



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А.КОСТЫЧЕВА»**

**АВТОДОРОЖНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Направление подготовки: 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов  
Направленность (профиль): «Техническая эксплуатация транспорта и автосервис»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему: «Повышение эксплуатационных свойств дизельных топлив в условиях  
предприятий АПК»

**Выполнил** студент магистратуры  
Кильдишев Андрей Викторович

**Научный руководитель**  
д.т.н., проф. Успенский Иван Алексеевич

*Рязань 2022*

## Актуальность исследования

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 цилиндропоршневой 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.

## Цель и задачи исследования

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

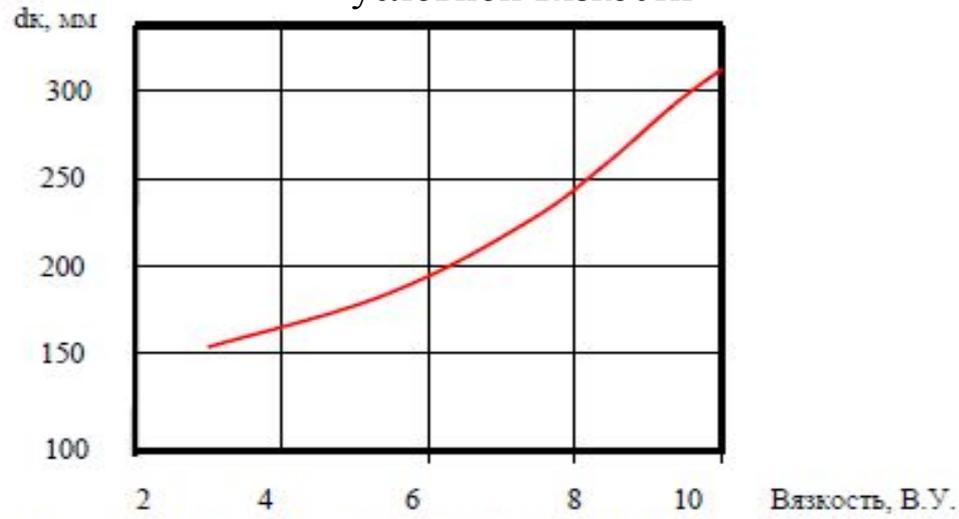
Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи исследования:

- 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;
- рассчитать экономическую эффективность внедрения предложенных решений в сельскохозяйственное производство.

# СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

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

Зависимость тонкости распыливания топлива ( $d_k$  – среднего диаметра капель) от его условной вязкости



Понижение вязкости приводит:

- К изменению цикловой подачи и снижению давления впрыска, увеличивает расход топлива;
- К ухудшению смазывающих свойств топлива, интенсифицируя износ плунжерных пар;
- К подтеканию в форсунках, увеличивая нагарообразование и дымность выхлопных газов.
- Противоизносные свойства дизельного топлива ухудшаются практически линейно с уменьшением вязкости.

# СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

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

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



## СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Оценка состояния качества дизельных топлив, используемых в сельскохозяйственных предприятиях

Таблица 1 - Загрязненность дизельного топлива при его хранении.

Показатель	Дизельное топливо
Количество загрязнений, кг/м <sup>3</sup>	0,075
Дисперсный состав частиц загрязнений (шт, дм <sup>3</sup> )	
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

# СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## Оценка состояния качества дизельных топлив, используемых в сельскохозяйственных предприятиях

Фрагменты неудовлетворительного технического состояния нефтескладов сельхозпредприятий



## СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

### Оценка состояния качества дизельных топлив, используемых в сельскохозяйственных предприятиях

Таблица 2 - Результаты анализа качества топлива

Показатели	СХПК «Никольское» Рассказовского р-на Тамбовской обл	ООО «Агротехнологии» Московское представительство «Юрловское»	ГОСТ Р 52368
Фракционный состав: до температуры 180°С, %	5	9	не более 10
до температуры 340 °С, %	90	95	не более 95
95 % (по объему) перегоняется 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

# СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## Способы и средства очистки и повышения эксплуатационных свойств дизельных топлив

Таблица 3 - Характеристики некоторых зарубежных устройств для очистки топлив и улучшения их эксплуатационных характеристик

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 направленные центробежные силы	Разряжение плюс горизонтально направленные центробежные силы	Разряжение	Вертикально направленные центробежные силы
Вид сепарирующего устройства	Свободное выпадение + мембрана	депрессоризатор+циклон	депрессоризатор+циклон	депрессоризатор-затвор	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 фильтро-элемента	Strata Pore	RacorAquabloc	Microbloc	HydroShie	Бумага, метал. сетка
Подогрев	Да, + возможен теплообменник от охладж. 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 элементам	Не отвечает

# СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## Выводы

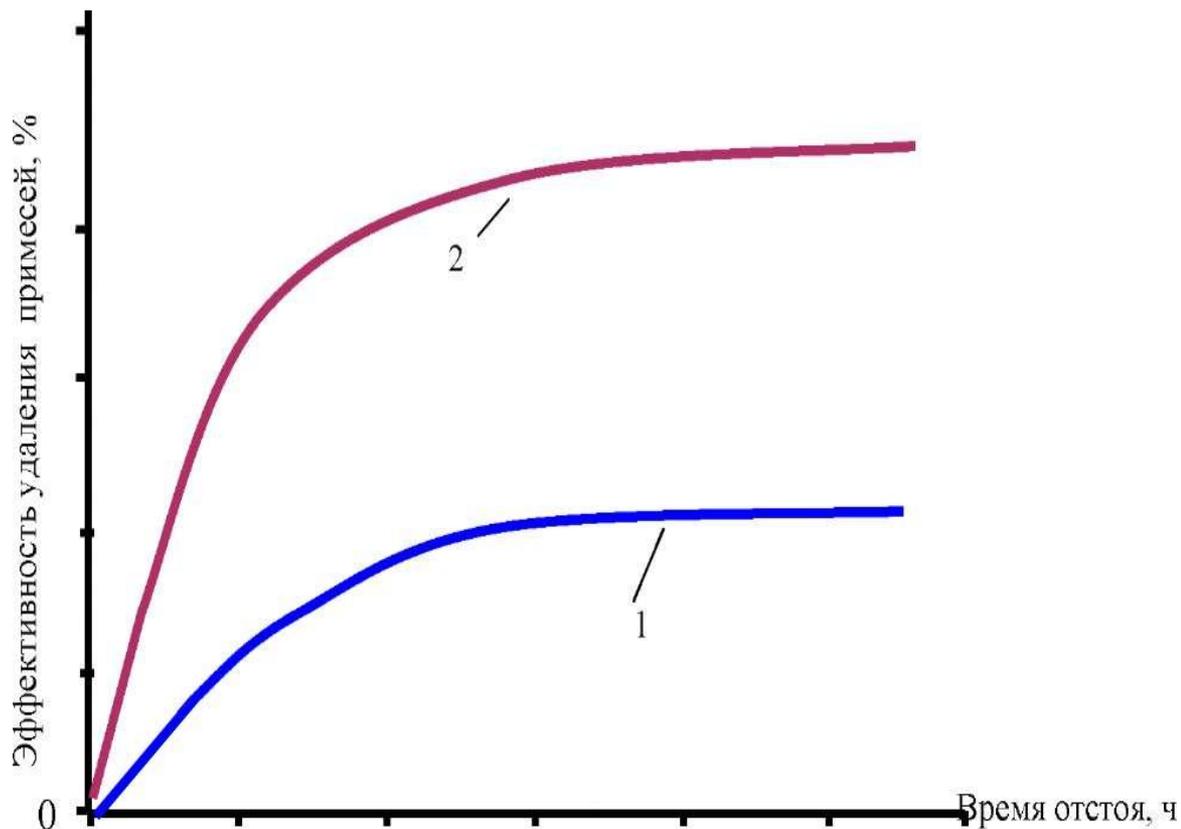
В результате анализа свойств дизельных топлив установлено, что основными, влияющими на износ деталей двигателя, являются загрязненность примесями и водой, содержание фактических смол, смазывающие и низкотемпературные характеристики топлив, отклонение от норм которых снижается срок службы топливной аппаратуры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

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.

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.

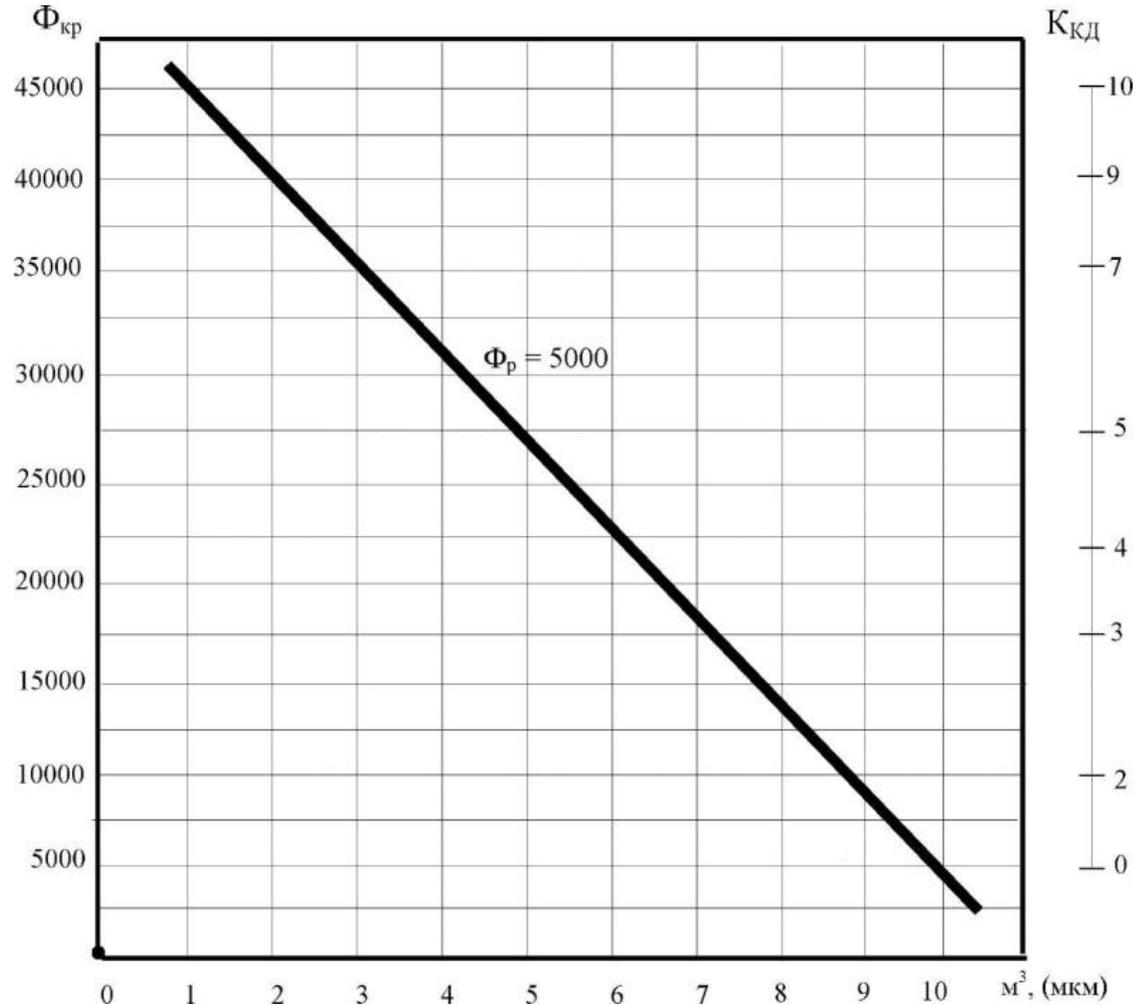
# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ТОПЛИВ И УЛУЧШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Графическое представление процесса осаждения примесей в дизельном топливе при его отстаивании



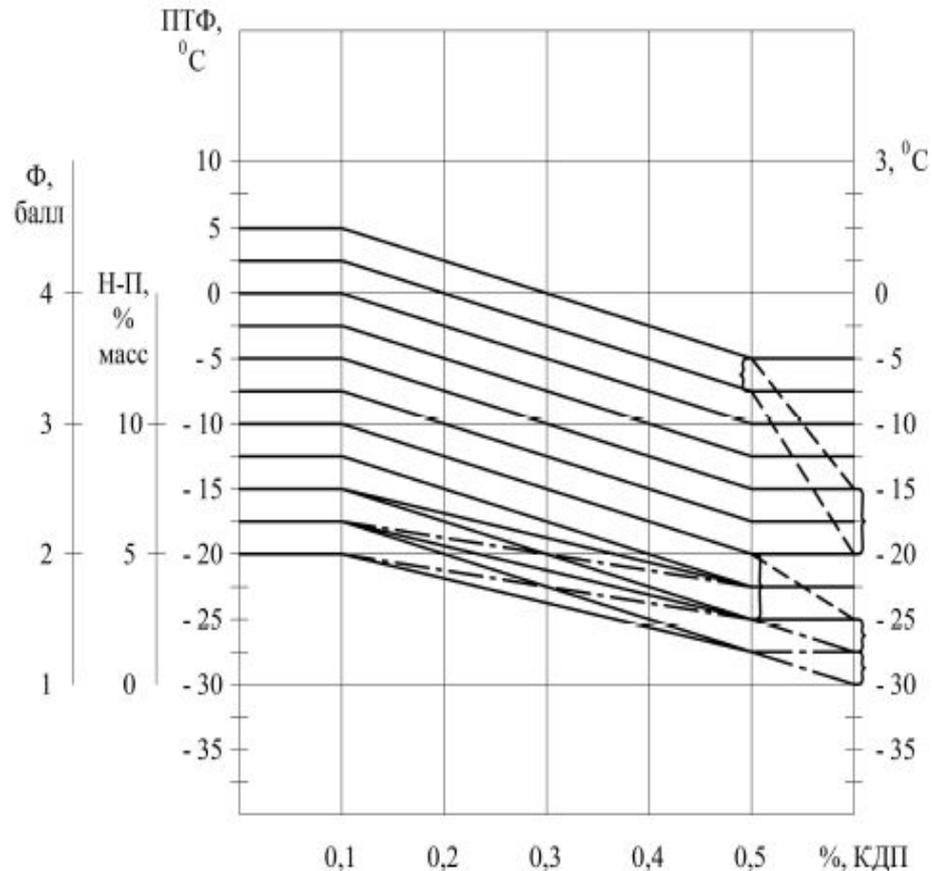
# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ТОПЛИВ И УЛУЧШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

График - номограмма для определения коэффициента кратности фактора  
разделения



# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ТОПЛИВ И УЛУЧШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Номограмма определения рациональной концентрации внесения депрессорных присадок (КДП) в зависимости от свойств топлива, устанавливаемых на основе анализа ПТФ.



Ф – фракционный состав в баллах, Н – П – содержание парафинов в %

# 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.

## Методика исследований физико-химических характеристик дизельного топлива



Определение фракционного состава топлива



Определение температуры вспышки в закрытом тигле



Определение кислотности топлива

Анализ свойств топлив проводился по следующим показателям:

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

# ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 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.



Определение дисперсного состава механических примесей в дизельном топливе прибором ФС - 151



Общий вид Photocor – FC

# ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

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



# ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

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 внутрихозяйственном получении, руб	$C_{ВП}$	585310
8	Затраты при использовании некондиционного топлива, руб	$Z_B$	1006500
9	Затраты при использовании очищенного топлива, руб	$Z_H$	854000
10	Экономический эффект от использования очищенного топлива, руб	$\mathcal{E}_m$	152500

## 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 проводиться по номограмме на основе анализа предельной температуры фильтруемости и замерзания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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/см<sup>2</sup>**. 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**.
5. Экономический эффект от внедрения разработанного способа очистки дизельных топлив, установки для повышения их эксплуатационных свойств составляет за расчетный период **159820** рублей.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**