

## ОБЗОР УСТРОЙСТВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А. Н. КАРТАШЕВИЧ, д-р техн. наук, профессор

А. В. ГОРДЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент

О. В. ГОРДЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Одна из важнейших эксплуатационных характеристик дизельного топлива (ДТ) – его низкотемпературные свойства, характеризующие его подвижность при отрицательной температуре.

К основным низкотемпературным свойствам дизельных топлив относятся три показателя: температура помутнения ( $t_n$ ) – при которой из топлива начинают выпадать первые кристаллы парафина, температура застывания ( $t_3$ ) – при которой топливо теряет подвижность при малых усилиях сдвига, при этой температуре дизельное топливо полностью теряет свою подвижность из-за образования кристаллической сетки, возникающей при срачивании крупных кристаллов парафина при снижении температуры и предельная температура фильтруемости ( $t_\phi$ ) – характеризует минимальную температуру, при которой заданный объем топлива перекачивается через стандартный фильтр за определенный промежуток времени и характеризует работоспособность топливоподающей системы дизеля [1–4].

**Основная часть.** Низкотемпературные свойства – температуры помутнения и застывания регулируются, главным образом, фракционным составом ДТ (таблица).

Данные таблицы показывают, что для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние топлива получают облегчением фракционного состава. Так, для получения дизельного топлива с  $t_n = -25$  °С и  $t_3 = -35$  °С требуется понизить температуру конца кипения топлива с 360 до 320 °С, а для топлива с  $t_n = -35$  °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 [1–4].

В летних дизельных топливах содержатся *H*-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

*H*-алкановые углеводороды с числом углеродных атомов  $C_8 - C_{18}$ , а максимум приходится на  $C_{11} - C_{12}$ .

Таблица. Влияние фракционного состава ДТ на их низкотемпературные свойства

| Показатели                                | Фракции, °С |             |             |             |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | 160–<br>280 | 160–<br>320 | 160–<br>350 | 160–<br>370 | 160–<br>390 | 180–<br>350 | 180–<br>370 |
| Выход на нефть, % масс.                   | 22,4        | 30,5        | 35,9        | 39,2        | 42,0        | 32,2        | 35,5        |
| Фракционный состав:<br>начало кипения, °С | 188         | 190         | 192         | 194         | 197         | 210         | 211         |
| перегоняется при<br>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         |

Таким образом, низкотемпературные свойства дизельных топлив изменяются в широком диапазоне, определяемом, прежде всего, содержанием в них *H*-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 °С – с –15 до –2 °С. Наибольшее влияние на низкотемпературные свойства ДТ оказывают высокоплавкие *H*-алкановые углеводороды  $C_{22} - C_{24}$ . Товарные образцы летних ДТ могут иметь  $t_n$  –5 °С и ниже, если содержание в них *H*-алкановых углеводородов  $C_{19} - C_{25}$  не превышает 4,0 % масс. Чтобы  $t_{\phi}$  не превысила –10 °С, концентрация *H*-алкановых углеводородов не должна быть более 2 % масс., что недопустимо, так как они являются важнейшим смазывающим элементом, обеспечивающим работу топливной системы, в том числе и плунжерных пар топливных насосов.

Один из наиболее распространенных способов улучшения низкотемпературной прокачиваемости дизельных топлив – утепление топливных баков, трубопроводов, топливных фильтров, установка последних в подкапотном пространстве двигателя как можно ближе к выпускному коллектору. Преимущество этого способа в том, что не требуется дополнительных устройств, однако он имеет и существен-

ный недостаток, такой как низкая степень нагрева и невозможность разрушения кристаллов в период пуска и прогрева двигателя.

Повышенную степень нагрева получают применением специальных нагревательных устройств, таких как теплообменники отработавших газов, охлаждающей жидкости, излишков топлива или электронагревательные устройства.

Теплообменники, основанные на использовании отработавших газов, расположены в основном внизу топливного бака, либо в специальном корпусе, внутри которого расположены пучки труб. Суть этой конструкции в том, что выхлопные газы проходят по трубкам, которые обтекает дизельное топливо. Существенные недостатки таких теплообменников – сильная зависимость температуры теплоносителя от режима работы двигателя и низкий потенциал тепла газов при работе двигателя на холостом ходу.

Теплообменники с использованием тепла излишков топлива могут быть выполнены по всей длине всасывающего трубопровода по типу «труба в трубе». В литературе встречается описание подогревателей с использованием тепла излишков топлива от форсунок, выполненных в виде смесителей, расположенных в топливном баке недалеко от заборного штуцера. Кроме того, имеется описание теплообменников, использующих теплое топливо из головки топливного насоса высокого давления, которое поступает через редукционный клапан во всасывающую полость подкачивающего насоса.

К недостаткам этого способа можно отнести то, что разрушение кристаллов парафинов будет происходить лишь при запущенном и хорошо прогревом двигателе, однако это не исключает возможности забивания пробками парафинов в двойном штуцере. Кроме того, в данной конструкции не предусмотрен фильтр грубой очистки, и продукты износа прецизионных пар поступают опять к топливному насосу высокого давления, т.е. нет очистки топлива в ФГО.

На рис. 1 представлена схема фильтра тонкой очистки с электронагревательным устройством, выполненным из углеродных тканей. Подогреватель работает следующим образом. Перед пуском двигателя выключателем массы замыкается цепь, и электрический ток проходит через зажим 10, углеродную ткань 20, зажим 11, позистор 24. В результате этого нагревается углеродная ткань, что приводит к разрушению кристаллов парафинов, находящихся на ее поверхности, за счет чего обеспечивается улучшение условий фильтруемости дизельного топлива. Позистор 24 предотвращает перегрев и разрушение углерод-

ной ткани. Однако применение такого подогревателя не позволяет обеспечить нагрев дизельного топлива на линии всасывания, которая является наиболее критическим участком системы питания в условиях низких температур, кроме того, при эксплуатации трактора ФТО нагревается за счет тепла двигателя, и данная конструкция большую часть своего времени не будет работать.

В настоящее время ведутся разработки на добавление депрессантов в дизельное топливо в зависимости от его вязкости. Предложена система облегчения работы дизеля при низких температурах.

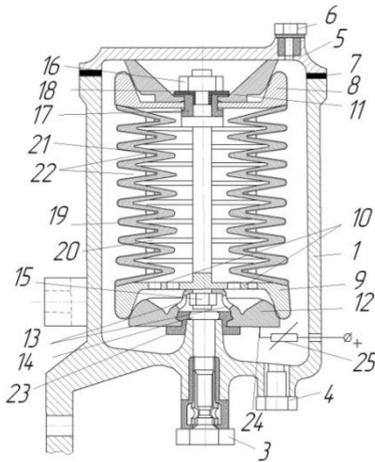


Рис. 1. Фильтр тонкой очистки с электронагревательным элементом:  
 1 – корпус ФТО; 2 – ось; 4 – сливная пробка; 5 – крышка корпуса; 6 – пробка для стравливания воздуха; 7 – прокладка; 8 и 9 – основания фильтрующего элемента; 10, 11, 12 и 24 – зажимы; 13 и 14 – отверстия; 15 и 16 – гайки; 17, 18 и 23 – диэлектрические втулки; 19, 21 и 22 – пружины; 20 – углеродная ткань; 25 – позистор

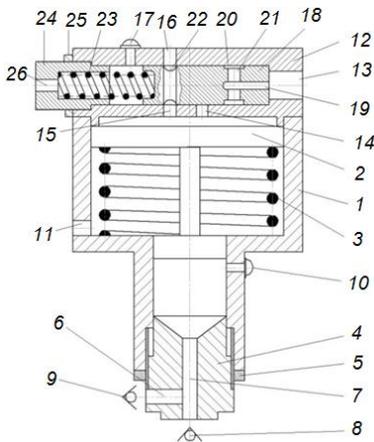


Рис. 2. Устройство для автоматического ввода депрессорной присадки:  
 1 – корпус; 2 – двухступенчатый поршень; 3 – пружина; 4 – штуцер; 5 – контргайка; 6 и 7 – осевое и радиальное сверления; 8 и 9 – обратные клапаны; 10 – винт для удаления воздуха; 11 – сверление, сообщающее межпоршневую полость с всасывающим коллектором; 12 – крышка; 13 – осевое сверление; 14, 15 и 16 – радиальные сверления; 17 – винт для удаления воздуха; 18 – золотник; 19 и 20 – осевое и радиальное сверления; 21 и 22 – проточки; 23 – пружина; 24 – штуцер; 25 – контргайка; 26 – осевое сверление, сообщающее с выходом из фильтра тонкой очистки

Система работает следующим образом. При температуре дизельного топлива, когда процессы кристаллики не протекают и фильтр не забит парафинами, топливо свободно проходит из топливного бака через фильтр грубой очистки, топливо-подкачивающий насос и фильтр тонкой очистки и далее поступает к топливному насосу высокого давления и форсункам. При этом пружина 23 удерживает золотник 18 в крайнем правом положении. Сверление 14 крышки 12 перекрыто золотником 18, а сверление 15 через проточку 22 золотника 18 и сверление 16 крышки 12 сообщает надпоршневую полость со всасывающим коллектором. Двухступенчатый поршень 2 под действием пружины 3 находится в крайнем верхнем положении. Депрессорная присадка через открытый обратный клапан 9, радиальное сверление 7, осевое сверление 6 штуцера 4 заполняет подпоршневую полость. Обратный клапан 8 в результате разности давлений в фильтре и подпоршневой полости устройства закрыт. Депрессорная присадка в фильтр не поступает.

При температуре дизельного топлива ниже температуры помутнения протекают процессы кристаллизации высокоплавких углеводородов. Парафины, выпадающие в виде кристаллов, забивают фильтрующий элемент, увеличивая его гидравлическое сопротивление. При этом возникает перепад давлений на фильтре, независящий от режима работы двигателя. За счет разности давлений на входе и выходе из фильтра золотник 18, установленный в крышке 12, начинает перемещаться влево, сжимая пружину 23. В результате чего перекрывается сверление 15 крышки 12, а сверление 14 через проточку 21, сверление 20 и 19 золотника 18, сверление 13 крышки 12 сообщается с входом в фильтр. Топливо начинает поступать в надпоршневую полость. Поршень 2 перемещается вниз, сжимая пружину 3. За счет разности площадей двухступенчатого поршня 2 давление в подпоршневой полости, где находится депрессорная присадка, намного выше, чем давление в надпоршневой полости и в фильтре. Под действием этого давления обратный клапан 9 закрыт и открывается обратный клапан 8. Депрессорная Присадка по каналу 6 штуцера 4 через обратный клапан 8 и трубопровод подается в фильтр. После впрыска присадки, когда поршень 2 упирается в своем крайнем нижнем положении в штуцер 4, обратный клапан 8 закрывается. Объем вводимой присадки регулируется штуцером 4 и контргайкой 5. Под действием депрессора кристаллы разрушаются, улучшаются условия фильтруемости и прокачиваемости дизельного топлива, тем самым снижается перепад давлений на фильтре.

Золотник 18 под действием пружины 23 перемещается в первоначальное положение, перекрывается сверление 14, а сверление 15 через проточку 22 золотника 18 и сверление 16 крышки 12 соединяет надпоршневую полость с всасывающим коллектором. Поршень 2 под действием пружины 3 перемещается вверх, вытесняя топливо из надпоршневой полости. При этом открывается обратный клапан 9 и по сверлениям 7 и 6 штуцера 4 в подпоршневую полость поступает новая порция депрессорной присадки. Перепад давлений, при котором срабатывает устройство, зависит от положения штуцера 24 с контрогайкой 25.

**Заключение.** Установка нагревательных элементов в корпусе топливных фильтров неизбежно приводит к изменению конструкции этих узлов и их эксплуатационных параметров. Этот недостаток присущ всем рассмотренным выше способам подогрева топлива с нагревательными элементами, встроенными в какой-либо агрегат системы питания двигателя. Поэтому для разрушения кристаллов *H*-алканов в топливе в условиях зимней эксплуатации должны быть использованы индивидуальные способы, которые не вносят конструктивных изменений в агрегаты системы питания принятой схемы топливоподачи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. – Москва: Инфра-М, 2015. – 420 с.
2. 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.
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. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2005. – 172 с.

*Аннотация.* Приведено описание процесса застывания дизельного топлива в зависимости от содержания в нем *H*-алканов, рассмотрено влияние фракционного состава дизельного топлива на его низкотемпературные свойства, предложены устройства для устройства для разрушения кристаллов *H*-алканов в дизельном топливе.

*Ключевые слова:* дизельное топливо, низкотемпературные свойства, фракционный состав, подогреватель топлива.