

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОРДЕНЕ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Учебно-научно-исследовательская лаборатория
«Испытания двигателей внутреннего сгорания и топлив»



ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе
по теме

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРИСАДОК

(Согласно договора № 20/2023 от 17 июля 2023 года)

Руководитель:

Заведующий кафедрой тракторов, автомобилей
и машин для природообустройства, д.т.н.,
профессор, заслуженный работник образования
Республики Беларусь

А.Н. Карташевич

Исполнители:

К.т.н., доцент кафедры тракторов,
автомобилей и машин для природо-
обустройства

В.А. Белоусов

Старший преподаватель кафедры тракторов,
автомобилей и машин для природообустройства

П.Ю. Малышкин

Нормоконтролер

Н.В. Гранатова

Горки 2023

РЕФЕРАТ

Отчет изложен на 16 страницах печатного текста формата А4 и содержит 6 рисунков, 7 таблицы и приложение.

Цель работы: исследование изменения основных показателей нефтепродуктов с применением многофункциональных присадок на физико-химические свойства дизельного топлива.

Объект исследований: дизельное топливо

Предмет исследований: основные показатели дизельного топлива.

Задачи исследований:

- подготовка и проведение лабораторных испытаний,
- определение основных показателей дизельного топлива (ДТ) с пакетов многофункциональных присадок,
- анализ полученных данных,
- формулировка выводов.

Методы исследований: по методике исследований, в соответствии с ГОСТ Р 52709-2007 (ASTM D 613-05), ГОСТ 305-82 (ASTM D 4737-03), ГОСТ 3122-67 (ASTM D 613, EN ISO 5165).

Место проведения: «Лаборатория испытания двигателей внутреннего сгорания и топлив» учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь, уч. корпус № 8.

Сроки проведения: 13 сентября – 1 декабря 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

УСЛОВИЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ	4
ПОДГОТОВКА ИСПЫТАНИЙ И УСЛОВИЯ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ	4
1. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАЗЦА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	5
1.1 Анализ изменения цетанового числа образца дизельного топлива с присадкой	5
1.2 Анализ изменения щелочного числа образца дизельного топлива с присадкой	7
1.3 Результаты исследования фракционного состава дизельного топлива с присадкой	9
1.4 Результаты исследования низкотемпературных свойств дизельного топлива с присадкой	11
Заключение	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	13
Приложение	14

УСЛОВИЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования основных показателей нефтепродуктов проводилась в лаборатории испытания двигателей внутреннего сгорания и топлив на кафедре тракторов, автомобилей и машин для природообустройства в учреждении образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» с 13 сентября по 1 декабря 2023 г.

Испытания образцов дизельного топлива производиться с использованием приборов:

1. Анализатор качества нефтепродуктов SHATOX SX-300;
2. Анализатор автоматический фракционного состава нефтепродуктов "АФСА-2"
3. Холодильник лабораторный МК 70

Работа проведена согласно Договора № 20/2023 от 17 июля 2023 г. на проведение научно-исследовательских работ по исследованию основных показателей нефтепродуктов с применением многофункциональных присадок.

В испытаниях принимали участие следующие образцы топлив:

Образец № 1 – Дизельное топливо без присадок;

Образец № 2 – Дизельное топливо с присадкой TPW-D;

Образец № 3 – Дизельное топливо с присадкой TPW-DW.

ПОДГОТОВКА ИСПЫТАНИЙ И УСЛОВИЯ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

Определение цетановых чисел дизельных топлив. Соответствие ГОСТ Р 52709-2007 (ASTM D 613-05), ГОСТ 305-82 (ASTM D 4737-03), ГОСТ 3122-67 (ASTM D 613, EN ISO 5165) осуществлялось с помощью анализатора качества нефтепродуктов SHATOX SX-300.

Исследования фракционного состава дизельного топлива осуществлялось с помощью анализатора фракционного состава "АФСА-2".

Температура застывания дизельного топлива с присадкой определялась с использованием лабораторного холодильного оборудования МК 70.

Дозировка присадки осуществлялась в ppm.

На пример: 1000 ppm – (1000 мл на 1000 литров топлива или 1000 грамм на 1 тонну топлива)

1. Результаты лабораторных исследований образца дизельного топлива

1.1 Анализ изменения цетанового числа образца дизельного топлива с присадкой

Цетановое число – показатель, указывающий скорость нарастания давления при сгорании жидкого нефтяного топлива в поршневых двигателях с воспламенением топливо-воздушной смеси от сжатия, выраженный в единицах эталонной шкалы.

Характер изменения цетанового числа ($\Delta ЦЧ$) образца ДТ в зависимости от концентрации присадки TPW-D и TPW-DW представлен на рис. 1.1.

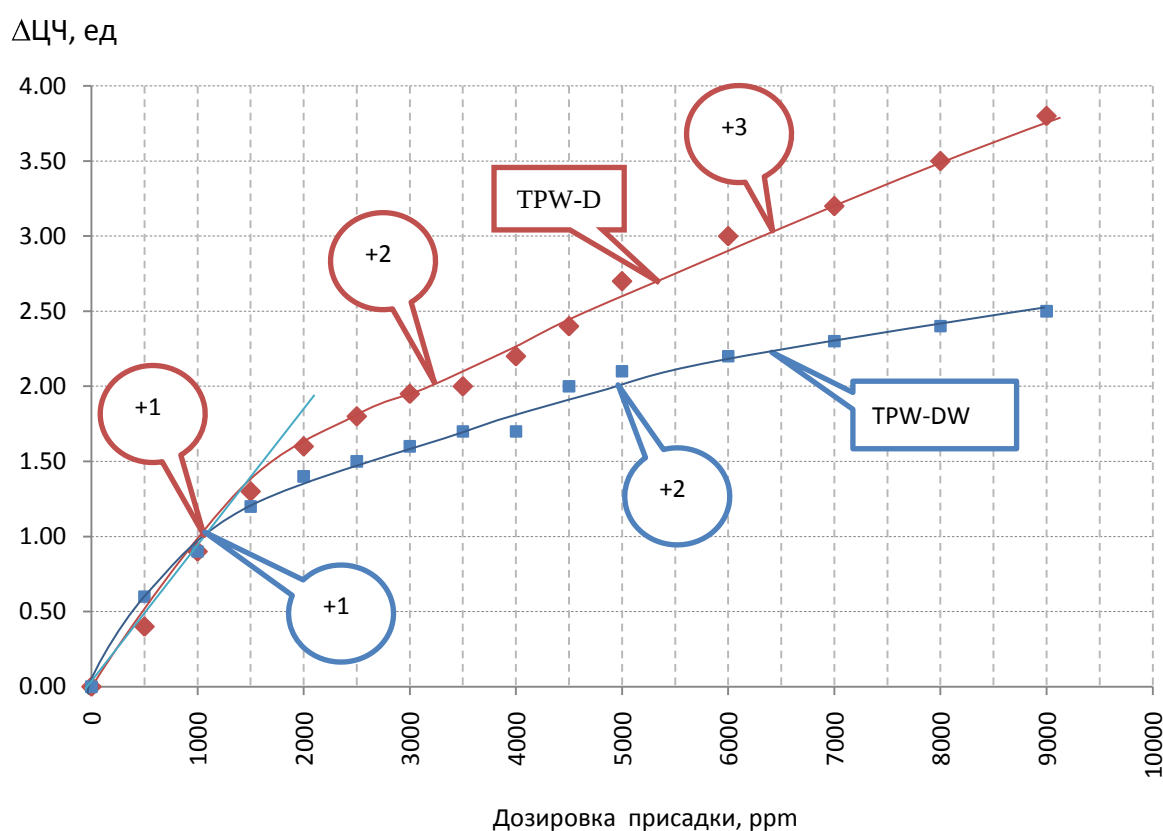


Рис. 1.1 Изменение цетанового числа ($\Delta ЦЧ$) ДТ в зависимости от концентрации присадки

Увеличение цетанового числа ($\Delta ЦЧ$) происходит не линейно, по мере повышения количества присадки TPW-D в дизельном топливе (ДТ), при этом наибольшая интенсивность повышения $\Delta ЦЧ$ наблюдается при дозировке присадки от 600 до 1500 ppm (рис. 1.1), при дальнейшем увеличении концентрации присадки увеличение интенсивности роста ЦЧ снижается. Так повышение ЦЧ на 1-ну единицу происходит при дозировке присадки 1100 ppm, повышение ЦЧ на 2 ед. происходит при дозировке присадки 3200 ppm,

на 3 ед. ЦЧ повышается при дозировке присадки 6400 ppm, на 3 ед. ЦЧ повышается при дозировке присадки 9500 ppm.

Увеличение цетанового числа (Δ ЦЧ) при применении присадки TPW-DW происходит не линейно, по мере повышения количества в дизельном топливе, так повышение ЦЧ на 1-ну единицу происходит при дозировке присадки 1100 ppm, повышение ЦЧ на 2 ед. происходит при дозировке присадки 5000 ppm, на 2,5 ед. ЦЧ повышается при дозировке присадки 9000 ppm.

Характер изменения цетанового числа (Δ ЦЧ) ДТ приходящийся на 100 ppm (удельный расход) присадки TPW-D и TPW-DW, показывающий эффективность применения присадки представлен на рис. 1.2.

Δ ЦЧ/100 ppm

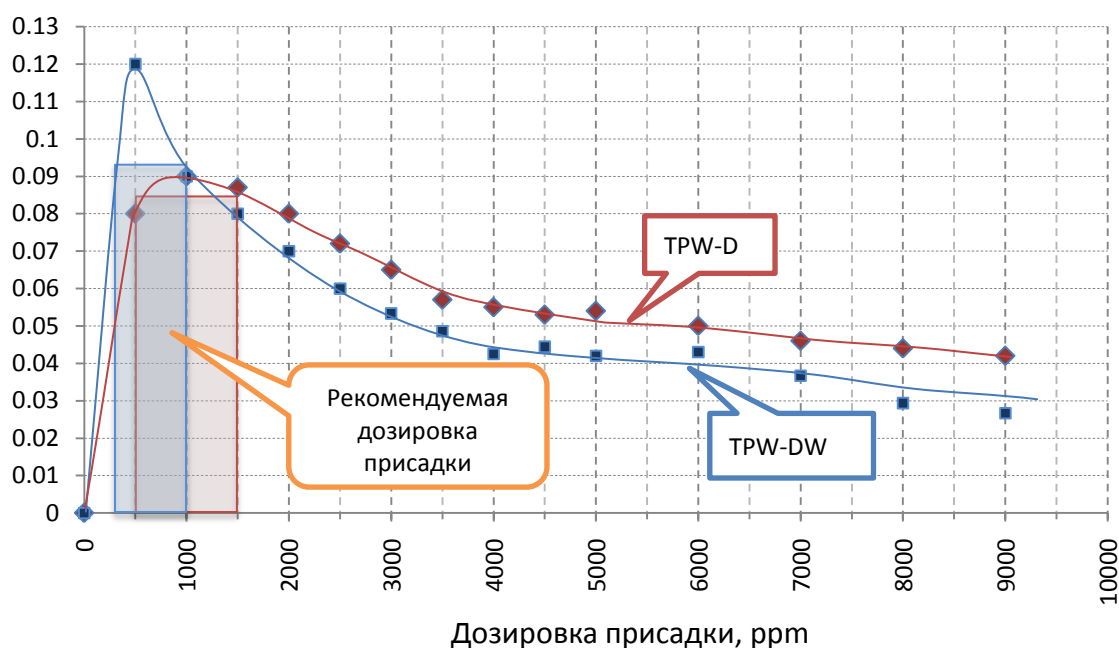


Рис. 1.2 Изменение цетанового числа (Δ ЦЧ) ДТ приходящийся на 100 ppm присадки

Наибольший эффект изменения цетанового числа (Δ ЦЧ) ДТ приходящийся на 100 ppm присадки TPW-D обеспечивается при дозировке 1000 ppm. Рекомендуемая дозировка для присадки **TPW-D** составляет **600...1500 ppm** и обеспечивает наибольшую эффективность применения.

Наибольший эффект изменения цетанового числа (Δ ЦЧ) ДТ приходящийся на 100 ppm присадки TPW-DW обеспечивается при дозировке 500 ppm. Рекомендуемая дозировка для присадки **TPW-DW** составляет **400...1000 ppm** и обеспечивает наибольшую эффективность применения.

Увеличение дозировки присадки TPW-D и TPW-DW в дизельном топливе более 5000 ppm приводит к значительному расходу присадки и снижению экономической эффективности ее применения.

1.2 Анализ изменения щелочного числа образца дизельного топлива с присадкой

Щелочное число – показатель, характеризующий моющую способность топлива. Характер изменения щелочного числа ($\Delta\text{ЩЧ}$) ДТ в зависимости от концентрации присадки TPW-D и TPW-DW представлен на рис. 1.3.

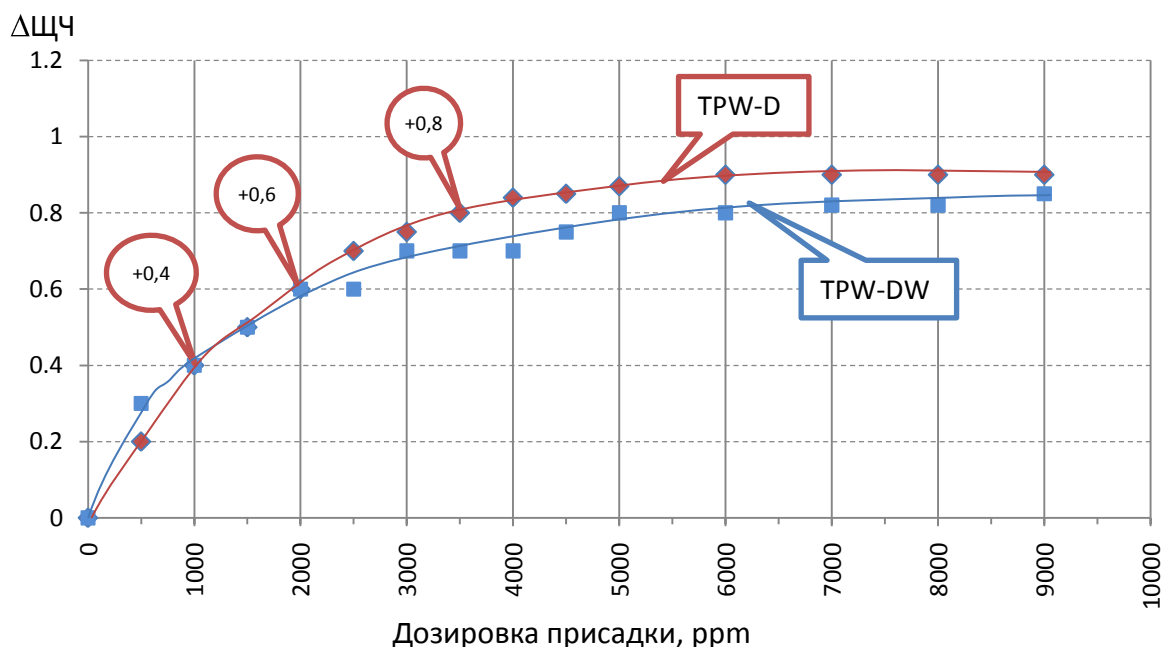


Рис. 1.3 Изменение щелочного числа ($\Delta\text{ЩЧ}$) ДТ в зависимости от концентрации присадки

Увеличение щелочного числа ($\Delta\text{ЩЧ}$), т.е. моющей способности топлива происходит не линейно, по мере повышения количества присадки TPW-D в дизельном топливе (ДТ), при этом наибольшая интенсивность повышения $\Delta\text{ЩЧ}$ наблюдается при дозировке присадки TPW-D и TPW-DW от 500 до 1400 ppm (рис. 1.3), при дальнейшем увеличении концентрации присадки увеличение интенсивности роста $\Delta\text{ЩЧ}$ снижается, при дозировке 6000 ppm – изменение $\Delta\text{ЩЧ}$ не происходит. Так повышение $\Delta\text{ЩЧ}$ на 0,4 единицы происходит при дозировке присадки 1000 ppm, повышение $\Delta\text{ЩЧ}$ на 0,6 ед. происходит при дозировке присадки 2000 ppm. $\Delta\text{ЩЧ}$ повышается на 0,8 ед. при дозировке присадки TPW-D в концентрации 3500 ppm и присадки TPW-DW в концентрации 5600 ppm.

Характер изменения щелочного числа ($\Delta\text{ЩЧ}$) образца ДТ приходящийся на 100 ppm присадки TPW-D и TPW-DW, показывающий эффективность изменения моющих свойств присадки в зависимости от ее дозировки представлен на рис. 1.4.

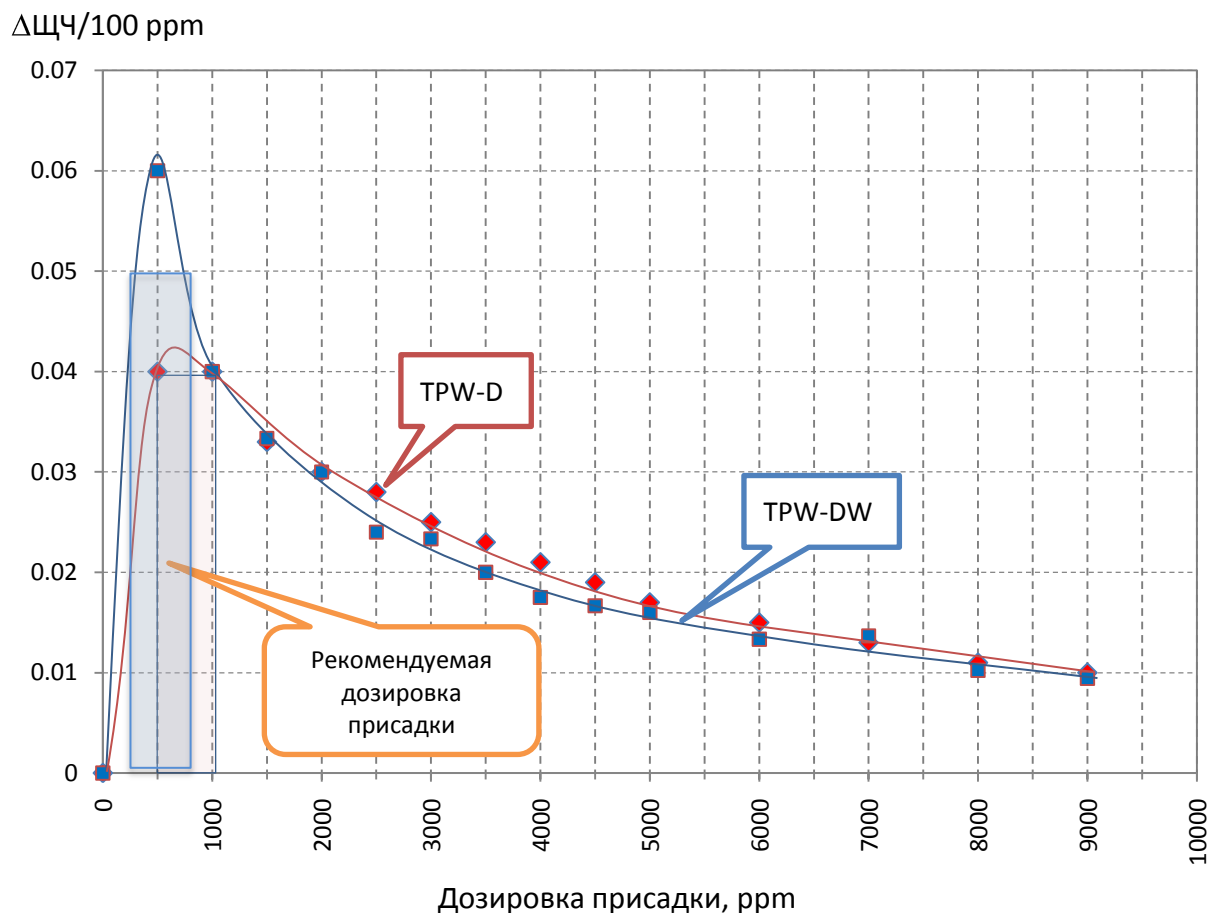


Рис. 1.4 Изменение щелочного числа ($\Delta\text{ЩЧ}$) ДТ приходящийся на 100 ppm присадки

Наилучший эффект изменения щелочного числа ($\Delta\text{ЩЧ}$) образца ДТ приходящийся на 100 ppm присадки **TPW-D** обеспечивается при дозировке присадки **600...1100 ppm**. Рекомендуемая дозировка для ДТ составляет 500...1000 ppm и обеспечивает наибольшую эффективность применения. Наибольший эффект изменения щелочного числа ($\Delta\text{ЩЧ}$) ДТ приходящийся на 100 ppm присадки TPW-DW обеспечивается при дозировке 500 ppm. Рекомендуемая дозировка присадки **TPW-DW** составляет **300...800 ppm** и обеспечивает наибольшую эффективность применения.

Увеличение дозировки присадки TPW-D и TPW-DW в дизельном топливе более 4000 ppm приводит к значительному расходу присадки и снижению экономической эффективности ее применения.

1.3 Результаты исследования фракционного состава дизельного топлива с присадкой

Фракционный состав выражает зависимость между температурой и количеством перегоняемого при этой температуре топлива. Результаты исследования фракционного состава дизельного топлива с присадкой TPW-D и TPW-DW представлены в табл. 1.5 и 1.6.

Табл. 1.5 Фракционный состав испытуемых образцов ДТ

Объем , мл	ДТ чистое	ДТ +TPW-D 2000 ppm		ДТ +TPW-DW 2000 ppm	
	Температура разгонки, °С	Температура разгонки, °С	Отклонение , °С	Температура разгонки, °С	Отклонение , °С
0	169,4	171,3	1,9	170,3	0,9
5	186,8	187,2	0,4	183,8	-3
10	195,8	195,7	-0,1	196,3	0,5
15	203,6	204,2	0,6	202,6	-1
20	211,2	212,1	0,9	212,4	1,2
25	219,3	219,5	0,2	218,9	-0,4
30	227	228,2	1,2	225,7	-1,3
35	234,9	235,3	0,4	234,4	-0,5
40	242,9	243,6	0,7	242,3	-0,6
45	250,8	251,9	1,1	251	0,2
50	258,4	260,3	1,9	258	-0,4
55	266,4	268,4	2	267,6	1,2
60	274,5	276,3	1,8	275,6	1,1
65	282,6	284,3	1,7	283	0,4
70	290,8	293,1	2,3	291,5	0,7
75	300,1	301,5	1,4	300,7	0,6
80	308,2	311,2	3	310,4	2,2
85	317,8	321,3	3,5	320	2,2
90	328,8	332,9	4,1	331,7	2,9
95	341,5	348	6,5	347,1	5,6
К.К.	345	351,1	6,1	350,9	5,9

(К.К.) – конец кипения

Изменения температуры разгонки ДТ при добавлении присадки TPW-D (2000 ppm) до 80 % топлива не более чем на 3 °С, наибольшее повышение температуры наблюдается 95 % фракции на 6,5 °С.

Фракционный состав имеет важное эксплуатационное значение, так как характеризуют испаряемость топлив в двигателях и давление паров при различных температурах.

Температуры начала кипения и выкипания 10 % объема характеризуют пусковые свойства топлива.

Температура 50 % объема выкипания оказывает влияние на быстроту прогрева холодного двигателя, расход топлива и приемистость двигателя.

Температуры 90, 95 % объема и конец кипения (К.К.) характеризуют полноту испарения топлива. Результаты представлены в табл. 1.6.

Табл. 1.6. Фракционный состав испытуемых образцов ДТ

Объем перегонки	ДТ чистое	ДТ +TPW-D 2000 ppm		ДТ +TPW-DW 2000 ppm	
	Температура разгонки, °С	Температура разгонки, °С	Отклонение , °С	Температура разгонки, °С	Отклонение , °С
10%	195,8	195,7	-0,1	196,3	0,5
50%	258,4	260,3	1,9	258	-0,4
90%	328,8	332,9	4,1	331,7	2,9

Для наглядного сравнения результатов исследований на рис. 1.5 представлен график сравнения разгонок ДТ с присадками.

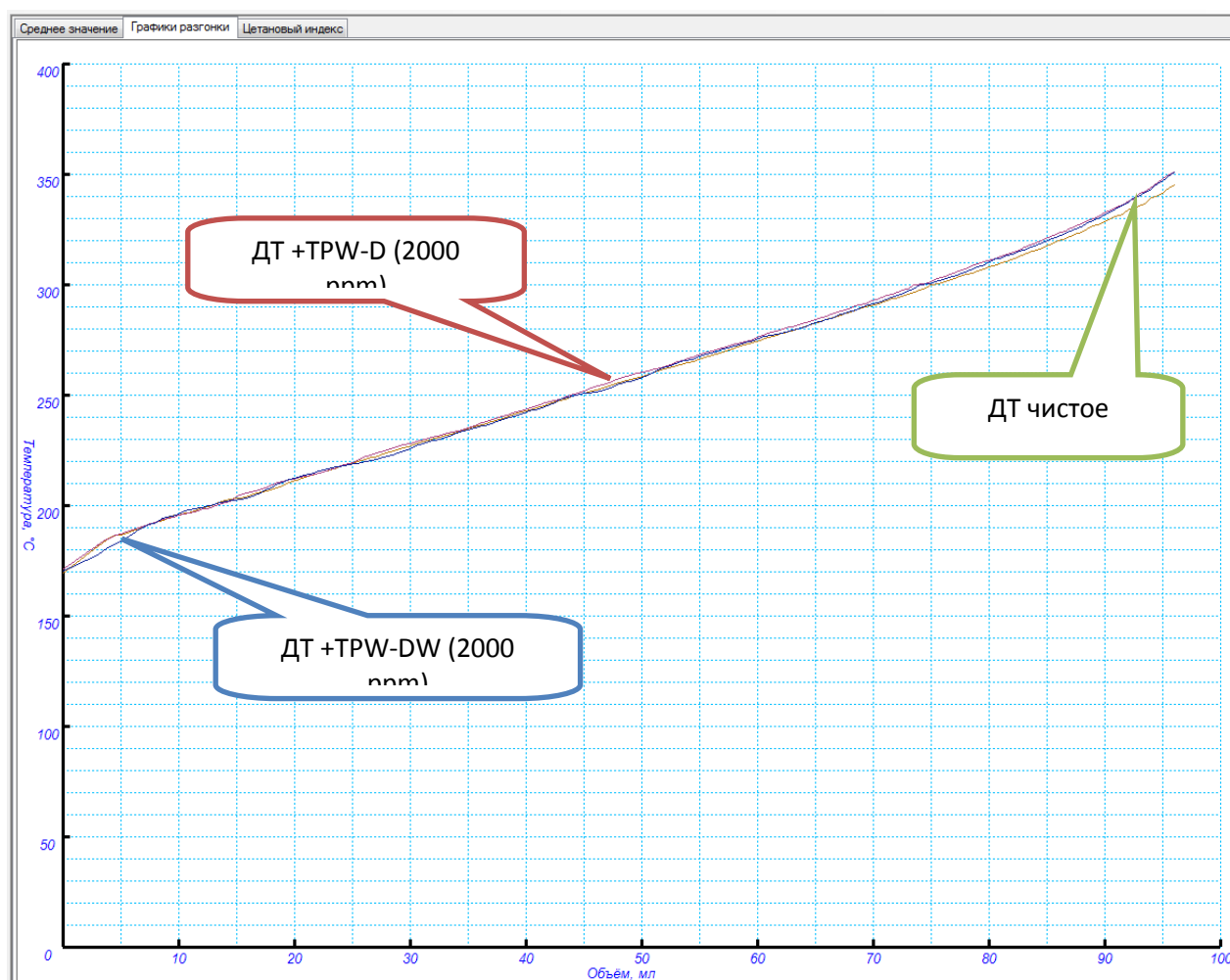


Рис. 1.5 График сравнения разгонок ДТ с присадками

Применение присадки TPW-D (2000 ppm) для образца ДТ приводит к **незначительному** (0...+6,5°С) изменению фракционного состава ДТ.

Применение присадки TPW-DW (2000 ppm) для образца ДТ приводит к **незначительному** (-3...+5,9°С) изменению фракционного состава ДТ.

1.4 Результаты исследования низкотемпературных свойств дизельного топлива с присадкой

Температурой застывания называется такая температура, при которой нефтепродукт теряет свою подвижность. Потеря подвижности нефтепродуктов может быть вызвана либо выделением твердых парафиновых углеводородов, либо повышением их вязкости при низких температурах.

Результаты исследования температура застывания дизельного топлива с присадкой TPW-DW представлены в табл. 1.7.

Табл. 1.7. Температура застывания дизельного топлива с присадкой TPW-DW

Дозировка присадки, ppm	Температура застывания, T °C	ΔT , °C
0	-4,3	0
200	-6,3	-2,0
400	-8,5	-4,2
600	-11,2	-6,9
800	-14,1	-9,7
1000	-16,8	-12,5
1200	-20,1	-15,8
1400	-23,7	-19,4

Изменение температуры застывания (ΔT , °C) дизельного топлива в зависимости от концентрации присадки TPW-DW представлено на рис 1.6.

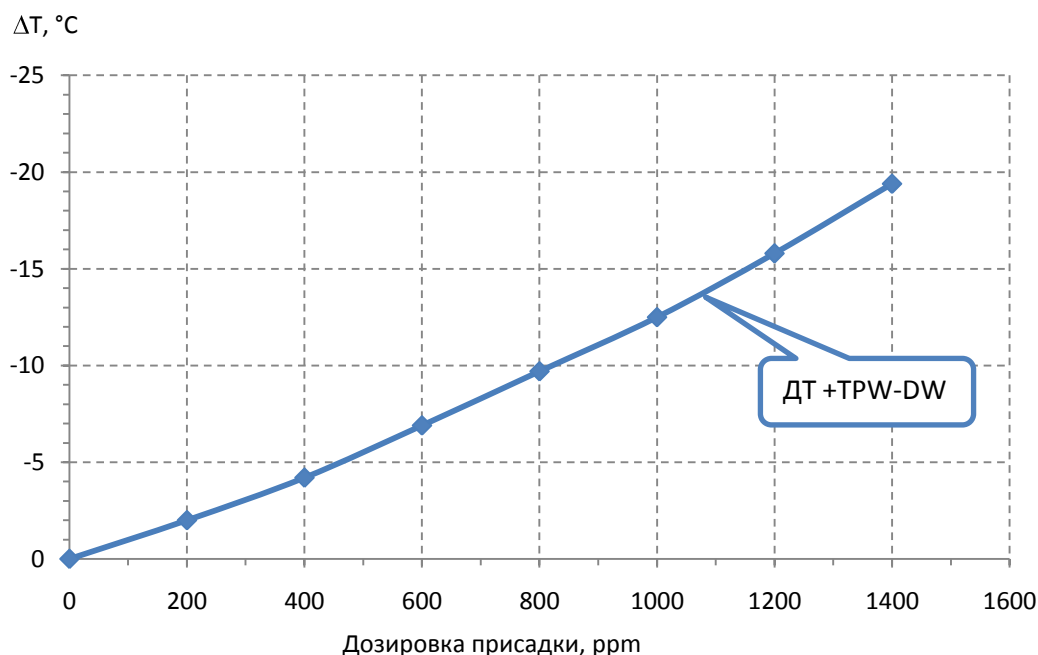


Рис. 1.6 Изменение температуры застывания (ΔT) ДТ в зависимости от концентрации присадки

Анализ изменения температуры застывания дизельного топлива в зависимости от концентрации присадки происходит не линейно, по мере повышения количества присадки TPW-DW в ДТ, так снижение температуры на 5°C достигается при дозировки 455 ppm, снижение температуры на 10°C достигается при дозировки 830 ppm, снижение температуры на 15°C достигается при дозировки 1150 ppm, снижение температуры на 20°C достигается при дозировки 1450 ppm (рис. 1.6).

При дозировки присадки TPW-DW в ДТ 500 ppm, происходит снижение температуры застывания образца на 5,5°C, при 800 ppm, происходит снижение температуры застывания образца на 9,6°C, при 1000 ppm, происходит снижение температуры застывания образца на 12,6°C, при 1400 ppm, происходит снижение температуры застывания образца на 19,3°C.

Для **упрощенного определения температуры застывания (Т)** дизельного топлива при добавке присадки TPW-DW можно воспользоваться следующей эмпирической зависимостью:

$$T = - 0,013 \cdot D_{TPW-DW} + T_{ДТ}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

где Т – температуры застывания дизельного топлива с присадкой, °C;

D_{TPW-DW} – дозировка присадки, ppm

$T_{ДТ}$ – температуры застывания дизельного топлива (до введения присадки), °C.

Пример расчета добавления 1000ppm (1000мл на 1000 л) присадки TPW-DW в дизельное топливо с температурой застывания (-3) °C.

$$T = - 0,013 \cdot 1000 + (-3) = -16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таким образом, дизельное топливо с температурой застывания (-3) °C после добавления присадки TPW-DW в концентрации 1000ppm – будет иметь температуру застывания -16 °C.

Заключение

Проведенные лабораторные исследования образца дизельного топлива показали, что применение присадки TPW-D улучшает его основные показатели, такие как цетановое число и щелочное число.

Рекомендуемая дозировка присадки TPW-D составляет **от 600 до 1500 ppm** (600...1500 мл на 1000 литров топлива или 600...1500 грамм на 1 тонну топлива).

Рекомендуемая дозировка присадки TPW-DW составляет **от 300 до 1400 ppm** (300...1400 мл на 1000 литров топлива или 300...1400 грамм на 1 тонну топлива).

Оптимальная дозировка присадки TPW-D для ДТ составляет **1000 ± 100 ppm**, что обеспечит повышение цетанового числа на $0,85 \pm 0,2$ ед. и щелочного числа (моющей способности) ДТ на $0,4 \pm 0,02$ ед.

С целью интенсивной очистки топливной системы дизеля, возможно применения присадки TPW-D в дозировке **до 3500 ppm** (3500 мл на 1000 литров топлива или 3500 грамм на 1 тонну топлива).

Применение присадки TPW-D и TPW-DW в концентрации 2000 ppm приводит к **незначительному** (менее 2%) изменению фракционного состава.

Применение присадки TPW-DW достаточно эффективно снижает температуру застывания дизельного топлива, так:

- снижение температуры на 5°C достигается при дозировки 455 ppm;
- снижение температуры на 10°C достигается при дозировки 830 ppm;
- снижение температуры на 15°C достигается при дозировки 1150 ppm;
- снижение температуры на 20°C достигается при дозировки 1450 ppm.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализатор качества нефтепродуктов SHATOX SX-300 / Руководство по эксплуатации, Россия, г. Томск, 2008 г. – 24 с.
2. Анализатор автоматический фракционного состава нефтепродуктов "АФСА-2" / Руководство по эксплуатации, Минск БМЦ 2008 г. – 51 с.
3. Automobile Fuel Handbook / K.Owen, T.Coley. - New-York, SAE, 1990. - 650 p.
4. Автомобильный справочник Bosch / М. ЗАО «КЖИ «За рулем» , 2004. – 992 с.
5. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учеб. пособие / А.Н.Карташевич, В.С. Товстыка, А.В. Гордеенко – Минск: Новое знание; М. ИНФРА-М, 2014. – 421 с.

Приложение



СИСТЕМА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОРГАН ПО АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
КОМИТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОССТАНДАРТ

АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ CERTIFICATE OF ACCREDITATION

Регистрационный номер: BY/112 02.1.0.1609 от 08.06.2009 г.

подтверждает, что

**научно-исследовательская лаборатория
испытания двигателей внутреннего сгорания и топлива
Учреждения образования «Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»
ул. Мичурина, 5, 213407,
г. Горки, Могилевская область**

соответствует критериям
Системы аккредитации Республики Беларусь и
аккредитована на соответствие требованиям
СТБ ИСО/МЭК 17025

Область аккредитации определена приложением к настоящему
аттестату аккредитации

Срок действия

аттестата аккредитации: с 08 июня 2009 г. по 08 июня 2014 г.

г. Минск, 08 июня 2009 г.

Заместитель руководителя
Национального органа по аккредитации –
Заместитель Председателя Госстандарта



С.А.Ивлев

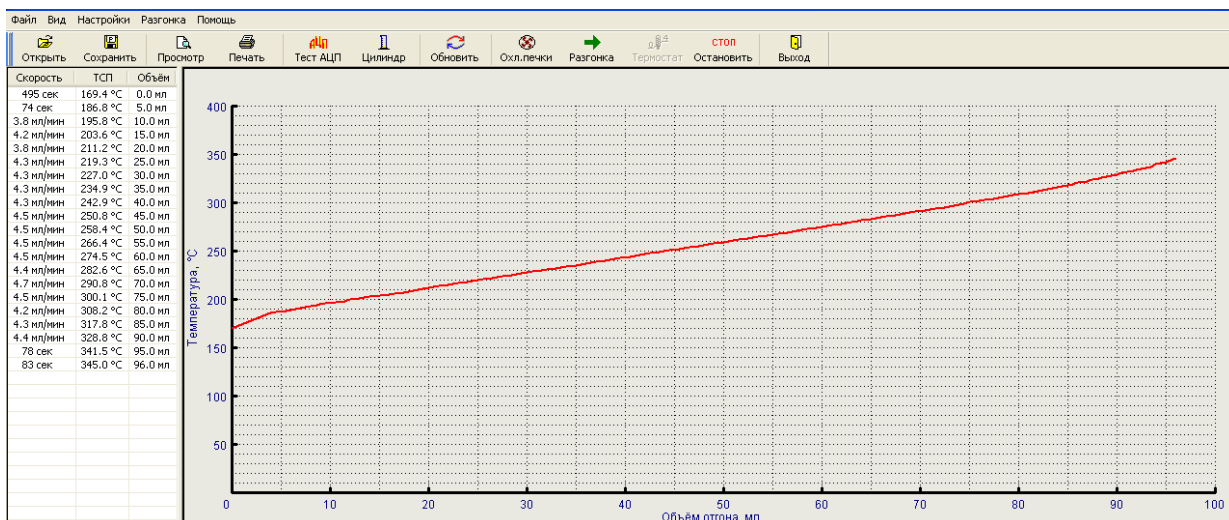


Рис. 1 Снимок разгонки чистого ДТ

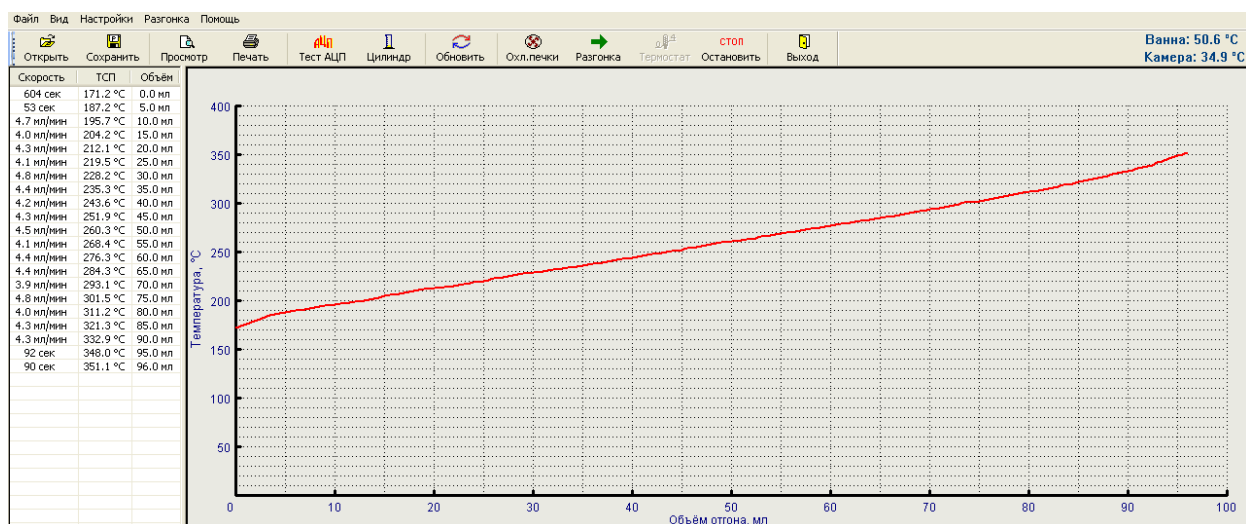


Рис. 2 Снимок разгонки ДТ с присадкой TPW-D (2000 ppm)

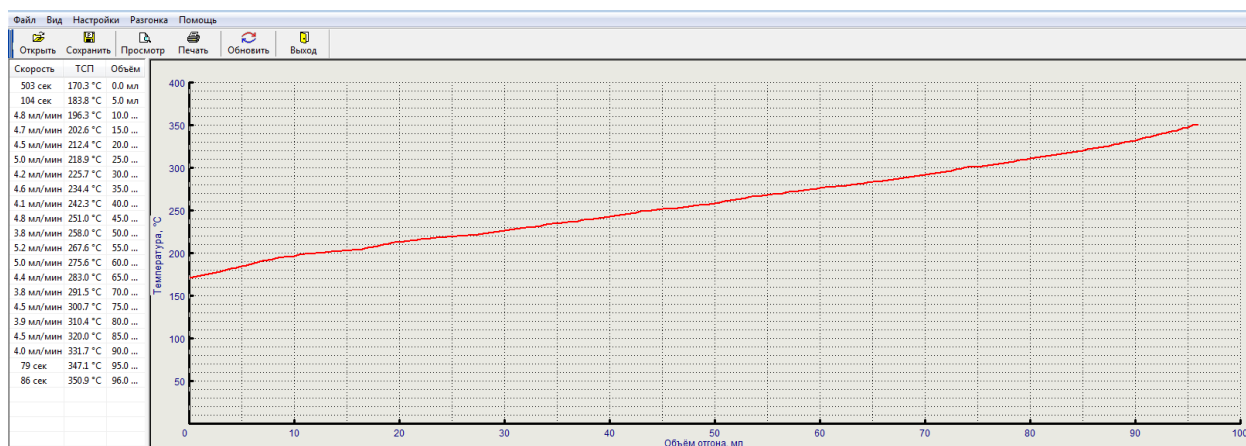


Рис. 2 Снимок разгонки ДТ с присадкой TPW-DW (2000 ppm)

)