1. Далее при помощи блока управления 3 дизельное топливо, подлежащее очистке, закачивалось в бак нагрева и коагуляции 2. Откуда через блок 3 подавалось на очистку в блок 4. Операции очистки и улучшения смазывающих и низкотемпературных свойств проводились на основании результатов предварительного анализа, проведенного в химической лаборатории.

Обработанное топливо блоком управления перекачивалось в емкость для хранения 10. Выполнение технологических операций обслуживания блока очистки топлив, разборки, сборки центрифуг и т.д. проводятся на верстаке 7. После завершения операции очистки топлива от примесей, воды, улучшения их свойств проводится контроль показателей.

За период проведения испытаний в период с января 2013 г по октябрь 2014 года очищено от механических примесей, смол, продуктов окисления 45 тонн дизельного топлива, от воды – 64 тонны. Повышены смазывающие свойства 123 тоннам топлива. Доведены до нормативных значений 164 тонны топлива, имеющего неудовлетворительные низкотемпературные характеристики. В общей сложности за время испытаний переработано более 500 тонн дизельного топлива, отправленного в сельхозпредприятия Тамбовской, Пензенской и Липецкой областей. Акт и протокол испытаний технологии и оборудования представлен в Приложении А.

Оценка эффективности работы топлива после его очистки и улучшение смазывающих свойств проводилось в условиях СХПК ПЗ – колхоз им. Ленина Тамбовского района Тамбовской области.

Основанием выбора хозяйства в качестве базового для проведения испытаний очищенных и восстановленных топлив послужило обращение инженерных служб хозяйства о неудовлетворительном качестве приобретенного дизельного топлива и участившихся случаях выхода из строя топливной аппаратуры.

Для проведения испытаний дизельное топливо в объеме 18510 л было подвергнуто очистке от примесей воды, смол. Повышены смазывающие свойства топлива. Очистка топлива проводилась по разработанной технологии.

В таблице 4.15 представлены показатели качества очистки топлива и улучшения их эксплуатационных свойств.

Перед началом испытаний проведена выборочная оценка технического состояния парка тракторов, состоящего из машин марок МТЗ (модификации). Определен расход топлива, установлена дымность выхлопных газов, проверены и очищены форсунки, зафиксировано состояние топливных фильтров и проведена их замена.

Таблица 4.15 – Характеристики дизельного топлива до и после очистки от механических примесей, смол, воды и улучшения смазывающих свойств

Характеристики дизельного топлива	Исходного до обработки	После очистки и улучшения свойств
Фракционный состав:		
50 % перегоняется при температуре, °С	265	270
90 % перегоняется при температуре, °С	364	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	2,1	2,5
Содержание фактических смол, мг/100см ³	48	30
Содержание механических примесей, %	0,05	отс
Содержание воды, %	0,06	отс
Температура помутнения, °С	-15	-18
Температура замерзания, °С	-30	-33
Массовая доля серы, %	0,08	0,02
Противоизносные свойства ди, мм (ЧШМТ)	0,43	0,34

Заправленные очищенным топливом трактора в весенний период 2014 года полевых работ выполняли операции боронования, вспашки, культивации, осуществляли транспортные перевозки и другие сельскохозяйственные работы.

Через 100 часов работ проводился контроль расхода топлива, определялась загрязненность выхлопных газов (рисунки 4.37, 4.38), оценивалась загрязненность и образование нагаров на форсунках.



Рисунок 4.37– Фрагмент определения расхода топлива



Рисунок 4.38– Фрагмент определения загрязненности выхлопных газов

На рисунке 4.39 представлены сравнительные усредненные данные по оценке расхода топлива и определению загрязненности выхлопных газов у трех тракторов марки МТЗ – 1221 до и после очистки топлива и улучшения его эксплуатационных свойств.

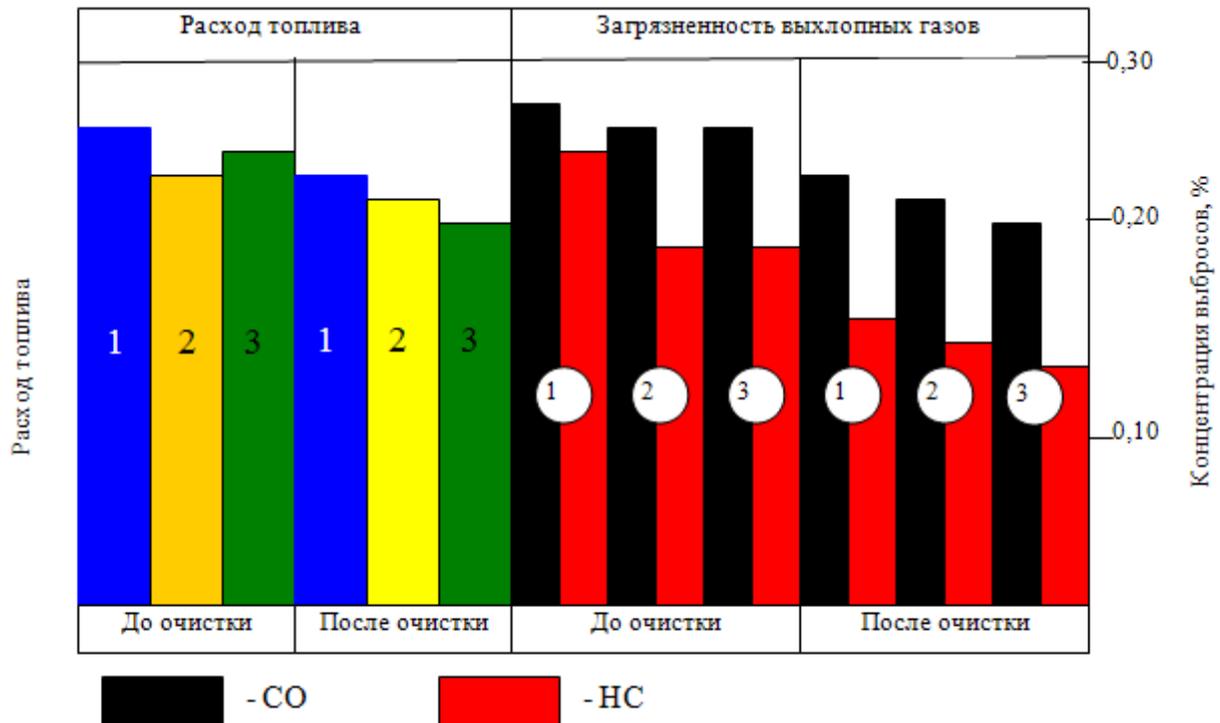
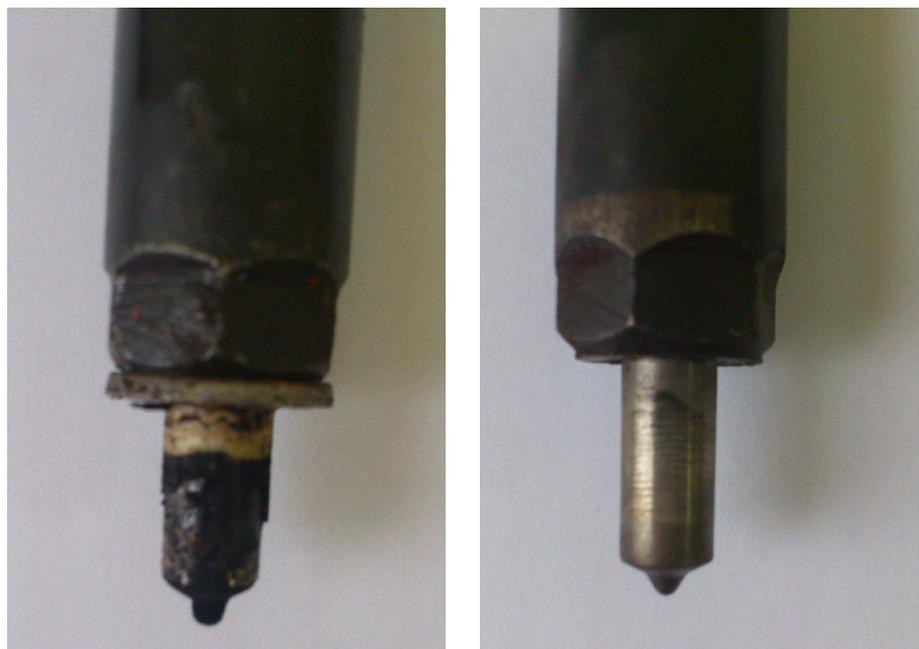


Рисунок 4.39 – Изменение расхода топлива и загрязненность выхлопных газов у тракторов марки МТЗ – 1221, эксплуатируемых на топливах до и после удаления из него примесей и смол по разработанному способу очистки.

В результате испытаний установлено, что при эксплуатации тракторов № 1, 2, 3 (хоз. №21,17,26) на топливе после очистки от примесей под воздействием водного раствора карбамида расход топлива в среднем снижается на 10 – 15 %.

Загрязненность выхлопных газов, оцениваемая на содержание CO и сажи-стых компонентов HC при использовании очищенного топлива снижается на 30...40 %.

Оценка загрязненности форсунок после наработки 100 часов на топливе до очистки и после 100 часов эксплуатации тракторов на топливе после удаления смол показала на существенное различие отложений по их количеству и цвету (рисунок 4.40).



а) топливо без очистки

б) топливо после очистки

Рисунок 4. 40– Загрязненность форсунок после наработки 100 мото-часов на топливе без очистки и после

В первом случае отложения имели черный цвет и обволакивали всю поверхность распылителя форсунок, во втором – количество отложений наблюдалось значительно меньше и они имели светло – коричневый цвет.

Одной из критериальных характеристик эффективности очистки топлива и его качества является загрязненность работающего в двигателе внутреннего сгорания моторного масла. В соответствии с методикой производственных испытаний в тракторах перед началом испытаний проведена замена масла и их анализ по основным физико – химическим характеристикам.

По истечении наработки 250 мото – часов проведена оценка изменения свойств масел М-10Г₂ у трех тракторов марок МТЗ, работающих на очищенном топливе и трех тракторов МТЗ, эксплуатируемых на топливе без очистки (таблица 4.15).

Условия эксплуатации, нагрузочные режимы и техническое состояние испытываемых групп тракторов были приблизительно одинаковыми.

В таблице 4.16 представлены физико – химические характеристики масел после их замены при наработке 250 часов.

Таблица 4.16. – Сравнительная характеристика изменения свойств моторных масел по группам тракторов.

Показатели свойств масла	Трактора эксплуатируемые на топливе до восстановления (I)			Трактора эксплуатируемые на очищенном топливе (II)		
	№ 12	№ 46	№ 48	№ 6	№ 15	№ 32
Вязкость кинематическая, мм ² /с	10,3	10,1	9,9	10,1	10,2	10,1
Содержание механических примесей, %	0,8	0,91	0,85	0,65	0,54	0,60
Содержание нерастворимого осадка, % (смола, асфальте- нов, карбенов, карбоидов)	1,2	1,1	1,0	0,85	0,75	0,64
Температура вспышки, °С	220	218	217	220	224	220
Щелочное число, мг КОН/г	2,5	1,9	2,8	3,0	2,9	3,1
Кислотное число, мг КОН/г	190	1,95	1,8	1,55	1,48	1,44

Анализируя данные таблицы 4.16 следует отметить, что содержание нерастворенного осадка, т.е. смол, продуктов окисления и старения в маслах тракторов II группы, эксплуатировавшихся на очищенном топливе, содержалось на 40..80 % меньше чем у тракторов, работающих на топливе (группа I) без очистки.

Содержание механических примесей в масле у второй группы тракторов также значительно меньше чем у I группы, работающей на топливе с отклонениями от требований ГОСТ, что может косвенно утверждать о снижении износа деталей цилиндра – поршневой группы двигателей тракторов и повышении ресурса работы машин. Акт и протокол испытаний в приложении В.

На основании поставленной цели и задач исследований по повышению эксплуатационных свойств дизельного топлива проводились испытания разрабатываемого способа и технологии изменения низкотемпературных свойств топлива.

Производственные испытания проводились на топливе, представленном ООО «Меркурий», г. Тамбов.

Испытанию подвергалось дизельное топливо, имеющее температуру замерзания -25°С, температуру помутнения -10 °С и предельную температуру фильтруемости -12°С.

Объем топлива 1000 л пропускаться через очистительную установку. Очистка проводилась с использованием водного раствора карбамида в соответствии с разработанной технологией. В качестве депрессорной присадки использовался ДДП – антигель (Россия). В таблице 4.17 представлены сравнительные данные топлива до и после очистки с внесением депрессорной присадки.

Таблица 4.17 – Результаты испытаний технологических процессов повышения низкотемпературных характеристик дизельного топлива (ООО «Меркурий»).

Характеристики топлива	Исходное топливо	Топливо после очистки	Топливо после очистки и внесения ДДП - антигель
Температура замерзания, °С	-25	-28	-32
Температура помутнения, °С	-10	-12	-16
Предельная температура фильтруемости, °С	-12	-15	-25

Анализируя данные, представленные в таблице 4.17, следует отметить, что уже после очистки топлива от примесей под действием водного раствора карбамида в поле центробежных сил (на разработанной установке) удается улучшить низкотемпературные свойства топлива на 15...20 %, а внесение ДДП – антигеля способствует понижению предельной температуры фильтруемости на -10 °С, что позволяет применять данное топливо зимой без ухудшения подачи топливным насосом и возможности образования отложений парафинов на топливных фильтрах.

Акт и протокол испытаний технологического процесса улучшения низкотемпературных свойств дизельного топлива представлен в приложении В.

В целом по результатам производственных испытаний следует отметить достаточно высокую эффективность работы как оборудования для очистки топлива, используемого в условиях нефтепродуктоснабжающих организаций АПК, так и самого топлива, работающего в двигателях внутреннего сгорания тракторов сельскохозяйственного назначения.

На основании проведенных исследований, экспериментального и производственного подтверждения эффективности очистки топлив от смол продуктов окисления, повышение смазывающих и низкотемпературных дизельных топлив

разработана технология очистки топлив и повышения их эксплуатационных свойств в условиях предприятий АПК (Приложение Д).

4.9. Выводы

1. В результате исследований свойств коагулянтов для укрупнения, растворенных в дизельном топливе смол и примесей с целью их последующего удаления установлено, что среди рассмотренных агентов к наиболее эффективным следует отнести карбамид. Для топлив с содержанием фактических смол более 70 мг/100 см³ возможно применение комбинированного агента кислота + карбамид. Оптимальной концентрацией внесения в топлива водного раствора карбамида является 0,1...0,5 % масс. при температуре топлива 90 ± 5 °С. Оптимальной концентрацией внесения серной кислоты в топливо следует принять 0,5 % масс. при температуре 20 °С. Время отстаивания топлива после внесения коагулянтов составляет 60...90 мин в зависимости от состава топлива.

2. Оценка изменения дисперсного состава примесей и загрязнений под действием водного раствора карбамида и серной кислоты показала, что в топливе до проведения операции укрупнения продукты окисления и смолы сосредоточены в основном в дисперсном диапазоне от 0,01 до 1 мкм. Внесение серной кислоты позволяет укрупнить практически растворенные частицы примесей до размеров 10 мкм и более. Что позволяет их удалять доступными и несложными средствами очистки. Данные факты хорошо коррелируются с представленными и теоретическими предпосылками, изложенными в разделе 2.1 теоретической части этой работы.

3. В результате определения рациональных параметров процесса удаления примесей из дизельного топлива установлено, что для очистки топлив после укрупнения смол и продуктов окисления может быть использована реактивная центрифуга. Рациональной частотой вращения ротора центрифуги является 7000...8000 об/мин при температуре нагрева топлива 80 °С. Время, необходимое

для удаления примесей, варьируется в диапазоне от 45 до 60 мин в зависимости от исходной загрязненности топлива.

Проведенные исследования позволили разработать способ очистки дизельного топлива от загрязнений, патент № 2477303.

Для снижения процессов дробления продуктов коагуляции в гидросети очистки следует предусмотреть распределитель потока и фильтр очистки топлива, позволяющие уменьшить время очистки на 10...15 %.

Выбор средства очистки целесообразно проводить по фактору разделения, определяемого по диаграмме коэффициента кратности разделения, рисунок 2.5.

Оценка предельного диаметра частиц, который может быть удален центрифугой по выражению 2.18 показала на состоятельность гипотезы удаления растворенных примесей разработанным способом очистки.

4. Исследование процессов удаления свободной и растворенной воды из дизельного топлива позволили установить, что оптимальными параметрами процесса являются давление в месте очистки $P=8...9$ кгс/см², частота вращения ротора центрифуги $n = 7000...8000$ об/мин, температура топлива 80...90 °С, давление прокачиваемости пара потоком воздуха 0,04-0,07 кгс/см².

5. Улучшение смазывающих свойств топлива может быть достигнуто в процессе очистки топлива за счет действия карбамида практически аналогичное или даже выше действию противоизносных присадок. Противоизносные, смазывающие свойства топлива, оцениваемые диаметром пятна износа, увеличиваются в среднем на 15 % как в случае использования дорогостоящих импортных препаратов.

6. Исследования по улучшению низкотемпературных свойств топлива показали, что внесение в дизельное топливо депрессорной присадки ДДП – антигель позволяет понизить предельную температуру фильтруемости и температуру замерзания топлива на 6...12 °С, а использование технологического приема – внесение депрессорной присадки в очищаемое топливо при оптимальных параметрах: t перемешивания 80 мин, давление в системе $P=4$ кгс/см² за время очистки 60 мин, дополнительно снизить эти характеристики еще на -2...-4 °С.

Оптимальная концентрация смешения депрессорных присадок с дизельным топливом определяется на основании анализа предельной температуры фильтруемости и разработанной номограмме 2.15 (раздел теоретических исследований).

7. На основании проведенных лабораторных и экспериментальных исследований по оптимизации параметров процессов очистки дизельных топлив от механических примесей, смол, свободной и растворенной воды разработана установка и технологический процесс очистки и улучшения эксплуатационных свойств дизельных топлив.

8. В результате производственных испытаний технологического процесса очистки топлив в условиях нефтепродуктоснабжающей организации ООО «Акцент – Агро» установлено, что в дизельное топливо после его очистки содержание фактических смол снижается с 48 мг/100 см³ до 30 мг/100 см³, т.е. как в НТД на высококачественное дизельное топливо класса ЕВРО, механические примеси и вода отсутствуют (в соответствии с требованиями ГОСТ), противоизносные свойства повышаются на 20 %.

При использовании очищенных топлив в двигателях тракторов, эксплуатирующихся в условиях СХПК ПЗ – колхоз им. Ленина Тамбовского района Тамбовской области, установлено снижение расхода топлива в среднем на 10 -15 %, уменьшение загрязненности выхлопных газов на 30...40 %, незначительное снижение количества отложений и загрязнений на форсунках. Установлено снижение содержания смол, асфальтенов в отработавшем 250 часов моторном масле при использовании очищенных топлив на 25...30 % по сравнению с маслами, работающими на топливе без очистки.

Результаты производственных испытаний технологического процесса повышения низкотемпературных свойств в условиях ООО «Меркурий» позволили установить снижение предельной температуры фильтруемости и температуры замерзания топлива в среднем на 6 °С и 12 °С соответственно.

5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

При использовании дизельных топлив с отклонениями от требований стандартов по фракционному составу, содержанию фактических смол, неудовлетворительным смазывающим свойствам, неизбежно снижение ресурса работы двигателя внутреннего сгорания и увеличение расхода топлива. Что приведет к росту затрат на ремонт и восстановление двигателя, дополнительным затратам на горюче-смазочные материалы.

Экономический эффект от использования в двигателях тракторов топлива с улучшенными эксплуатационными характеристиками определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z} + \mathcal{E}_T \quad (5.1)$$

где \mathcal{Z} – затраты на восстановление недоиспользованного ресурса двигателя, руб;
 \mathcal{E}_T – экономический эффект от использования очищенного топлива, руб.

В случае если известна доля топлива, не соответствующего требованиям стандартов, в общем объеме израсходованного топлива, то затраты на восстановление можно определить через величину, на которую уменьшится ресурс двигателя:

$$\mathcal{Z} = C \cdot \Delta T \quad (5.2)$$

где C – стоимость восстановления одного мото-часа ресурса, руб/м-ч; ΔT – величина недоиспользованного ресурса двигателя, м-ч.

Стоимость восстановления одного мото-часа ресурса определяется из выражения:

$$C = S/T \quad (5.3)$$

где S – стоимость восстановления нормативного ресурса данной марки двигателя, руб; T – величина нормативного послеремонтного ресурса данной марки двигателя, мото-час.

Величина недоиспользованного ресурса ΔT определяется по формуле:

$$\Delta T = T - T_B \quad (5.4)$$

T_B – значение ресурса двигателя, работающего на топливе с отклонениями от требований стандартов.

Проведенные ФГБНУ ВНИИТиН исследования показали, что в зависимости от вида показателя качества топлива, по которому происходит отклонение от требований стандартов, ресурс двигателя изменяется с разной скоростью. Тогда фактический ресурс можно определить из выражения:

$$T_B = T(1 - \varphi \Delta q) \cdot \Delta t \quad (5.5)$$

где φ – коэффициент, зависящий от определенного показателя качества топлива, который имеет отклонение от нормативных значений; Δq – доля некондиционного по этому показателю топлива в общем объеме израсходованного за межремонтный период; Δt – доля межремонтного ресурса.

Доля топлива, не отвечающего стандартам, некондиционного, определяется из соотношения:

$$\Delta q = Q_{\text{итн}} / Q_{\text{ит}} \quad (5.6)$$

где $Q_{\text{итн}}$ – количество использованного некондиционного топлива, л; $Q_{\text{ит}}$ – общее количество использованного топлива, л.

Данные для проведения расчетов представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета затрат на восстановление двигателя

№ п/п	Показатель	Обозначение	Значение
1	Коэффициент, зависящий от определенного показателя качества топлива, который имеет отклонение от нормативных значений	φ	0,2
2	Количество использованного некондиционного топлива, л	$Q_{\text{итн}}$	80
3	Общее количество использованного топлива, л.	$Q_{\text{ит}}$	100
4	Величина нормативного послеремонтного ресурса данной марки двигателя, м-ч	T	5000
5	Стоимость восстановления нормативного ресурса данной марки двигателя, руб	S	30000
6	Доля межремонтного ресурса	Δt	0,9

Произведем расчет:

$$\Delta q = 80/100 = 0,8$$

$$T_B = 5000 \cdot (1 - 0,2 \cdot 0,8) \cdot 0,9 = 3780 \text{ м/ч}$$

$$\Delta T = 5000 - 3780 = 1220 \text{ м/ч}$$

$$C = 30000/5000 = 6 \text{ руб}$$

$$З = 6 \cdot 1220 = 7320 \text{ руб}$$

Сведем результаты расчетов в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Затраты на восстановление недоиспользованного ресурса двигателя

№ п/п	Показатель	Обозначение	Значение
1	Доля топлива, не отвечающего стандартам	Δq	0,8
2	Фактический ресурс двигателя, м-ч	T_B	3780
3	Недоиспользованный ресурс двигателя, м-ч	ΔT	1220
4	Стоимость восстановления одного мото-часа ресурса, руб	C	6
5	Затраты на восстановление недоиспользованного ресурса двигателя, руб	$З$	7320

Подставив полученные значения в выражение (5.2), определено, что при использовании топлива с отклонениями от нормативных значений, затраты на использование тракторов и их ремонт увеличиваются практически на 50 – 70 %.

Для оценки и экономического обоснования эффективности работы способа и оборудования для очистки топлив и повышения их эксплуатационных свойств, проведем расчет экономического эффекта от внедрения образующегося за счет снижения затрат на эксплуатационные расходы.

Экономический эффект от использования очищенного топлива, связанного с внедрением нового способа и установки для очистки топлива и улучшения его эксплуатационных свойств определяется по формуле:

$$Эт = З_B - З_H \quad (5.7)$$

где $З_B$ – затраты при использовании некондиционного топлива, руб; $З_H$ – затраты при использовании очищенного топлива, руб.

Затраты при использовании некондиционного топлива определяем по формуле:

$$Z_B = P \cdot C_{1л} \quad (5.8)$$

где P – расход топлива одного трактора в год, л; $C_{1л}$ – цена одного литра дизельного топлива, руб.

Расход топлива одного трактора в год определяем из выражения:

$$P = D_{экс} \cdot P_{см} \quad (5.9)$$

где $D_{экс}$ – дни эксплуатации; $P_{см}$ – расход за смену, л.

Затраты при использовании очищенного топлива определяем по формуле:

$$Z_H = P \cdot k_{эф} \cdot C_{1л/от} \quad (5.10)$$

где $k_{эф}$ – коэффициент, уменьшающий расход топлива, за счет увеличения качества топлива после очистки; $C_{1л/от}$ – цена одного литра очищенного дизельного топлива, руб.

Цена одного литра очищенного дизельного топлива определяется из выражения:

$$C_{1л/от} = C_{1л} + C_T \quad (5.11)$$

где C_T – себестоимость очистки 1 литра топлива, руб.

Себестоимость очистки 1 литра топлива определяем по формуле:

$$C_T = C_{ВП}/Q \cdot D_{экс} \quad (5.12)$$

где $C_{ВП}$ – себестоимость топлива при его внутрихозяйственном получении, руб;
 Q – производительность очистки (установки для топлива) за смену, л.

Себестоимость топлива при его внутрихозяйственном получении определяем по формуле:

$$C_{ВП} = ЗП + СВ + М + З_{сод} + A_{ОПФ} + З_{проч} \quad (5.13)$$

где $ЗП$ – суммарная заработная плата в зоне ежедневного обслуживания; $СВ$ – страховые взносы (отчисления); $М$ – затраты на материалы, реактивы, присадки, руб; $З_{сод}$ – затраты на содержание оборудования, руб; $A_{ОПФ}$ – амортизация основных производственных фондов; $З_{проч}$ – прочие расходы, которые относятся к данному подразделению.

Суммарная заработная плата в зоне ежедневного обслуживания:

$$ЗП = N \cdot C_{\text{ср.ч.}} \cdot T, \quad (5.14)$$

где $C_{\text{ср.ч.}}$ – средняя часовая тарифная ставка рабочих, руб/час; η – коэффициент, учитывающий рост производительности труда рабочих; T – годовой фонд рабочего времени, час; N – количество рабочих, чел.

Отчисления от фонда заработной платы (страховые взносы):

$$СВ = ЗП \cdot 0,3 \quad (5.15)$$

где Π – процент обязательных страховых взносов.

Затраты на содержание оборудования:

$$З_{\text{сод}} = C_{\text{об}} \cdot 0,1 \quad (5.16)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования, руб.

Амортизация основных производственных фондов:

$$A_{\text{ОПФ}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{ам}}}{100}, \quad (5.17)$$

где $H_{\text{ам}}$ – норма амортизационных отчислений по производственному оборудованию, %.

Норма амортизационных отчислений по производственному оборудованию:

$$H_{\text{ам}} = \left(\frac{1}{n} \right) \cdot 100\%, \quad (5.18)$$

где n – срок использования производственных фондов, лет.

Прочие расходы:

$$З_{\text{проч}} = ЗП \cdot 0,03 \quad (5.19)$$

Капитальные вложения:

$$E_{\text{кв}} = C_{\text{об}} + M \quad (5.20)$$

Данные для проведения расчетов экономического эффекта от использования очищенного топлива представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Исходные данные для расчета экономического эффекта от использования очищенного топлива

№ п/п	Показатель	Обозначение	Значение
1	Цена одного литра дизельного топлива, руб/л	$C_{1л}$	33
2	Дни эксплуатации, дни	$D_{\text{экс}}$	305
3	Расход одного трактора за смену, л	$P_{\text{см}}$	100
4	Производительность очистки установки для топлива за смену, л	Q	1000
5	Срок использования производственных фондов, лет	n	8
6	Стоимость оборудования, руб	$C_{\text{об}}$	150000
7	Затраты на материалы, реактивы, присадки, руб	M	5000
8	Средняя часовая тарифная ставка рабочих, руб/час	$C_{\text{ср ч}}$	70
9	Количество рабочих, чел	N	2
10	Годовой фонд рабочего времени, час	T	2440

Произведем расчет:

$$E_{\text{КВ}} = 150000 = 5000 = 155000 \text{ руб}$$

$$ЗП = 2 \cdot 70 \cdot 2442 = 341600 \text{ руб}$$

$$З_{\text{проч}} = 341600 \cdot 0,03 = 10248 \text{ руб}$$

$$: З_{\text{сод}} = 150000 \cdot 0,1 = 15000 \text{ руб}$$

$$СВ = 341600 \cdot 0,3 = 102480 \text{ руб}$$

$$H_{\text{ам}} = \left(\frac{1}{8}\right) \cdot 100 = 12,5$$

$$A_{\text{онф}} = \frac{150000 \cdot 12,5}{100} = 18750 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ВП}} = 341600 + 102480 + 5000 + 15000 + 18750 + 10248 = 585310 \text{ руб}$$

$$C_T = \frac{585310}{1000 \cdot 305} = 1,9 \approx 2 \text{ руб / л}$$

$$P = 305 \cdot 100 = 30500 \text{ л}$$

$$З_B = 30500 \cdot 33 = 1006500 \text{ руб}$$

$$C_{1л/ом} = 33 + 2 = 35 \text{ руб / л}$$

$$З_H = 30500 \cdot 0,8 \cdot 35 = 854000 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_T = 1006500 - 854000 = 152500 \text{ руб}$$

Сведем результаты расчетов затрат на очистку топлива в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Затраты и экономический эффект от использования очищенного топлива

№ п/п	Показатель	Обозначение	Значение
1	Капитальные вложения, руб	E_{KB}	155000
2	Суммарная заработная плата в зоне ежедневного обслуживания, руб	ЗП	341600
3	Прочие расходы, руб	$Z_{проч}$	10248
4	Затраты на содержание оборудования, руб	$Z_{сод}$	15000
5	Отчисления от фонда заработной платы, руб	СВ	102480
6	Амортизация основных производственных фондов, руб	$A_{опф}$	18750
7	Себестоимость топлива при его внутрхоззяйственном получении, руб	$C_{вп}$	585310
8	Затраты при использовании некондиционного топлива, руб	Z_B	1006500
9	Затраты при использовании очищенного топлива, руб	$Z_{н}$	854000
10	Экономический эффект от использования очищенного топлива, руб	ЭТ	152500

Экономический эффект от использования очищенного топлива за расчетный период составит 152500 рублей, образующиеся за счет сокращения расхода топлива.

Общий экономический эффект от внедрения нового способа и установки для очистки топлива и повышения его эксплуатационных свойств составит:

$$\mathcal{E} = 7320 + 1525000 = 159820 \text{ руб}$$

Определяем срок окупаемости:

$$C_{ок} = E_{KB} / \mathcal{E} \quad (5.21)$$

$$C_{ок} = 155000 / 159820 = 0,97 \text{ года}$$

Поскольку срок окупаемости меньше года, то проектное предложение экономически эффективно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ свойств дизельных топлив показал, что основными, влияющими на надежность и эффективность работы двигателей, являются фракционный состав, содержание фактических смол и примесей, противоизносные и низкотемпературные характеристики. Отклонение от норм которых снижает срок службы топливной аппаратуры в **5 – 6 раз** и увеличивает расход топлива на **15 – 20 %**. Более **30 %** топлив, используемых в АПК, имеют отклонения от требований ГОСТ. Известные способы и технологии для улучшения эксплуатационных свойств топлив сложны и недостаточно адаптированы к использованию в условиях сельскохозяйственного производства.

2. В результате теоретического анализа установлено, что присутствующие в топливе смолы, сера и продукты окисления для их удаления должны быть предварительно укрупнены. Что позволило обосновать способ удаления примесей из дизельного топлива под действием карбамида и комбинаций других доступных коагулянтов. Аналитически установлено, что скорость удаления примесей в поле центробежных сил зависит от диаметра частиц, который меняется в результате коагуляции, предельный диаметр частиц, которые могут быть высажены центрифугой, зависит от эффективности работы коагулянта и параметров технического средства осаждения.

3. Процесс удаления свободной и растворенной воды зависит от количества тепла, необходимого для превращения воды в пар, давления топлива в системе и размера капель воды, оседающих в корпусе центрифуги и удаляемых за счет ударного взаимодействия струи со стенкой корпуса центрифуги, что позволяет рассчитать рациональные конструктивно – технологические характеристики средства очистки.

Рациональные характеристики процесса смешивания дизельного топлива с депрессорными присадками зависят от исходных низкотемпературных свойств топлива, а определение концентрации внесения присадок в топливо должно про-

водиться по номограмме на основе анализа предельной температуры фильтруемости и замерзания.

4. В результате экспериментальных исследований установлено, что для укрупнения смол и продуктов окисления в дизельном топливе для их последующего удаления необходимо использовать водный раствор карбамида и в некоторых случаях серную кислоту, оптимальной концентрацией внесения является **0,5 %**. Оптимальными параметрами процесса удаления примесей и растворенной воды является температура **80...90 °С**, частота вращения ротора центрифуги $n = 7000...8000$ об/мин, давление прокачиваемости пара **0,04-0,07 кгс/см²**. Разработанный способ очистки топлива (**патент № 2477303**) и установка для его осуществления позволяет удалять все виды загрязнений, повышать смазывающие свойства топлива в среднем на **15 %** и низкотемпературные характеристики топлив на **6...12 °С**. По результатам исследований разработан технологический процесс очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив.

5. В результате производственных испытаний технологического процесса очистки топлив в нефтепродуктоснабжающей организации ООО «Акцент – Агро» установлено, что изначально некачественное и восстановленное топливо имеет показатели, аналогичные топливам класса ЕВРО, а смазывающие свойства на **20 %** превышают начальные значения. При использовании очищенных топлив в двигателях тракторов МТЗ (модификации), эксплуатирующихся в условиях СХПК ПЗ – колхоз им. Ленина Тамбовского района Тамбовской области, установлено снижение расхода топлива в среднем на **10 - 15 %**, уменьшение загрязненности выхлопных газов на **30...40 %**, снижение количества образующихся нагаров на поверхностях форсунок и уменьшение следов износа на деталях топливных насосов, а работавшее в двигателях моторное масло за 250 часов наработки содержало смол, асфальтенов, карбоидов на **30 %** меньше по сравнению с маслом, работающим в двигателе на топливе без очистки. Испытания технологического процесса повышения низкотемпературных свойств дизельных топлив в условиях ООО «Меркурий» позволяют констатировать факт понижения предельной температуры фильтруемости топлива и температуры замерзания более чем на **- 10°С**.

6. Экономический эффект от внедрения разработанного способа очистки дизельных топлив, установки для повышения их эксплуатационных свойств составляет за расчетный период **159820** рублей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Школьников В.М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости [Текст]. Москва: Техинформ, 1999. 596 с.
2. Остриков В.В., Нагорнов С.А., Клейменов О.А., Прохоренков В.Д., Курочкин И.М. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости [Текст]. Тамбов: ТГТУ, 2008. 304 с.
3. Остриков В.В., Уханов А.П., Клейменов О.А., Сафаров К.У., Нагорнов С.А., Прохоренков В.Д. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Текст]. Ульяновск: УГСХА, 2009. 576 с.
4. Остриков В.В., Нагорнов С.А., Клейменов О.А., Булавин С.А., Стребков С.В. Топливо, смазочные и консервационные материалы [Текст]. Белгород: БГСХА, 2008. 262 с.
5. Папок К.К. Словарь по топливам, маслам, смазкам, присадкам и специальным жидкостям. Химмотологический словарь [Текст]. Москва: Химия, 1975. 392 с.
6. Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости [Текст]. Москва: Машиностроение, 1985. 200 с.
7. Лышко Г.П. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости [Текст]. Москва: Колос, 1979. 256 с.
8. Остриков В.В., Нагорнов С.А., Гафуров И.Д. Топливо и смазочные материалы. Учебное пособие. – Уфа:БГАУ, 2006. - 292 с.
9. Григорьев М.А., Борисов Г.В. Очистка топлива в двигателях внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1991. - 208 с.
10. Коваленко В.П., Турчанинов В.Е. Очистка нефтепродуктов от загрязнения. -М.: Недра, 1990. -160 с.
11. Коваленко В.П., Лоскутов В.С. Снижение обводненности и загрязненности топлива в баках мобильных машин //Тракторы и эксплуатация машинотракторных агрегатов: Сб. науч. тр. МГАУ. - М.: МГАУ, 1999. - С. 36-44.

12. Чертков Я.Б., Рыбаков В.П., Зрелов В.Н. Предотвращение загрязнений и очистка топлив. - М: Химия, 1970. - 224 с.
13. Коваленко В.П. Обеспечение чистоты автомобильного топлива при эксплуатации подвижного состава //Транспорт в сельском хозяйстве. - Сб. науч. тр. МГАУ. - М.: МГАУ, 1999. -С. 54-62.
14. Коваленко В.П., Ильинский А.А. Основы техники очистки жидкостей от механических загрязнений.- М.: Химия, 1982. - 272 с.
15. Архипов А.А. Оценка чистоты дизельного топлива по весовому составу загрязнений //Труды ГОСНИТИ. - М.: ГОСНИТИ, 1974. Т. 39. - С. 162-170.
16. Скарлыкин А.Н. К вопросу обезвоживания дизельных топлив отстаиванием // Совершенствование ресурсосберегающих технологий и технических средств производства сельхозпродукции: Сб. матер, научн.-практ. конф. «Проблемы АПК и пути их решения». - Пенза: Пензенская ГСХА, 2003. - С. 9-11.
17. Удлер Э.И., Петров Г.Г., Руденко А.И. Обоснование требований к фильтрам предварительной очистки топлива // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1985. -№ 10. - С. 23-24.
18. Рыбаков К.В., Зыков С.А., Симоненко А.В. Многоступенчатый фильтр для очистки дизельного топлива //Международная научн.-практ. конф., посвященная памяти академика В.П. Горячкина: Доклады и тезисы.- М.: МГАУ, 1998.Т.1. - С. 169-171.
19. Кузнецов М.Е. Обезвоживание дизельных топлив в нефтехозяйствах колхозов и совхозов статическими сепараторами: Автореф. ... канд. техн. наук, - М.: МИИСП им. В.П. Горячкина, 1984. - 16 с.
20. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов. - Л.: Недра, 1982.-350 с.
21. Гуревич А. Доверяй, но проверяй (о необходимости усиления контроля за качеством нефтепродуктов) // Хозяин. - 1991. -№ 12. - С. 40.
22. Рыбаков К.В., Шевченко В.П., Удлер Э.И. Предотвращения загрязнения дизельного топлива в баках машин // Техника в сельском хозяйстве. 1983. - № 3. - С. 38-39.

23. Коваленко В.П. Борьба с потерями нефтепродуктов от загрязнения и обводнения // Техника в сельском хозяйстве. 1982. - № 3. - С. 35-36.

24. Рыбаков К.В. Влияние степени загрязненности топлива на работоспособность плунжерных пар // Техника в сельском хозяйстве. 1983. - № 10. - С. 46-47.

25. Калячкин И.Н. Причины загрязненности дизельного топлива водой и механическими примесями на нефтескладах сельскохозяйственных предприятий // Повышение эффективности использования автотракторной и сельскохозяйственной техники: Межвузов, сбор. науч. тр. 16 регион, научн.-практ. конф. вузов Поволжья и Предуралья. - Пенза: РИО ГСХА, 2005. - С. 69-72.

26. Рыбаков К.В., Карпекина Т.П. Повышение чистоты нефтепродуктов. - М.: Агропромиздат, 1986. - 111 с.

27. Рыбаков К.В., Коваленко В.П., Турчанинов В.Е. Очистка нефтепродуктов от механических примесей и воды. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1974. - 77 с.

28. Лебедев В.В. Совершенствование процесса очистки дизельного топлива при приеме и выдаче на нефтескладах сельхозпредприятий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2003. - 17 с.

29. Власов П.А. предотвратить загрязнение топлива // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1988. - № 2. - С. 45-46.

30. Шафигуллин Ф.Г., Архипов А.М. Снижение загрязнений дизельного топлива // Совершенствование использования сельхозтехники: сб. науч. тр. Казанского ветеринарного ин-та им. Н. Баумана. - Казань: Казанский ВИ, 1988. ч. 2. - С. 80-85.

31. Удлер Э.И., Руденко А.И., Петров Г.Г. Некоторые результаты исследования загрязненности дизельных топлив при эксплуатации сельхозтехники в Сибири // Труды ГОСНИТИ. - М.: ГОСНИТИ, 1985. Т. 74. - С. 83-88.

32. Гридяев А.Ф. Повышение чистоты дизельного топлива // Проблемы обеспечения работоспособности машинно-тракторного парка: Сб. науч. тр. Воронежского СХИ им. К.Д. Глинки. - Воронеж: ВСХИ, 1990. - С. 47-51.

33. Рыбаков К.В., Симоненко А.В., Зыков С.А. Повышение чистоты топлива -основа улучшения его использования в сельском хозяйстве // Сельскохозяйственные тракторы и тракторные двигатели: Сб. науч. тр. МГАУ. - М.: МГАУ, 1996. - С. 78-83.

34. Рыбаков К.В., Коваленко В.П., Борзенков В.А. Пути совершенствования систем обеспечения чистоты нефтепродуктов на складах агропромышленных предприятий // Энерготехнологические средства сельскохозяйственного назначения и технические системы: Сб. науч. тр. МГАУ - М: МГАУ, 1989. - С. 38-41.

35. Калимуллин Р.Ф. Резервы обеспечения качества дизельного топлива в условиях АПК // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Сб. докл. 6 Росс. научно-техн. конф. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. - С. 104-107.

36. Нагорнов С.А. Нефтехозяйство сельскохозяйственных предприятий и его влияние на качество используемых нефтепродуктов // Материалы МНТК. – Млсква, ГНУ ГОСНИТИ, 2004. – С. 207-212.

37. Итинская Н.И. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям [Текст]. Москва. 1982. 208 с.

38. Чертков Я.Б., Рыбаков В.П., Зрелов В.Н. Загрязнения и методы очистки топлив. -М.: Химия, 1970.-239 с.

39. Государственный надзор за соблюдением правил транспортирования, хранения и расходования нефтепродуктов. Методические указания для слушателей факультета повышения квалификации государственных инженеров-инспекторов Госсельтехнадзора. - Иркутск: Иркутский СХИ, 1982. - 49 с.

40. Удлер Э.И. Повышение эффективности очистки нефтепродуктов в сельском хозяйстве средствами фильтрации: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. - М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 1988. - 32 с.

41. Карташевич А.Н., Кондраль А.Е. Исследование процесса обезвоживания дизельного топлива в неоднородном электрическом поле // Изд. Акад. аграрн. наук Республики Беларусь. - 2000. - № 3.- С. 85-90.

42. Борзенков В.А., Гулимов В.И., Зрелов В.Н., Постникова Н.Г. Контроль качества нефтепродуктов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1990.-№ 5.-С. 46.

43. Варгафтик Н.Б., Голубцов В.А., Степаненко Н.Н. Электрический метод определения влажности нефтепродуктов - М.-Л.: ОГИЗ Гостехиздат, 1947.- 59 с.

44. Вдовин СМ. Акустический метод определения микрочастиц твердой фазы в жидких топливах 35. Романцова СВ., Нагорнов С.А. Влияние окислительных процессов на экономию нефтепродуктов при хранении // Энергосбережение в сельском хозяйстве: Тез. докл. междунар. научн. - техн. конф. (г. Москва, ВИЭСХ, 1998). 4.1. М., 1998. С. 95-97.

45. Нагорнов С.А., Клиот М.Б., Романцова С.В. Сохранение качества дизельного топлива при его хранении // Транспорт в сельском хозяйстве: Сб. науч. тр. / МГАУ им. В.П. Горячкина Г М., 1999. С. 52-54.

46. Клейменов О.А., Остриков В.В., Нагорнов С.А. О повышении эффективности использования нефтепродуктов в АПК // Вестник Росс, академ. сельскохоз. наук. 2001. № 4.С. 16-17.

47. Остриков В.В., Нагорнов С.А. Концептуальные предпосылки повышения эффективности использования нефтепродуктов в АПК // Техника в сельском хозяйстве. 2002. № 4. С. 24-27.

48. Нагорнов С.А., Романцова СВ., Матвеев О.В. Экспресс-анализ качества светлых нефтепродуктов / Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей: // Сб. научн. тр. международ. научно-техн. конф. (г. Санкт-Петербург)

49. Нагоронов С.А. «09.03.07.02 Разработать научную концепцию сохранения качества светлых нефтепродуктов, используемых в АПК». ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, Тамбов, Отчет о НИР (заключительный), 2007.

50. Булатников В.В. Как улучшить качество нефтепродуктов? // Мир нефтепродуктов. 2000. № 4. С. 20.

51.Остриков В.В., Корнев А.Ю, Бектилезов А.Ю. «09.04.07.07 Разработать способы повышения эффективности использования нефтепродуктов в сельскохо-

зьяйственной технике зарубежного производства», ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, Тамбов, Отчет о НИР (промежуточный), 2013.

52. Остриков В.В., Клейменов О.А., Тупотилов Н.Н., Шелохвостов В.П., Корнев А.Ю. Повышение эффективности использования смазочных материалов в узлах и агрегатах сельскохозяйственной техники (анализ, теория, исследования и практика) [Текст]. Воронеж: Истоки, 2008. 160 с.

53. Остриков ВВ. "05.20.03 Повышение эффективности использования смазочных материалов путем разработки и совершенствования методов, технологий и технических средств [Текст]," ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, Тамбов, дис. докт. техн. наук. 2000. 560 с.

54. Остриков В.В., Клейменов О.А., Баутин В.М. Смазочные материалы и контроль их качества в АПК [Текст]. Москва: Росинформатех, 2003. 172 с.

55. Аллилуев В.А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст]. Москва: Агропромиздат, 1991. 367 с.

56. Leslie R. Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants: Chemistry and Technology [Текст]. Second Edition, 2013. 445 pp.

57. Петров И.А. Автомобильные масла, смазки, присадки [Текст]. Москва: Машиностроение, 2001. 250 с.

58. // http://www.fulleren.com/item_family_carbone_fulleren.php: [сайт]. [2014].

59. Сазонов В.Н., Остриков В.В., Сазонова Д.Д. Доступность и повышение эффективности использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах. Вестник Челябинской гос. аграрной академии, 2014. – Том 68. – с. 76-83.

60. Шевырева Е.А. Автомобильные эксплуатационные материалы зарубежного производства [Текст]. Волгоград: ВТК, 2013. CD-диск.

61. Сафаров К.У. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Текст]. Ульяновск: УГСХ, 2001. 128 с.

62. Уразгалеев Т.К., Остриков В.В., др. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости [Текст]. Уральск: Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, 2011. 402 с.

63. Пат. 93002426 Российская Федерация, МПК C10G17/02. Способ очистки дизельного топлива [Текст] / Стремовский Р.А., заявитель и патентообладатель Стремовский Р.А. - № 93002426/04; заявл. 12.01.1993; опубл. 20.09.1995.

64. Пат. 2163979 Российская Федерация, МПК F02M31/16, F02M37/22, B04B1/08. Способ комплексной обработки дизельного топлива и вихревой аппарат [Текст] / Зеге О.Н., Жарченков Ю.Н., Митусова Т.Н., Мишин А.И., Попов А.С., Цивулин А.В., заявитель и патентообладатель Мишин А.И. - № 99117061/06; заявл. 05.08.1999; опубл. 10.03.2001.

65. Пат. 2105184 Российская Федерация, МПК F02M29/00, F02M31/16, F02M37/22, F02M43/00, F02M25/025. Способ обработки дизельного топлива [Текст] / Зеге О.Н., Жарченков Ю.Н., Митусова Т.Н., Мишин А.И., Цивулин А.В., заявитель и патентообладатель Товарищество с ограниченной ответственностью фирма "ДИТО". - № 96103451/06; заявл. 27.02.1996; опубл. 20.02.1998.

66. Пат. 2131534 Российская Федерация, МПК F02M29/02, F02M25/032, F02M31/02. Способ комплексной обработки дизельного топлива [Текст] / Жарченков Ю.Н., Мишин А.И., Попов А.С., заявитель и патентообладатель Жарченков Ю.Н., Мишин А.И., Попов А.С. - № 97121645/06; заявл. 30.12.1997; опубл. 10.06.1999.

67. Пат. 2196902 Российская Федерация, МПК F02B47/02, F02M43/00. Способ обработки дизельного топлива и установка для его осуществления [Текст] / Биглер В.И., Сенько Ю.Е., заявитель и патентообладатель Биглер В.И., Сенько Ю.Е. - № 2001113400/06; заявл. 15.05.2001; опубл. 20.01.2003.

68. Пат. 2375411 Российская Федерация, МПК C10G31/00, C10G31/08, C10G32/00. Способ очистки дизельного топлива и установка для его реализации [Текст] / Еськов-Сосковец В.М., Фенёв А.И., Столоногов И.Г., Еськов-Сосковец М.В., Еськова-Сосковец З.П., Ядута А.П., Тиньков Л.А., Калинин Н.Ф., Дмитриев Н.Г., заявитель и патентообладатель Еськов-Сосковец В.М. - № 2008122468/04; заявл. 06.06.2008; опубл. 10.12.2009.

69. Пат. 2392031 Российская Федерация, МПК B01D29/11. Устройство и способ очистки дизельного топлива [Текст] / Абдеркадер Али Хазан Хамдан, за-

явитель и патентообладатель Абдеркадер Али Хазан Хамдан. - № 2003129951/15; заявл. 08.10.2003; опубл. 20.06.2010.

70. Пат. 97103912 Российская Федерация, МПК C10G31/00, C10G31/09, F02M37/22. Способ и устройство дополнительной обработки дизельного, в том числе обводненного и загрязненного, топлива [Текст] / Чанкин В.В., Тайц В.В., заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество Научно-исследовательский институт транспортного строительства. - № 97103912/04; заявл. 14.03.1997; опубл. 27.04.1999.

71. <http://npocosystems.com/tehnologicheskoye-oborudovaniye/proizvodstvo-i-izgotovlenie-ne-standartnogo-oborudovaniia>[сайт]. [2014].

72. http://www.zeo-sar.ru/rus/equipment/regeneration_liquid/uvr.html [сайт]. [2014].

73. http://reason.io.ua/s15931/ustanovka_po_ochistke_nizkosortnyh_topliv [сайт]. [2014].

74. http://www.intech-gmbh.ru/diesel_oil_cleaning.php [сайт]. [2014].

75. <http://www.npob64.ru/sog-913kt1m-stend-ochistki-zhidkostey-stend-ochistki-masla> [сайт]. [2014].

76. <http://www.npob64.ru/sc-3-centrobezhnyy-separator-ochistka-otrabotannogo-masla> [сайт]. [2014].

77. <http://www.everest-74.ru/news/2365> [сайт]. [2014].

78. <http://rosproizvoditel.ru/goods/2795-prisadka-dlya-dizelnogo-topliva> [сайт]. [2014].

79. <http://www.toplivopromprisadki.ru> [сайт]. [2014].

80. <http://www.afuelsystems.com/ru/trga/deprolux.html> [сайт]. [2014].

81. Остриков В.В. Способ очистки отработанных моторных масел // Химия и технология топлив и масел, 1998, № 5, с. 28-29.

82. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст]. 2-е пер. и доп.-е изд. Москва: Химия, 1988. 464 с.

83. Пригожин И.Р. Молекулярная теория растворов [Текст]. Москва: Металлургия, 1990. 360 с.

84. Бремер Г.И. Жидкостные сепараторы [Текст]. Москва: Машгиз, 1957. 240 с.
85. Григорьев М.А., Покровский Г.П. Автомобильные и тракторные центрифуги (теория, конструкция, расчет и эксплуатация) [Текст]. Москва: Машиностроительная литература, 1961. 192 с.
86. Соколов В.И. Современные промышленные центрифуги [Текст]. 2-е пер. и доп.-е изд. Москва: Машиностроение, 1976.
87. Григорьев М.А. Очистка масла и топлива в двигателях внутреннего сгорания [Текст]. Москва: Машиностроение, 1970. 217 с.
88. Рыбаков К.В., Гушин В.А., Остриков В.В. Центрифуга для очистки масла. патент № 1804348 В 04 В 1100, 11/02
89. Остриков В.В., Коновалов В.И. Интенсификация обезвоживания отработанных масел при их регенерации // Химия и технология топлив и масел. – 1998. - № 4. С. 31-32.
90. Остриков В.В. Обезвоживание масел // Вестник РАСХН. – 2000. - № 6. - С. 72-74.
91. Остриков В.В. Удаление воды из моторных масел//Двигателестроение – 2000. - № 4. - С. 26-28.
92. <http://onlyautonews.ru/> [сайт]. [2014].
93. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник под редакцией В.М. Школьников. Москва: Химия, 1989, 596 с.
94. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам [Текст]. Москва: Химия, 1985. 312 с.
95. Дорогин А.Д., Якунин Н.Н. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие [Текст]. ОГУ, 2001. 146 с.
96. Остриков В.В., Булавин С.А., Стребков С.В., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И. Топливо, смазочные и консервационные материалы. ФГОУ ВПО «Белгородская ГСХА». Белгород. 2008. 237 с.

97. Остриков В.В., Нагорнов С.А., Прохоренков В.Д., Курочкин И.М. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет». Тамбов. 2008. 302 с.

98. Остриков В.В., Уханов А.П., Сафаров К.У., Нагорнов С.А., Клейменов О.А., Прохоренков В.Д. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСА». 2009. 575 с.

99. Остриков В.В., Кашникова Л.В. Новая методика определения содержания общей серы в дизельном топливе. // Вестник РАСХН. – 1999 - № 3. – С. 69-81.

100. Остриков В.В., Кашникова Л.В. Определение содержания общей серы в дизельном топливе // Сб. научных трудов ВИМ. – 2000. - том 133. – С. 195-200.

101. Остриков В.В. Изменение состава частиц загрязнений при очистке отработанного масла. // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. - № 3. – С. 34-35.

102. Зонтаг Г., Штрэнге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем [Текст]. Москва: Химия, 1973. 148 с.

103. Остриков В.В., Сокол С.А., Шелохвостов В.П. Воздействие карбамида на противоизносные свойства моторного масла. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. - № 2. – С. 12-13.

104. Остриков В.В., Бектилезов А.Ю. Повышение степени чистоты и смазывающих свойств дизельного топлива для снижения износа деталей машин. // Труды ГОСНИТИ, 2012. Т. 109. – С. 94-97.

105. Итинская Н.И., Кузнецов Н.А., Быстрицкая А.П. Экономное использование нефтепродуктов [Текст]. Москва: Колос, 1984. 175 с.

106. Уразгалеев Т.К., Остриков В.В., Турлыбаев Х.Т., Бектилезов А.Ю. Влияние обводненности горюче – смазочных материалов на работу систем и механизмов автомобильной техники. Материалы Международной научно – практич. конференции «Современные интеграционные приоритеты науки: от исследований до инноваций», посвященной 50 летию Западно – Казахстанского аграрно – тех ун-та им. Жангир хана 30 мая – 1 июня 2013 г. Уральск. Часть II – С. 269-274.

107. Остриков В.В., Клейменов О.А., Нагорнов С.А. О повышении эффективности использования нефтепродуктов в АПК // Вестник РАСХН. – 2001. - № 4.

- С. 16-17.

108. Остриков В.В. Концепция повышения эффективности использования смазочных материалов. // Достижения науки и техники в АПК. 2001. № . С. 22-23.

109. Остриков В.В., Нагорнов С.А. Концептуальные предпосылки повышения эффективности использования нефтепродуктов в АПК. // Техника в сельском хозяйстве. – 2002. - № 4. – С. 24–27.

110. Пат. 2477303 Российская Федерация, МПК. Способ очистки дизельного топлива / Остриков В. В., Корнев А. Ю., С.А. Нагорнов С.А., Бектилезов А.Ю., Павлов С.С.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии –№ 2012106683/04; заявл.22.02.2012; опубл. 10.03.2013; Бюл. № 7.

111. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Тупотилов Н.Н. Некоторые проблемы качества нефтепродуктов, используемых в современной сельскохозяйственной технике // Сборник научных докладов XVII Международной научно - практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства», 24-25 сентября, 2013. –Тамбов. – с. 213-215.

112. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Нагорнов С.А., Бектилезов А.Ю. Повышение эффективности использования дизельного топлива за счет улучшения его эксплуатационных свойств // Сборник научных докладов XVII Международной научно - практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства», 24-25 сентября, 2013. –Тамбов. – с. 215-219.

113. Остриков В.В., Сазонов С.Н. Технологические меры повышения эффективности использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах // Сборник научных докладов XVII Международной научно - практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства», 24-25 сентября, 2013. –Тамбов. – с. 223-224.

114. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Бектилезов А.Ю. Повышение эксплуатационных свойств дизельного топлива. // Техника и оборудование для села. – 2012. - № 6. – С. 12-13.

115. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Бектилезов А.Ю., Бусин И.В. Организационно-технологическая схема повышения эффективности использования горюче-смазочных материалов в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники зарубежного производства // Материалы Международного научно-технического семинара им. В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», выпуск 25, Саратов, 2012. – С. 034-037.

116. Остриков В.В., Нагорнов С.А., Клейменов О.А., Ликсутина А.П., Тупотилов Н.Н., Корнев А.Ю. Контроль качества топлив и смазочных материалов, используемых в узлах и агрегатах с/х техники. М.: Россельхозакадемия. 2007. 7,25 п.л.

117. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Матвеев О.В. Хранение топлива – смазочных материалов на нефтескладах и обеспечение их качества // Техника и оборудование для села – 2005. - № 7, с. 39-41.

118. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Шихалев И.Н., Бектилезов А.Ю. Исследование влияния добавок к дизельному топливу на его противозносные и низкотемпературные свойства // Материалы Международного научно - технического семинара им. В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники», выпуск 26. – Саратов. – ООО «Буква», 2013. – с. 153-157.

119. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Манаенков К.А., Бектилезов А.Ю. Повышение смазывающих свойств топлива. // Сельский механизатор. – 2012. - № 4. – С. 34-35.

120. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Бектилезов А.Ю., Павлов С.С. Очистка загрязненного дизельного топлива и повышение его смазывающих свойств в условиях предприятий АПК. // Тезисы докладов XII Международной научно-технической конференции «Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем», Углич, 10-12 сентября 2012. – С. 188-194.

121. Остриков В.В., Сазонов С.Н. Актуальные проблемы повышения эффективности использования нефтепродуктов в сельскохозяйственной технике // Механизация и электрификация сельского хозяйства, № 1. - 2013. – С. 30-32.

122. Остриков В.В., Бектилезов А.Ю. Очистка дизельного топлива и улучшение его смазывающих свойств // Сб. научн. докладов XVI Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции». Новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Тамбов: ГНУ ВИИТиН. 2011. – С. 344-346.

123. Остриков В.В., Уразгалеев Т.К. Улучшение свойств дизельного топлива в процессе его очистки. // Materiały VIII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa myśl informacyjnej powieki - 2012» Volume 27. Rolnictwo.: Przemysł. Nauka i studia - 96 str.

124. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Матвеев О.В. Восстановление качества некондиционных нефтепродуктов // Техника и оборудование для села – 2006. - № 8, с. 37-38.

125. Остриков В.В. Актуальность повышения эффективности использования топлив и смазочных материалов.// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. - № 3. – С. 32.

126. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Зимин А.Г., Шихалев И.Н., Бектилезов А.Ю. Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива присадками // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. - № 4. – С. 30-32.

127. Методические указания по расчету норм денежных затрат на техническое обслуживание тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин [Текст]. Москва. 1970. 57 с.

128. Назаренко Н.Т. Экономика сельского хозяйства. Микроэкономика сельскохозяйственных предприятий [Текст]. Воронеж: УКЦ агроэкономики ВГАУ им. К.Д. Глинки, 1996. 248 с.

129. Кулиус В.А. Экономика АПК [Текст]. Барнаул: АГАУ, 2007. 669 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Утверждаю
Генеральный директор
ООО ТД «Акцент – Агро»
А.А. Коновалов



_____ 2014 г.

**Акт внедрения
научно – исследовательской работы**

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ООО ТД « Акцент - Агро» в лице генерального директора Коновалова А.А. с одной стороны и представители ГНУ ВНИИТИН: заведующий лабораторией № 8 д.т.н. Остриков В.В., ведущий научный сотрудник к.т.н. Корнев А.Ю., инженер Попов С.Ю., аспирант Бектилезов А.Ю. с другой стороны составили настоящий акт в том, что в период с мая 2012 года по ноябрь 2013 года аспирантом ГНУ ВНИИТиН Бектилезовым А.Ю. внедрены в ООО ТД «Акцент – Агро» технология и оборудование для улучшения эксплуатационных свойств дизельного топлива.

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1.1. Разработан технологический процесс очистки дизельного топлива от механических примесей и воды, образующихся в процессе хранения дизельного топлива.

1.2. Разработан технологический процесс очистки дизельного топлива от смол.

1.3. Разработан технологический процесс повышения смазывающих свойств топлива в процессе его очистки.

1.4. Спроектировано и изготовлено оборудование для очистки топлива и улучшения его эксплуатационных свойств.

1.5. Проведен монтаж и организован на базе нефтепродуктоснабжающего предприятия ОО ТД «Акцент – Агро» участок восстановления свойств дизельного топлива.

1.6. Проведены работы по очистке дизельного топлива от механических примесей, растворенной и свободной воды, смол, с одновременным улучшением смазывающих свойств топлива.

1.7. Проведен анализ качества очистки и улучшения свойств топлива с привлечением аккредитованной лаборатории.

1.8. Проведена реализация восстановленного топлива.

1.9. Проведен мониторинг эффективности работы восстановленного топлива в сельхозпредприятиях Тамбовской, Воронежской и Пензенской областей.

2. Показатели внедрения.

2.1. Применение технологии и оборудования для очистки топлива и улучшения эксплуатационных свойств топлива позволяет:

- полностью удалять из топлива механические примеси и воду;
- уменьшать содержание фактических смол в топливе на 30-60 %;
- повышать смазывающие свойства топлива на 25...40 %.

2.2. Оборудование для очистки топлива и улучшения его свойств хорошо приспособлено к условиям производства.

2.3. Не требуются высокие затраты на реализацию технологии в условиях малых нефтепродуктообеспечивающих предприятий.

2.4. Выполнение операций очистки топлива отвечает требованиям безопасности нефтескладов.

3. Экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии и оборудования составила с учетом затрат на электроэнергию, химреактивы, заработную плату исполнителей более 500 тыс. рублей в год.

Разработанные технологии и оборудование для очистки топлива и улучшения его эксплуатационных свойств могут быть рекомендованы к внедрению на крупных нефтескладах сельхозпредприятий, в предприятия малого и среднего бизнеса, занятого обеспечением сельского товаропроизводителя дизельным топливом.

Представители ГНУ ВНИИТиН

Остриков В.В.

Остриков В.В.

Корнев А.Ю.

Корнев А.Ю.

Попов С.Ю.

Попов С.Ю.

Бектилезов А.Ю.

Бектилезов А.Ю.

Представитель



ООО ТД «Акцент – Агро»

А.А. Коновалов

Утверждаю
 Главный инженер
 колхоза – племенного завода
 им. Ленина
 Тамбовского района
 Тамбовской области

_____ А.В. Попов
 _____ 2014 г.



Акт

производственных испытаний

дизельного топлива с улучшенными эксплуатационными свойствами

Комиссия в составе главного инженера колхоза – племенного завода им. Ленина Попова Александра Викторовича, ведущего научного сотрудника лаборатории №8 ГНУ ВНИИТиН к.т.н. Корнева А.Ю., научного сотрудника Вязинкина В.С., инженера Попова С.Ю., аспиранта Бектилевова А.Ю. установила, что в период с мая 2014 года по октябрь 2014 года проведены испытания дизельного топлива после улучшения его эксплуатационных свойств по технологии разработанной аспирантом Бектилевым А.Ю. Испытания проводились в тракторах, эксплуатируемых в колхозе – племзаводе им. Ленина.

На основании протокола производственных испытаний комиссия считает, что испытываемое топливо удовлетворяют требованиям эксплуатации и разработанная технология удаления примесей и воды может быть рекомендована к широкому применению в сельхозпроизводстве.

Гл. инженер

колхоза – племенного з-да им. Ленина

А.В. Попов

Вед. научный сотрудник ГНУ ВНИИТиН

А.Ю. Корнев

Научный сотрудник

В.С. Вязинкин

Инженер

С.Ю. Попов

Аспирант

А.Ю. Бектилевова

Утверждаю
Главный инженер
колхоза – племенного
завода им. Ленина
Гамбовского района
Гамбовской области



_____ А.В. Попов

_____ 2014 г.

**Протокол производственных испытаний
дизельного топлива с улучшенными эксплуатационными свойствами**

Комиссия в составе:

Председатель – главный инженер колхоза – племенного завода им.
Ленина Попов Александр Викторович

Члены комиссии:

Ведущий научный сотрудник лаборатории №8 ГНУ ВНИИТиН, кандидат
технических наук Корнев А.Ю.,

научный сотрудник Вязинкин В.С.,

инженер Попов С.Ю.,

аспирант Бектилезов А.Ю.

Провела оценку результатов производственных испытаний дизельного
топлива с улучшенными эксплуатационными свойствами, использованного в
тракторах колхоза – племенного завода им. Ленина. Испытания проводились в
период с мая 2014 года по октябрь 2014 года.

Исходное топливо очищалось от смол, серы, механических примесей,
растворенной воды. В процессе очистки улучшались смазывающие свойства
топлива. Основные показатели дизельного топлива до и после очистки
представлены в таблице.

Таблица. Показатели дизельного топлива до и после очистки.

Показатели	Топливо исходное	Топливо после очистки
Содержание фактических смол, мг/100 см ³	0,48	0,28
Содержание механических примесей, %	0,01	отс
Содержание воды, %	0,03	отс
Массовая доля серы, %	0,2	0,09
Противоизносные смазывающие свойства (ЧШМТ, d износа, мм)	0,43	0,31

Топливо использовалось в тракторах марки МТЗ (82, 1221), ДТ -75М, Т – 150К, К-710.

Заправка топливом проводилась через заправочную колонку нефтесклада колхоза – племенного завода им. Ленина. Трактора за период испытаний эксплуатировались при выполнении операций вспашки, культивации, бороновании и на транспортных работах. Перед началом испытаний выборочно оценивалось состояние тракторов марки МТЗ-1221. Проверялся расход топлива, определялась загрязненность выхлопных газов на топливе, используемом в штатном режиме. Оценивалась загрязненность форсунок системы подачи топлива ДВС.

При переходе тракторов с топлива, имеющего показатели, входящие в установленные нормативные значения на топливо с улучшенными эксплуатационными характеристиками через 100 часов наработки установлено:

1. Снижение расхода топлива на 3...7 %;
2. Уменьшение загрязненности выхлопных газов по СО на 15-18 % по НС на 25-30 %.
3. Нагар и сажа на рабочих поверхностях форсунок отсутствовал.

После разборки и снятия фильтров очистки топлива на их поверхностях загрязнений и отложений не обнаружено.

Механизаторами, работающими на тракторах, отмечается положительный «мощностной» эффект от использования топлива с улучшенными свойствами.

По результатам испытаний комиссия отмечает следующие недостатки и недоработки при проведении испытаний:

1. Перед началом испытаний следовало провести анализ и дефектовку деталей топливных насосов.

2. При проведении испытаний анализ загрязненности выхлопных газов следовало проводить под нагрузкой при непосредственном выполнении сельхозработ.

3. Данные по расходу топлива приведены усредненные, что не совсем точно характеризует положительный эффект.

4. Испытания проводились в весенне-летний период эксплуатации (в температурном режиме + 5 ... + 30 °С), что не дает полностью представление о низкотемпературных свойствах топлива.

В целом испытания проведены в соответствии с разработанными методиками, результаты имеют достаточную степень достоверности и могут быть предложены к широкому внедрению в сельскохозяйственном производстве.

Председатель комиссии:

Гл. инженер

колхоза – племенного з-да им. Ленина

А.В. Попов

Вед. научный сотрудник ГНУ ВНИИТиН

А.Ю. Корнев

Научный сотрудник

В.С. Вязинкин

Инженер

С.Ю. Попов

Аспирант

А.Ю. Бектилезов

Показатели внедрения:

1. Применение технологии очистки топлив позволяет снизить низкотемпературные свойства дизельных топлив на 5...10 %.
2. Применение технологии обогащения топлива депрессорными, присадками позволяет снизить предельную температуру фильтруемости топлив на 50 %.
3. Технологии адаптированы к условиям использования на малых и средних нефтебазах.
4. Затраты на реализацию технологии не превышают 5 % стоимости дизельного топлива.
5. Выполнение операции обогащения топлив депрессорными присадками отвечают требованиям безопасности нефтескладов.
6. Экономическая эффективность от внедрения разработанных технологий составила более 300 тысяч рублей (за период 3 месяцев) при обработке 150 тонн топлива.

Разработанные технологии повышения низкотемпературных свойств топлив могут быть рекомендованы к внедрению на нефтескладах и нефтебазах поставщиков нефтепродуктов и непосредственно в сельскохозяйственных предприятиях.

Представители ФГБНУ ВНИИТиН

	Остриков В.В.
	Зимин А.Г.
	Бусин И.В.
	Вязинкин В.С.
	Бектилезов А.Ю.

Представитель

ООО «Меркурий плюс»

	Савельев А.А.
	Милосердов И.Г.

Утверждаю
Генеральный директор
ООО «Меркурий плюс»
Дубейко Ю.А.
_____ 2015 г



Протокол

испытаний технологии повышения низкотемпературных свойств
дизельных топлив

Комиссия в составе:

Председатель - генеральный директор ООО «Меркурий плюс»
Дубейко Ю.А.

Члены комиссии:

Заведующий лабораторией № 8 ФГБНУ ВНИИТиН,

доктор технических наук Остриков В.В.,

старший научный сотрудник

кандидат технических наук Зимин А.Г.,

старший научный сотрудник

кандидат технических наук Бусин И.В,

научный сотрудник Вязинкин В.С.,

аспирант Бектилезов А.Ю.

менеджер ООО «Меркурий плюс» Савельев А.А.,

менеджер ООО «Меркурий плюс» Милосердов И.Г.

Провела оценку результатов производственных испытаний технологии
повышения низкотемпературных свойств дизельных топлив.

Испытания проводились в период с декабря 2013 года по февраль
2014 года.

Испытаниям подвергались топлива, имеющие температуру помутнения $-5 \dots -10$ °С, предельную температуру фильтруемости $-8 \dots -15$ °С.

В процессе очистки топлив предельная температура фильтруемости понижалась на $-2 \dots -8$ °С, температура помутнения на $-2 \dots -5$ °С

В процессе обогащения топлив после их очистки депрессорными присадками температура помутнения понижалась на $-4 \dots -6$ °С, предельная температура фильтруемости на $-10 \dots -15$ °С.

В качестве депрессорной присадки использовался антигель ДДП.

Топливо после воздействия очисткой и внесения депрессорных присадок реализовывалось сельскохозяйственными предприятиями Тамбовской и Липецкой областей.

Мониторинг работы топливной аппаратуры тракторов в СХПК им. Ленина Тамбовского района Тамбовской области показал:

1. При использовании топлива с предельной температурой фильтруемости -20 °С и температурой помутнения -12 °С при температуре окружающего воздуха $-10 \dots -20$ °С в двигателях тракторов прекращения подачи топлива не установлено.

2. Фильтры тонкой очистки топлива находились в работоспособном состоянии, т.е. отложения парафинов не обнаружено.

3. Перебои в работе топливной аппаратуры не наблюдались.

По результатам испытания технологии повышения и стабилизации низкотемпературных свойств дизельного топлива установлены следующие недостатки:

1. В технологии не предусмотрено сертифицированное оборудование для оценки низкотемпературных свойств топлива, что требует проведения анализа исходных характеристик в сторонней организации.

2. Следует рассмотреть возможность повышения производительности оборудования до 3 м^3 в час.

3. Не установлено как влияют депрессорные присадки, вносимые в топливо на образование лаков и нагаров в ЦПГ.

4. Не установлено, как влияют депрессорные присадки на износ плунжерных пар топливных насосов.

В целом испытания проведены в соответствии с разработанными методиками и пожеланиями ООО «Меркурий плюс», результаты имеют достаточную степень достоверности, а разработанная технология может быть предложена к широкому внедрению как в предприятиях, реализующих нефтепродукты, так и сельскому товаропроизводителю для использования в собственных целях на нефтескладах хозяйств.

Председатель комиссии:

Директор ООО «Меркурий плюс»

менеджер по продажам ГСМ

менеджер по продажам ГСМ

заведующий лабораторией № 8

с.н.с.

с.н.с.

научный сотрудник

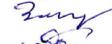
аспирант

 Дубейко Ю.А.

 Савельев А.А.

 Милосердов И.Г.

 Остриков В.В.

 Зимин А.Г.

 Бусин И.В.

 Вязинкин В.С.

 Бектилев А.Ю.

Технологический процесс очистки дизельного топлива и повышения его эксплуатационных свойств

1. Общая характеристика дизельных топлив, требующих очистки и повышения эксплуатационных свойств.

Дизельное топливо, используемое в двигателях тракторов должно иметь физико – химические и эксплуатационные характеристики, соответствующие требованиям ГОСТ 52368, либо ГОСТ 305-82.

В процессе транспортировки и хранения дизельное топливо может быть загрязнено механическими примесями, водой и продуктами окисления.

Приобретаемое топливо может иметь отклонения от требований ГОСТ по содержанию фактических смол и иметь низкие смазывающие свойства.

В переходный период использования дизельного топлива (с летних сортов на зимние), когда температура окружающего воздуха колеблется от +5 до -10 °С, топливо может иметь неудовлетворительные свойства, что требует внесения в них- депрессорных присадок.

Все вышеперечисленное является основанием для проведения работ по очистке дизельных топлив и повышению их эксплуатационных свойств.

Браковочные характеристики топлив для использования в сельскохозяйственной технике и граничные значения целесообразности технологических воздействий представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Браковочные характеристики дизельных топлив и границы целесообразности их восстановления.

Показатели	Браковочные характеристики дизельного топлива	Граничные значения целесообразности восстановления
Содержание механических примесей, %	$\geq 0,01$ (отс)	$\geq 2,0$
Содержание фактических смол, мг/100 см ³	≥ 40	≥ 80
Содержание воды, %	$\geq 0,01$	$\geq 2,0$
Температура помутнения, °С	-5	< 5

Предельная температура фильтруемости, °С	-10	< -5
Противоизносные свойства (диаметр пятна износа), мм	0,35	0,8 (1,0)
Температура вспышки, °С	40	20

На основании данных таблицы принимается решение о целесообразности восстановления свойств дизельного топлива, его очистки, повышения смазывающих и температурных свойств. Топлива, имеющие физико – химические характеристики выше критических значений должны быть возвращены производителю для вторичной перегонки либо утилизированы.

2. Описание технологического процесса очистки топлив от механических примесей, воды, смол, продуктов окисления.

Технологический процесс очистки топлив от механических примесей и воды состоит из следующих операций:

- заполнение емкости;
- нагрев
- очистка в установке

Контроль качества

- скачивание.

Технологический процесс удаления механических примесей, воды, смол и продуктов окисления состоит из следующих операций:

- заполнение бака реактора
- внесение водного раствора карбамида
- перемешивание, нагрев
- отстаивание
- заполнение емкости установки
- очистка
- контроль качества
- скачивание.

Для топлив, имеющих высокое содержание смол (на уровне печных топлив):

- заполнение бака реактора

- внесение серной кислоты
- отстаивание
- перекачивание в емкость установки
- нагрев
- внесение водного раствора карбамида
- перемешивание
- нагрев
- очистка
- контроль качества
- скачивание.

Технологический процесс повышения низкотемпературных свойств топлива в процессе очистки состоит из следующих операций:

- заполнение емкости установки
- нагрев
- внесение депрессорной присадки (маточный раствор)
- перемешивание
- очистка
- контроль показателей (ПТФ, ТП)
- скачивание.

3. Контроль качества и определение показателей.

. Контроль качества топлив проводится в аккредитованной или сертифицированной лаборатории. Контроль показателей топлив перед восстановлением свойств, очисткой проводится экспресс – лабораторией ЭЛТ -1 ФГБНУ ВНИИТиН.

В условиях сельскохозяйственного производства в процессе очистки топлива степень его загрязненности определяется визуально.

Низкотемпературные характеристики топлив могут быть определены при помощи холодильной камеры, пробирки и термометра в соответствии с рекомендациями и инструкцией по эксплуатации.

Смазывающие свойства топлива при необходимости определяются в условиях аттестованной лаборатории.

4. Технологические указания по очистке топлив и повышению их эксплуатационных свойств.

Технологический процесс очистки проводится в соответствии с технологической картой, таблица 2.

Процесс проводят на оборудовании, представленном на рисунке 1 в соответствии с инструкцией по эксплуатации установки.



Рисунок 1 . – Оборудование для очистки топлив и повышения эксплуатационных свойств.

Серная кислота приобретается в организациях снабжения химреактивов.

Для очистки топлив используется технические сорта серной кислоты аналогичные для приготовления электролитов.

Для приготовления водного раствора карбамида используется любой тип удобрения (мочевина).

Карбамид засыпается в сосуд, туда же вносится вода. Смесь перемешивается до полного растворения гранул карбамида.

Для изменения температуры помутнения и предельной температуры топлив используется депрессорная присадка ДДП, приобретаемая в торговой сети.

5. Правила безопасности

При эксплуатации установки необходимо руководствоваться правилами пожарной безопасности МВД.

К эксплуатации оборудования не допускаются лица, не достигшие возраста 18 лет.

К эксплуатации оборудованием не допускаются лица, не прошедшие обучение работе на оборудовании, не усвоившие технологии очистки.

Реактивы, кислота и присадки должны храниться в специально оборудованном месте.

Очистка топлива относится к 4 классу опасности. При работе с кислотой следует соблюдать правила безопасности (перчатки, очки). Участок очистки топлив должен быть оборудован вытяжной вентиляцией.

Технологический процесс очистки топлив и повышения эксплуатационных свойств (ТК)

№ п/п	Наименование операции	Параметры	Состав операции	Оборудование	Химические реактивы	Время, мин
1	2	3	4	5	6	7
I	Очистка топлив от механических примесей и воды					
1	Нагрев топлива	Температура $t=80...90^{\circ}\text{C}$	Топливо насосом установки закачивается в емкость и включается его нагрев	Установка	–	10-15
2	Очистка	Температура $t=80...90^{\circ}\text{C}$ Давление $P=8...9$ кгс/см Частота вращения роторов центрифуг $n =6000 -8000$ об/мин	Нагретое топливо подается в реактивы центрифуги на очистку	Установка	–	20-40
3	Контроль качества		Контролируются показатели: содержание мех. примесей и воды	ЭЛТ -1	комплект	5
II	Очистка топлив от мехпримесей, смол, воды, продуктов окисления					
1	Нагрев	Температура $t=80...90^{\circ}\text{C}$	Топливо нагревается в баке – реакторе. Температура контролируется по датчикам панели прибора	Бак – реактор установки	–	10-15
2	Внесение водного раствора карбамида	Температура $t=80...90^{\circ}\text{C}$ Концентрация 0,1...0,5 % (масс)	Водный раствор карбамида готовится в сосуде и вносится в топливо	Бак – реактор	карбамид	1-2
3	Перемешивание	Давление в системе 1...2 кгс/см ² Температура топлива $t=80...90^{\circ}\text{C}$	Перемешивание осуществляется по циклу насосом установки	Бак – реактор	–	5-10
4	Отстаивание	Температура топлива $t=80...90^{\circ}\text{C}$	Отстаивание проводится до выпадения смол, асфальтенов в осадок	Бак – реактор	–	60-180
5	Очистка	Температура топлива $t=80...90^{\circ}\text{C}$ Частота вращения роторов центрифуг $n =6000 - 8000$ об/мин Давление $P=8...9$ кгс/см	Очистка топлива от примесей, смол, воды проводится центрифугированием	Установка	–	30-40

1	2	3	4	5	6	7
6	Контроль качества	Содержание мех. примесей – отс. Содержание воды – отс. Содержание фактических смол – не более 40. $D_{изн} < 0,35$	Операции контроля качества топлива проводят экспресс – методами и при необходимости проводят в сертифицированных лабораториях	ЭЛТ - 1	комплектация ЭЛТ -1	5-10
III	Очистка топлив с высоким содержанием смол и продуктов окисления					
1	Внесение коагулянта	Температура топлива $t=5...20^{\circ}C$ Концентрация 0,1...0,5 %	Топливо заправляется в бак – реактор (отстойник). В топливо вносится серная кислота (простым наливом)	Бак - реактор	серная кислота	1-2
2	Перемешивание	Температура топлива $t=5...20^{\circ}C$	Внесенная в топливо кислота равномерно перемешивается мешалкой, устанавливаемой на реактор (вручную)	Бак, мешалка	–	3-5
3	Отстаивание	Температура топлива $t=5...20^{\circ}C$	Контроль эффективности отстаивания проводится по мерной трубке бака. Слив отстоя проводят через специальное отверстие в баке	Бак	–	60-180
4	Закачивание и очистка от примесей	Температура топлива $t=80...90^{\circ}C$ Давление $P=8...9$ кгс/см Частота вращения роторов центрифуг $n=6000 - 8000$ Концентрация водного раствора карбамида 0,1 %	Отстоявшееся топливо насосом установки перекачивается в емкость. Топливо нагревается. Далее вносится водный раствор карбамида. Смесь перемешивается и направляется в центрифуги для удаления растворенной воды, смол, асфальтенов, продуктов окисления не выпавших в осадок в баке. Водный раствор карбамида нейтрализует повышенную кислотность топлива.	Установка	карбамид	30-40
5	Контроль качества	Содержание фактических смол – не более 40. Мех. примеси, вода - отс $D_{изн} < 0,35$. Кислотность – не более 5 мг КОН/г	Контроль качества очищаемого топлива проводят на месте его очистки или специализированной лаборатории	ЭЛТ -1 Сертифицированная лаборатория		5-10
IV						

Восстановление низкотемпературных свойств дизельного топлива						
1	Оценка температуры помутнения и ПТФ	Температура помутнения $t < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	Оценка низкотемпературных свойств предшествует операции центрифугирования	Морозильная камера, пробирка, термометр		10-15
2	Проведение операции внесения и вращивания депрессорных присадок в процессе очистки топлива	Температура топлива $t = 20 - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Давление $P = 8 \dots 9\text{ кгс/см}$ Частота вращения роторов центрифуг $n = 6000 - 8000$	Операция внесения депрессорных присадок включает: - растворение присадки в нагретом топливе и подготовке маточного раствора - внесение маточного раствора в топливо - очистка топлива вместе с раствором присадок	Емкость для присадок, установка	ДЦП	30-60
3	Контроль низкотемпературных свойств		Контроль низкотемпературных свойств проводят в условиях предприятия и в специализированной лаборатории	Морозильная камера, пробирка, термометр. Оборудование химлаборатории	—	-

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2477303

СПОСОБ ОЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Патентообладатель(ли): *Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт использования
техники и нефтепродуктов Российской академии
сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии)
(RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012106683

Приоритет изобретения 22 февраля 2012 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 10 марта 2013 г.

Срок действия патента истекает 22 февраля 2032 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 477 303** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
C10G 29/20 (2006.01)
C10G 31/10 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012106683/04, 22.02.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.02.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.02.2012

(45) Опубликовано: 10.03.2013 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2196902 C1, 20.01.2003. RU 2246533 C2,
20.02.2005. RU 2078127 C1, 27.04.1997. SU
437799 A, 05.03.1975. US 6441264 B1,
27.08.2002.

Адрес для переписки:

392022, г.Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28,
ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, В.В.
Острикову

(72) Автор(ы):

Остриков Валерий Васильевич (RU),
Корнев Алексей Юрьевич (RU),
Нагорнов Станислав Александрович (RU),
Бектилеов Алдыберген Юсупович (KZ),
Павлов Сергей Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт использования техники и
нефтепродуктов Российской академии
сельскохозяйственных наук (ГНУ
ВНИИТиН Россельхозакадемии) (RU)

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу очистки
дизельного топлива и предназначено для
повышения качества как стандартного, так и
некондиционного топлива. Изобретение
касается способа, включающего смешивание
дизельного топлива с 0,1-0,5% 10%-ным
водным раствором карбамида. Смесь
отстаивают 2-3 часа. Водный раствор
карбамида распределяется по всему объему
топлива. Происходит укрупнение

микросоставляющих смол и выпадение их в
осадок. На следующем этапе верхнюю часть
смеси декантируют, нагревают до
температуры $90 \pm 5^\circ\text{C}$ с последующим
центрифугированием, где при выходе из сопел
происходит диспергирование карбамида в
топливе и удаление оставшихся смол,
механических примесей и воды. Время
центрифугирования 10-20 минут. Технический
результат - повышение смазывающих свойств
очищенного дизельного топлива. 1 ил., 1 табл.

RU 2 4 7 7 3 0 3 C 1

RU 2 4 7 7 3 0 3 C 1

Изобретение относится к способу очистки дизельного топлива и предназначено для повышения качества как стандартного, так и некондиционного топлива, путем его очистки от смол, механических примесей и воды и повышения его физико-химических характеристик, в частности смазывающих свойств.

5 Известен способ очистки дизельного топлива и установка для его реализации (патент РФ №2375411 МПК C10G 31/00, C10G 31/08, C10G 32/00, 06.06.2008) путем очистки его от вредных примесей, который включает дозированное перемешивание исходного топлива с водой, кавитационное воздействие на раствор и его разделение в 10 отстойнике на дизельное топливо и осадок в воде отстоя. При этом перед дозированным перемешиванием с исходным топливом воду насыщают ионами железа, кавитационное воздействие на раствор осуществляют ультразвуком при барбатирувании в него углекислого газа с температурой 75-80°C, после чего на раствор воздействуют фотонами света.

15 Недостатки данного способа заключаются в сложности его осуществления, высокой себестоимости очистки и низком качестве очищенного топлива по его смазывающей способности. В процессе очистки используются трудоемкие технологические процессы и разнообразное специальное оборудование.

20 Наиболее близким из известных способов к заявленному по достигаемому эффекту является способ обработки дизельного топлива (патент РФ №2196902 МПК F02B 47/02, F02M 43/00, 15.05.2001), заключающийся в том, что перемешивают топливо с водой, диспергируют, гомогенизируют водотопливную смесь, производят ее разделение, причем ввод воды в топливо осуществляют дозированно, полученную 25 смесь подвергают глубокому диспергированию одновременно с гомогенизацией в режиме импульсной акустической кавитации в роторном аппарате с модуляцией потока, а затем проводят многократную циркуляцию смеси по контуру «роторный аппарат - емкость с топливной смесью - насос - роторный аппарат».

30 К недостаткам способа следует отнести низкое качество очистки от смол и растворенной воды, сложность реализации процесса, невысокие смазывающие свойства очищенного продукта.

Задачей изобретения является упрощение способа очистки, повышение качества очистки топлива от смол и повышение смазывающих свойств очищенного топлива.

35 Поставленная цель достигается тем, что дизельное топливо смешивают с 0,1-0,5% 10%-ного водного раствора карбамида, смесь отстаивают 2-3 часа до образования осадка, затем верхнюю отстоявшуюся часть смеси декантируют и нагревают до температуры 90±5°C с последующим центрифугированием в течение 10-20 минут для 40 удаления оставшихся механических примесей, смол и воды при одновременном диспергировании карбамида.

Водный раствор карбамида в виде мелкодиспергированных глобул распределяется равномерно по всему объему очищенного топлива и проявляет электролитическую способность по отношению к смолам, присутствующим в топливе. Происходит 45 укрупнение микросоставляющих смол и выпадение их в осадок.

Оставшаяся верхняя часть смеси топлива и водного раствора карбамида пропускается через центрифугу, где при выходе из сопел происходит диспергирование карбамида и удаление воды.

50 Карбамид, растворенный в топливе, проявляет феноменологическое свойство при взаимодействии с углеродным составом топлива, повышая его смазывающие свойства.

Для осуществления способа дизельное топливо закачивают в бак-реактор 1 установки. Температура топлива в баке-реакторе составляет 20-30°C. В топливо

RU 2 477 303 C1

заливается 0,1-0,5% 10%-го водного раствора карбамида. Смесь топлива с водным раствором карбамида перемешивается насосом с электроприводом 2 по циклу в течение 10-15 мин. Производится отстаивание смеси в реакторе 1 в течение 2-3 часов. В нижней части бака-реактора образуется водно-шламовый осадок смол,

составляющий 0,1-0,4% от общего объема, который сливается из бака-реактора. Верхнюю отстоявшуюся часть смеси посредством насоса 2 подают на очистку в реактивную центрифугу 3. Температура смеси, подаваемой на очистку, поддерживается в диапазоне $90 \pm 5^\circ\text{C}$ при помощи нагревательного устройства 7, расположенного в баке реактора 1. Давление в системе 0,5-0,6 кгс/см регулируется предохранительным клапаном 6.

При выходе из сопел 5 ротора 4 топливо с включениями карбамида диспергируется. Включения карбамида настолько малы, что не оказывают отрицательного действия на химическую стабильность топлива, но способствуют повышению его смазывающих свойств. Центрифугирование проводят в течение 10-20 минут.

После очистки в центрифуге 3 удаляются оставшиеся смолы и механические примеси, а растворенная вода полностью удаляется за счет процесса микровзрыва, обеспечивающего дополнительное диспергирование. «Микровзрыв» осуществляется при выходе топлива из сопел 5 и удара струи о стенку корпуса центрифуги 3.

Результаты опытов по очистке дизельного топлива по прототипу и предлагаемому способу представлены в таблице.

Характеристики дизельного топлива до и после очистки			
Показатели	Исходное дизельное топливо	Дизельное топливо после очистки	
		По прототипу	По предлагаемому способу
Кинематическая вязкость, мм ² /с при 20°C	3,88	4,0	4,14
Температура застывания, °C	-16,7	-16,1	-15,9
Температура вспышки в закрытом тигле, °C	75	73	85
Концентрация фактических смол, мг/100 см ³	10,1	8,4	6,8
Кислотность, мг КОН/100 см ³	0,78	0,71	0,65
Массовая доля серы, %	0,052	0,030	0,025
Зольность, %	0,007	0,006	0,005
Предельная температура фильтруемости, °C	-6	-7	-9
Содержание механических примесей, %	0,051	0,003	отс.
Содержание воды, %	0,07	отс.	отс.
Противоизносные свойства на ЧШМТ, диаметр пятна износа, мм	0,48	0,44	0,36
Плотность, кг/м ³ при 20°C	829	830	830
Испытания на медной пластинке	Выдерж.	Выдерж.	Выдерж.
Фракционный состав: 50% перегоняется при температуре, °C не выше	268	269	271
96% перегоняется при температуре, °C не выше	350	350	348

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что за счет очистки топлива по предлагаемому способу и действия водного раствора карбамида уменьшается содержание механических примесей, воды, фактических смол, предельная температура фильтруемости топлива. Очистка производится на несложном оборудовании без использования дорогостоящих добавок, при высоком конечном результате качества очистки от смол с одновременным улучшением смазывающих свойств топлива.

Формула изобретения

Способ очистки дизельного топлива путем его смешивания с реагентом,

RU 2 477 303 C1

последующего отстаивания и удаления механических примесей, смол и воды, отличающийся тем, что в качестве реагента используют 0,1-0,5% 10%-ного водного раствора карбамида в расчете на объем очищаемого топлива, отстаивание производят в течение 2-3 ч до образования осадка, при этом удаление механических примесей, смол и растворенной воды, оставшихся после отстаивания, осуществляют центрифугированием при температуре смеси $(90 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 10-20 мин с одновременным диспергированием карбамида.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

RU 2 477 303 C1

