

ученой степени доктора технических наук / Южно-Уральский государственный аграрный университет. Челябинск, 2010.

5. Шепелев С.Д., Кравченко И.Н. Согласование параметров технических средств на уборке зерновых культур. /Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 7–8 (221). С. 71–76.

6. Эксплуатационно-технологические показатели тракторов общего назначения. Окунев Г.А., Шепелёв С.Д., Кузнецов Н.А., Астафьев В.Л./Челябинск, 2014.

7. Совершенствование технологии м средств выполнения зерноуборочных процессов в сельском хозяйстве. Шепелёв С.Д., Плаксин А.М., Гриценко А.В., Аверьянов Ю.И., Глемба К.В., Черкасов Ю.Б., Бурцев А.Ю. /Челябинск, 2018.

**Abstract.** The sealing mechanism of the seal is determined by the presence or absence of a liquid film in the sealed joint. This simultaneously determines the mode of friction, the intensity of wear and the method of calculating the operability and durability of the seal. The possibilities of occurrence and parameters of a liquid film depend on the loading mode, the chemical and physical characteristics of the working fluid and sealing surfaces, and other structural, technological and operational factors, the analysis of the influence of which is especially relevant for relatively little studied self-sealing seals such as elastic thin-wall shells.

УДК 621.436.004+665.753.4

**Карташевич А.Н.**, доктор технических наук, профессор;

**Гордеенко А.В.**, кандидат технических наук, доцент;

**Белоусов В.А.**, кандидат технических наук, доцент

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,*

*Горки, Республика Беларусь*

## **СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

**Аннотация.** В статье приводится описание процесса застывания дизельного топлива (ДТ) в зависимости от содержания в нем *n*-алканов, рассмотрено влияние фракционного состава дизельного топлива на его низкотемпературные свойства.

При воздействии низких температур топливо проходит три стадии текучести:

- на первой стадии топливо мутнеет, начинает образовываться осадок;
- стадия достижения предельной температуры фильтруемости ( $t_{\Phi}$ ), при которой дизельное топливо забивает топливный фильтр и перестает поступать в топливный насос;
- на стадии застывания молекулы *n*-парафинов застывают и слипаются до такой степени, что топливо превращается в подобие желе, не способное двигаться по топливной системе

Несмотря на то, что *n*-парафины снижают качество топлива в зимний период, они также являются важнейшим смазывающим элементом, обеспечивающим работу топливной системы, в том числе и топливных насосов высокого давления.

Низкотемпературные свойства – температуры помутнения ( $t_{\Pi}$ ) и застывания ( $t_3$ ) зависят, главным образом, от фракционного состава ДТ (таблица 1) [1].

Данные таблицы 1 показывают, что для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние топлива получают облегчением фракционного состава. Так, для получения дизельного топлива с  $t_{\Pi} = -25$  °С и  $t_3 = -35$  °С требуется понизить температуру конца кипения топлива с 360 до 320 °С, а для топлива с  $t_{\Pi} = -35$  °С и  $t_3 = -45$  °С – до 280 °С, что приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти с 42 до 30,5 и 22,4 % соответственно [1,7,8].

Таблица 1 – Влияние фракционного состава ДТ на низкотемпературные свойства

| Показатели                        | Фракции, °С |         |         |         |         |         |         |
|-----------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                   | 160-280     | 160-320 | 160-350 | 160-370 | 160-390 | 180-350 | 180-370 |
| Выход на нефть, % масс.           | 22,4        | 30,5    | 35,9    | 39,2    | 42,0    | 32,2    | 35,5    |
| Фракционный состав:               |             |         |         |         |         |         |         |
| начало кипения, °С                | 188         | 190     | 192     | 194     | 197     | 210     | 211     |
| перегоняется при температуре, °С: |             |         |         |         |         |         |         |
| 10% об.                           | 198         | 201     | 203     | 205     | 211     | 228     | 227     |
| 50 % об.                          | 226         | 245     | 258     | 265     | 274     | 272     | 275     |
| 90 % об.                          | 260         | 295     | 320     | 336     | 354     | 327     | 340     |
| 98 % об.                          | 273         | 306     | 332     | 347     | 362     | 338     | 347     |
| Температура, °С:                  |             |         |         |         |         |         |         |
| помутнения                        | -38         | -28     | -17     | -11     | -6      | -13     | -5      |
| застывания                        | -47         | -35     | -30     | -19     | -13     | -22     | -14     |

В летних дизельных топливах содержатся Н-алканы углеродного ряда  $C_9 - C_{25}$ , причем максимум приходится на углеводороды  $C_{11}-C_{19}$ . В зимних и арктических дизельных топливах в основном содержатся Н-алкановые углеводороды с числом углеродных атомов  $C_8 - C_{18}$ , а максимум приходится на  $C_{11}-C_{12}$ .

Таким образом, низкотемпературные свойства дизельных топлив изменяются в широком диапазоне, определяемом, прежде всего, содержанием в них Н-алкановых углеводородов и их температурами плавления. Доказано, что при увеличении содержания суммарных твердых углеводородов в летних ДТ с 5 до 30 % масс. их температура застывания повышается на  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$  – с  $-15$  до  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Наибольшее влияние на низкотемпературные свойства ДТ оказывают высокоплавкие Н-алкановые углеводороды  $C_{22}-C_{24}$ . Товарные образцы летних ДТ могут иметь  $t_{\text{пл}} -5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже, если содержание в них Н-алкановых углеводородов  $C_{19}-C_{25}$  не превышает 4,0 % масс. Чтобы предельная температура фильтруемости ( $t_{\text{ф}}$ ) не превысила  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , концентрация Н-парафиновых углеводородов не должна быть более 2 % масс.

Для изучения процесса образования Н-алканов в дизельном топливе нами были проведены исследования по определению количества кристаллов парафинов в топливе марки ДТ-Л-К5 (Сорт F вид III) с предельной температурой фильтруемости не выше минус  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  СТБ 1658-2015, которое наиболее распространено в переходной осенне-зимний период в условиях умеренного климата. Исследования проводились на спектрофотометре СФ-26 согласно методике, приведенной в работе [2] при длине волны спектра 1000 нм для двух образцов топлив с температурами помутнения и застывания  $t_{\text{п}} = -6\text{ }^{\circ}\text{C}$   $t_3 = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_{\text{п}} = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$   $t_3 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$  соответственно. Для этого в монохроматический поток света поочередно вводился образец дизельного топлива (топливо с температурой  $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , которая соответствует температуре кристаллизации Н-октодекана) и образцы топлива которые подлежат измерению в интервале температур от  $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент пропускания светового потока топлива при  $t = +28\text{ }^{\circ}\text{C}$  принимался за 100 %, а при введении топлива с  $t = +28 \dots -28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , показаниям измерительного прибора соответствовала величина пропускания в процентах. Измерение температуры топлива осуществлялось терморезисторами КС-22 и цифровым вольткилоомметром ВК2-6.

Влияние температуры объем Н-алканов исследуемых образцов топлива представлено на рисунке 1.

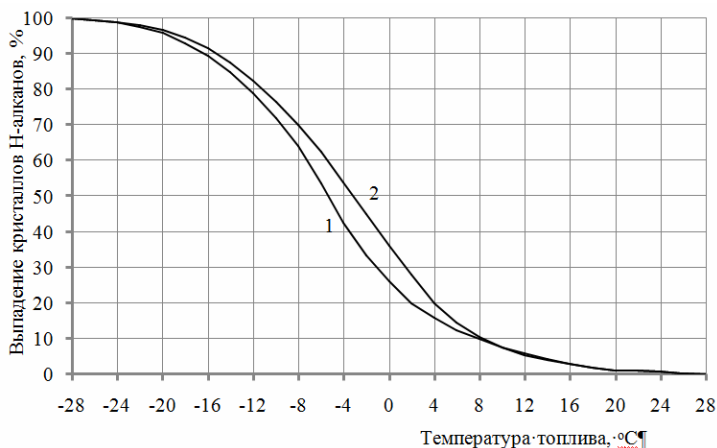


Рисунок 1 – Зависимость содержания Н-алканов в дизельном топливе от температуры:

- 1 – топливо с температурами помутнения  $t_{п}=-6$  °С и застывания  $t_{з}=-12$ °С;
- 2 – топливо с температурами помутнения  $t_{п}=-2$  °С и застывания  $t_{з}=-10$  °С.

Анализируя приведенные кривые (рисунок 1), можно отметить, что при снижении температуры дизельного топлива от +28 °С до +8 °С количество Н-алканов плавно увеличивается от 0 % до 10 %. Понижение температуры топлива от +8 °С до температуры застывания вызывает резкое нарастание кристаллической фазы до 80 %. Дальнейшее снижение температуры ведет к плавному увеличению кристаллической фазы до 100 % (при  $T=-28$  °С). При температуре помутнения дизельного топлива количество кристаллов Н-алканов составляет около 50%. Обобщая изложенное выше, можно сделать вывод, что процесс образования парафинов в дизельном топливе марки "Л" непрерывный в температурном интервале от +28 °С до -28 °С.

В настоящее время существует три способа, предотвращающее это нежелательное явление:

1. Воздействие на свойства дизельного топлива в процессе его производства и потребления.
2. Адаптацией конструкции топливной системы дизеля к отрицательным температурам.

3. Созданием условий, смягчающих негативное воздействие внешних факторов как на работу агрегатов топливоподающей системы, так и на свойства самого топлива.

Первая группа в основном сводится к добавлению депрессорных присадок, которые повышают текучесть и прокачиваемость топлив при низких температурах. Однако эффективность действия депрессорных присадок зависит от их концентрации в топливе, его углеводородного состава и наличия в нем асфальто-смолистых веществ. Ввод присадок в дизельное топливо с присутствием воды, которая всегда содержится в условиях эксплуатации, неблагоприятно сказывается на эффективности их применения. Поэтому эффект от депрессорных присадок в реальных условиях всегда оказывается ниже, чем при специальных целевых испытаниях.

Вторая группа – направлена на улучшение низкотемпературной прокачиваемости дизельного топлива. Реализация программы IGF-3 европейского координационного совета по совершенствованию методов испытаний смазок и моторных топлив позволит лишь определить арсенал средств улучшения работоспособности дизельных топлив при низких температурах, а также количественно оценить влияние того или иного фактора.

Третья группа может реализоваться как на стадии создания дизельных установок (размещение агрегатов в местах, защищенных от обдува холодным воздухом), так и в эксплуатации. Однако самый радикальный способ этой группы - подогрев топлива. Применение электроподогревателя позволяет решить проблемы как прокачиваемости, так и фильтруемости дизельного топлива. Кроме того, подогрев топлива позволит снизить выброс вредных веществ в атмосферу с отработавшими газами и расход топлива дизелем, поскольку улучшается процесс сгорания.

Для обеспечения работоспособности топливной системы дизеля в условиях отрицательных температур нами предложен ряд электронагревательных устройств [3,4,5], предназначенных для плавления кристаллов Н-алканов в топливе и установленных на линии низкого давления.

Большое влияние на возникновение и развитие кристаллов парафиновых углеводородов в нефтепродуктах имеет углеводородный состав, определяющий неодинаковую растворимость парафинов в углеводородах различных классов низкозастывающей части нефтепродуктов.

Кристаллы парафина, выделяющиеся из нефтепродуктов при охлаждении, полидисперсны. Скорость образования кристаллов зависит от концентрации парафиновых углеводородов в топливе и их температуры плавления, температурной кривой растворимости, определяемой углеводородным составом топлива и молекулярной массой парафинового углеводорода, а также от скорости охлаждения топлива и интенсивности его перемешивания. Скорость роста кристаллов также зависит от скорости охлаждения топлива, концентрации выделившихся парафиновых углеводородов, вязкости среды и наличия в топливе поверхностно-активных веществ.

#### Список литературных источников

1. А.Н. Карташевич, Г.М. Кухаренок, А.В. Гордеенко, Д.С. Разинкевич. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации / Монография. – Горки: БГСХА, 2005. – 172 с.
2. Карташеіч А.М., Кожушко В.К. Працэс утварэння крышталев парафінаў у дызельнаў паліве. // Весці акадэміі аграрных навук Беларусі – Мінск, № 1, 1994. – С. 115–117.
3. Патент ВУ № 1766 U F 02M 31/00, F02N 17/00. Система облегчения работы дизеля при низких температурах. А.Н. Карташевич, А.В. Гордеенко, Д.С. Разинкевич; заявл. 18.03.2002; опубл. 22.03.2004; Бюл. № 2, 23 с.
4. Патент ВU № 1767 U F 02B 77/00. Система защиты топливной аппаратуры дизеля. А.Н. Карташевич, А.В. Гордеенко, Д.С. Разинкевич; заявл. 18.03.2002; опубл. 22.03.2004; Бюл. № 2, 23 с.
5. Пат. 2007609 РФ, МКИ F-02 М 31/12. Подогреватель дизельного топлива./ А.Н. Карташевич, В.С. Бранцевич, В.Д. Прудников (Беларусь). – № 4896914/ 06; заявл. 26.12.90; опубл. 15.02.94; Бюл. № 3.
6. Б.А. Энглин. Применение жидких топлив при низких температурах. – М.: Химия, 1980. – 208 с.
7. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости. Учебное пособие. /А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка, А.В. Гордеенко// Минск, «Новое знание». Москва, «ИНФРА-М». 2015. – 420 с.