

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

*Кафедра Тракторы, автомобили и  
энергетические установки*

# СПРАВОЧНИК

*Попливо и смазочные  
материалы*

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА  
2017

**УДК 629.113.002.3.004**

**ББК 39.33-04**

*Печатается по рекомендации Ученого совета Института механизации и технического сервиса Казанского государственного аграрного университета и научно-технического совета МСХиП РТ*

**Рецензенты:** **Сахапов Р.Л.** – член-корреспондент АН РТ, д.т.н., профессор заведующий каф. "Дорожно-строительные машины" Казанского ГАСУ

**Булатов Р.Н.** – к.т.н., начальник отдела инженерно-технического обеспечения АПК МСХиП РТ

Хафизов К.А. и др.

**Топливо и смазочные материалы. Справочник** / К.А.Хафизов, А.К.Шигабутдинов, Ф.Г.Шафигуллин, Р.Н.Хафизов, А.А.Нурмиев. – Казань: Изд-во Казан. госуд. агр. ун-та, 2017. – 330 с.

Книга является кратким справочником по современным топливам и смазочным материалам. В ней приводятся характеристики современных топлив, смазочных материалов, технических жидкостей. Приводится информация о методах определения характеристик топлив и смазочных материалов, в том числе информация об экспресс-анализе состояния качества нефтепродуктов. Имеется отдельная глава о влиянии качества нефтепродуктов на показатели работы различных агрегатов сельскохозяйственной техники (на двигатель, трансмиссию и т.д.). Приведена информация о возникающих проблемах и путях их решения при переходе пассажирского автотранспорта, коммунальной и сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников, студентов технических лицеев, колледжей и вузов, водителей автотранспорта, операторов мобильной техники.

© Казанский государственный аграрный университет, 2017

© К.А.Хафизов, А.К.Шигабутдинов, Ф.Г.Шафигуллин, Р.Н.Хафизов, А.А.Нурмиев, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 РАЗДЕЛ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	6
1.1 Нефтепродукты - источники энергии.....	6
1.1.1 Дизельные топлива.....	12
1.1.2 Топлива для двигателей с искровым зажиганием.....	38
1.1.3 Газообразные топлива.....	59
1.2 Смазочные материалы.....	69
1.2.1 Моторные масла.....	70
1.2.2 Трансмиссионные масла.....	96
1.2.3 Масла для гидравлических систем.....	105
1.2.4 Пластичные смазки.....	108
1.3 Технические жидкости.....	118
1.3.1 Охлаждающие жидкости.....	118
1.3.2 Тормозные жидкости.....	124
1.3.3 Амортизационные жидкости.....	128
1.3.4 Пусковые жидкости.....	129
1.3.5 Электролиты для аккумуляторных батарей.....	130
1.4 Химические присадки.....	137
1.4.1 Реметаллизанты.....	141
1.4.2 Полимерсодержащие препараты.....	142
1.4.3 Кондиционеры поверхностей трения.....	144
1.4.4 Слоистые модификаторы трения.....	145
2 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	148
2.1 Методы анализа качества нефтепродуктов.....	148
2.1.1 Лабораторный анализ.....	150
2.1.1.1 Физические свойства нефтепродуктов: плотность, молекулярная масса, вязкость, температурные характеристики, давление насыщенных паров .....	150
2.1.2 Экспресс – анализ нефтепродуктов.....	164
2.1.2.1 Переносные лаборатории для экспресс–анализа....	164
2.1.2.2 Современные способы оценки и исправления качества нефтепродуктов.....	170
2.1.2.3 Моторные топлива.....	170
2.1.2.4 Моторные масла.....	176
2.2 Состояние качества нефтепродуктов на предприятиях АПК РТ и пути поддержания их качества.....	183
2.2.1 Качество нефтепродуктов по районам РТ.....	183
2.2.2 Пути сохранения качества нефтепродуктов.....	185
2.2.2.1 Транспортировка нефтепродуктов.....	185
2.2.2.2 Хранение нефтепродуктов и их потери.....	201

3 ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	217
3.1 Влияние качества моторного топлива на работу двигателя.....	217
3.1.1 Влияние качества бензина на работу двигателя.....	217
3.1.2 Влияние качества дизельного топлива на работу двигателя.....	224
3.1.3 Влияние показателей газообразных топлив на работу двигателя.....	229
3.1.4 Особенности применения альтернативных топлив.....	230
3.2 Показатели качества моторных масел и их влияние на работу двигателя.....	231
3.3 Влияние качества трансмиссионных масел на надежность агрегатов мобильной сельскохозяйственной техники.....	244
3.4 Влияние качества гидравлических масел на работу сельскохозяйственной техники.....	248
3.5 Влияние качества охлаждающих жидкостей на работу двигателей.....	248
3.6 Основные направления экономного и рационального использования нефтепродуктов с учетом повышения надежности и снижения эксплуатационных затрат.....	250
3.6.1 Экономия моторных топлив.....	250
3.6.2 Экономия масел и охлаждающих жидкостей.....	254
4 ПЕРЕХОДИМ НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО.....	259
4.1 Почему газ.....	260
4.1.1 Виды альтернативного топлива.....	260
4.2 Зарубежный опыт.....	271
4.2.1 Анализ зарубежного опыта использования природного газа .....	271
4.3 Законодательно-правовая и нормативно техническая поддержка перехода на газомоторное топливо.....	275
4.3.1 Законодательно-правовая база перехода на газомоторное топливо.....	275
4.3.2 Нормативно – техническая документация для перехода на газомоторное топливо.....	277
4.4 Проблемы и пути решения.....	283
4.5 Производители техники и оборудования.....	285
4.5.1 Производители ГБО.....	285
4.5.2 Поколения ГБО выпускаемые для бензиновых и дизельных двигателей.....	290
4.5.3 Сертифицированная заводская автотракторная техника для работы на газе.....	321
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	324
ЛИТЕРАТУРА.....	327

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на ограниченность мировых запасов нефти, количество мобильной техники, работающей на нефтяных топливах, растет. При этом ужесточаются требования экологов к выбросам токсичных веществ в окружающую среду. В связи с этим конструкторы вынуждены разрабатывать все более сложную технику, с целью удовлетворения требованиям по выбросу токсичных веществ – мобильная техника превращается в химический завод на колесах. Снижению выбросов токсичных веществ одновременно способствует улучшение качества моторных топлив, смазочных материалов.

В основу выбора и эффективного применения топлив и смазочных материалов, рабочих и технологических жидкостей положены сравнительные таблицы и поясняющие тексты. Такое представление справочной информации позволит успешно отвечать на множество практических вопросов, возникающих при эксплуатации автомобилей.

Автомобильный транспорт, коммунальная и сельскохозяйственная техника потребляют большую часть нефтяного топлива, смазочных материалов и специальных технических жидкостей и в этой связи проблема экономного применения этих материалов стоит наиболее остро. Наряду с увеличением выпуска более экономичных дизельных автомобилей, совершенствованием технического уровня выпускаемых бензиновых двигателей важное значение приобретает поиск путей замены дорогих видов топлива более дешевыми, перевод автомобилей на газовое топливо, повышение качества эксплуатационных материалов и их экономия за счет рационального применения в процессе эксплуатации автомобиля.

Расширить сырьевую базу автомобильных топлив и одновременно уменьшить вредное воздействие на экологию позволяет использование альтернативных топлив на основе газообразных углеводородов и перспективных смесей.

Книга знакомит с отечественными и международными классификаторами топлив и смазочных материалов, позволяет сравнивать их между собой и ориентироваться при выборе эксплуатационных материалов.

# 1 РАЗДЕЛ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

## 1.1 Нефтепродукты-источники энергии

В настоящее время главным источником для получения энергии для техники является нефть. Нефть (лат. Naphtha - просачивание) представляет собой маслянистую горючую жидкость обычно темного цвета (коричневого, темно-коричневого, иногда красного, желтого и других цветов) со своеобразным запахом. Нефть всегда легче воды, её плотность составляет 0,810...0,985 кг/м<sup>3</sup>[1]. Температура кипения нефти колеблется в широких пределах от 70 до 250°C. Молекулярная масса нефти обычно находится в пределах 240...290 кг/кмоль.

Использование нефти в качестве энергетического сырья связано с ее максимальной для минеральных топлив теплотой сгорания, равной 43,5 МДж/кг. Для сравнения, теплота сгорания торфа составляет 10,5 МДж/кг, каменного угля 21 МДж/кг, антрацита - около 30 МДж/кг.

Основные компоненты нефти - углерод, содержание которого составляет 83...87 %, и водород - 12...14 %. Кроме основных элементов, в нефти содержится кислород (0,1...0,3 %, иногда от 4 до 6,9 %), сера (от 0,01 % в малосернистых нефтях, до 5...7 % в высокосернистых), азот (0,02...1,7 %). В нефти в небольшом количестве встречаются фосфор, ванадий, никель, железо и другие элементы. Серу и различные элементы, содержащиеся в нефти, можно извлекать, в связи, с чем нефть можно рассматривать и как сырье для получения этих перечисленных элементов,

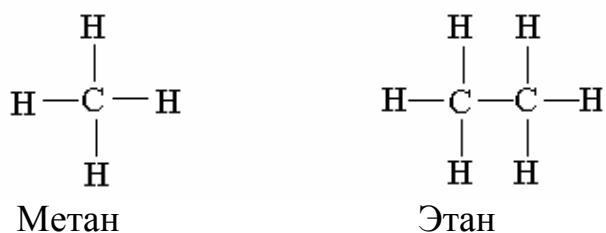
В нефти углерод и водород содержатся в виде углеводородов, отличающихся исключительным разнообразием, изменчивостью состава и строения. В обычных условиях углеводороды, содержащие от одного до четырех атомов углерода, являются газами. В состав бензина и дизельного топлива входят жидкие углеводороды (от 5 до 20 атомов углерода). Моторные масла содержат углеводороды с числом атомов углеводорода в молекуле от 20 до 70.

В составе нефти находятся три класса углеводородов: *парафиновые, нафтеновые и ароматические*. В нефтепродуктах в процессе переработки нефти могут попадать, иногда в значительных количествах, непредельные углеводороды. Присутствие углеводородов тех или иных классов, соотношение которых зависит от месторождений нефти, по-разному влияет на свойства получаемых топлив и масел. Плотность, вязкость, температура плавления и кипения углеводородов увеличивается с ростом их молекулярной массы, которая, как и структура молекул, определяет свойства углеводородов в каждом классе.

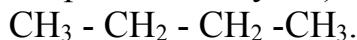
### Парафиновые углеводороды

Общая формула парафиновых углеводородов –  $C_nH_{2n+2}$ . Простейший представитель этого класса - метан  $CH_4$ . Далее идут этан –  $C_2H_6$  и т.д. Начиная с бутана  $C_4H_{10}$ , углеводороды с одинаковой молекулярной массой и

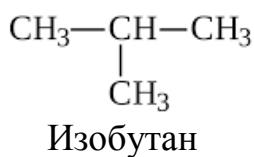
одинаковым количеством углеводородных и водородных атомов в молекуле могут иметь различную структурную формулу.



Углеводороды с линейной, неразветвленной цепью называются нормальными:  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  (Н-бутан - нормальный бутан)



Углеводороды с разветвленной цепью называются изомерами:  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  – изобутан



Нормальные углеводороды парафинового ряда представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Нормальные углеводороды парафинового ряда

Элементы	Формула	Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$	Плотность при $20^{\circ}\text{C}$
Метан	$\text{CH}_4$	-182,6	-161,6	0,424
Этан	$\text{C}_2\text{H}_6$	-185,0	-80,2	0,492
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8$	-187,1	-42,2	0,582
Бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	-135,0	-129,7	0,601
Пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	-129,7	36,8	0,626
Гексан	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	-94,3	68,8	0,659
Гептан	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	-90,6	98,4	0,683
Октан	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	-56,8	125,6	0,703
Нанан	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	-	-	-
Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	-29,7	174,0	0,730
Ундекан	$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	-	197,0	0,745

Парафиновые углеводороды имеют наиболее высокую теплоту сгорания из всех классов углеводородов, так как в их составе наибольшее количество водородных атомов. При нормальных условиях они химически стабильны, поэтому топлива и смазочные материалы, в состав которых входит большое количество парафиновых углеводородов, стабильны при хранении. При высоких температурах устойчивость к окислению кислородом воздуха нормальных и изопарафиновых углеводородов различна. Поэтому нормальные парафиновые углеводороды не желательны в бензинах, так как имеют плохие антидетонационные свойства, т.е. низкие октановые числа.

Нормальные парафиновые углеводороды желательны в дизельных топливах, так как они повышают цетановое число, т.е. обладают низкой температурой самовоспламеняемости, что желательно для работы дизельных двигателей внутреннего сгорания. Нормальные парафиновые углеводороды имеют низкотемпературные свойства, что затрудняет использование их при отрицательных температурах. Дизельные топлива с большим количеством нормальных парафиновых углеводородов при отрицательных температурах мутнеют и застывают.

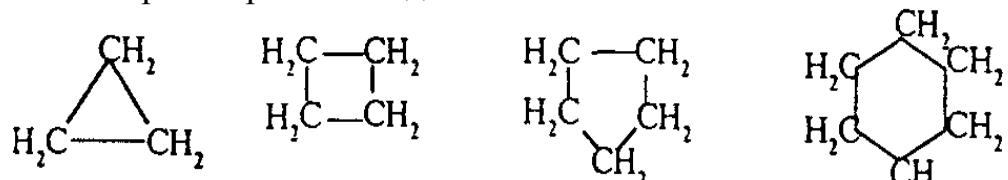
В маслах нормальные парафиновые углеводороды увеличивают индекс вязкости, т.е. мало изменяют свою вязкость с изменением температуры, одновременно ухудшая низкотемпературные свойства. Улучшить низкотемпературные свойства (холодостойкость) можно депарафинизацией, т.е. удалением углеводородов с высокой температурой плавления.

С увеличением разветвленности молекул октановое число углеводородов увеличивается. Изопарафиновые углеводороды имеют более высокие октановые числа по сравнению с нормальными парафиновыми углеводородами, поэтому изопарафиновые углеводороды желательны в автомобильных бензинах.

Парафиновые углеводороды не оказывают вредного влияния на резинотехнические изделия [2].

### Нафтеновые углеводороды

Общая форма нафтеновых углеводородов –  $C_nH_{2n}$ . Все они являются производными циклопентана  $C_5H_{10}$  и циклогексана  $C_6H_{12}$  и представляют собой циклические насыщенные углеводороды, у которых смежные углеводородные атомы, соединяясь друг с другом одной валентной связью, образуют замкнутую (циклическую) структуру. Как и парафины, нафтины практически нерастворимы в воде.



Циклопропан    циклобутан    циклопентан    циклогексан

Нафтеновые углеводороды обладают меньшей теплотой сгорания по сравнению с парафиновыми углеводородами, но более высокой детонационной стойкостью, являются желательными компонентами в топливах для двигателей с искровым зажиганием и зимних сортов дизельного топлива.

В маслах нафтеновые углеводороды увеличивают вязкость и улучшают маслянистость, а также увеличивают индекс вязкости.

Нафтеновые углеводороды агрессивны к резинотехническим соединениям.

Углеводороды нафтенового ряда представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Углеводороды нафтенового ряда

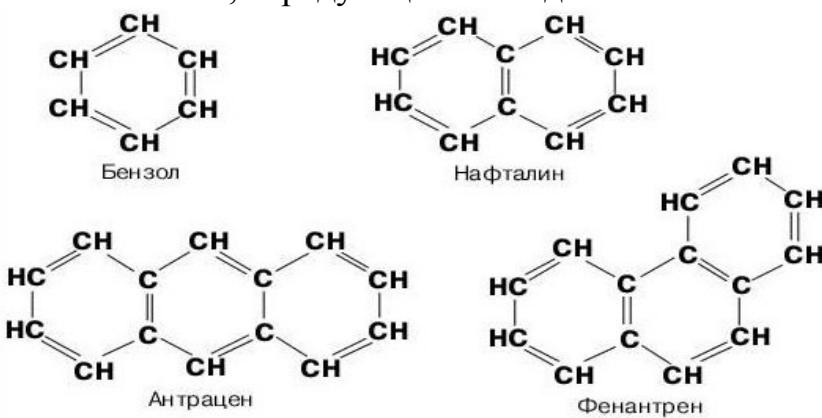
Циклоалканы		Т. пл., °C	Т. кип., °C	Состояние
Циклопропан	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	−127,5	−32,7	газовое
Циклобутан	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	−0,0	12,0	газовое
Циклопентан	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	−93,9	49,3	жидкое
Циклогексан	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	6,5	80	жидкое
Циклогептан	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	−12,0	118,5	жидкое
Циклооктан	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	14,3	63 при 45 мм рт.ст.	жидкое
Циклононан	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	9,7	69 при 14 мм рт.ст.	жидкое
Циклодекан	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	10,8	201	жидкое
Циклоундекан	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub>	−7,2	91 при 12 мм рт.ст.	твердое
Циклододекан	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	61,6	243	твердое
Циклотридекан	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	23,5	128 при 20 мм рт.ст.	твердое
Циклотетрадекан	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	54,0	131 при 11 мм рт.ст.	твердое
Циклопентадекан	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	62,1	147 при 12 мм рт.ст.	твердое

По мере увеличения молекулярной массы алканов с нормальной структурой их реакционная способность быстро возрастает, и антидетонационные свойства ухудшаются.

При низкой температуре алканы химически стабильны, но при температуре выше 300°C их реакционная способность быстро возрастает, и они легко окисляются с образованием перекисей в качестве первичных продуктов сгорания. Поэтому алканы с большими молекулярными массами целесообразно использовать в качестве дизельного топлива - они легко воспламеняются в конце сжатия. Общее количество алканов в моторных топливах колеблется в пределах 30...60% в зависимости от места добычи и способа переработки нефти. Алканами богата грозненская нефть, которая часто используется в качестве сырья для получения дизельного топлива.

### Ароматические углеводороды

Общая формула ароматических углеводородов C<sub>n</sub>H<sub>2n-6</sub>, и все они являются производными бензола C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: толуол, нафталин, антрацен и т.д. Молекулы ароматических углеводородов содержат бензольные кольца с тремя одинарными связями, чередующимися с двойными:



Несмотря на то, что ароматическое кольцо имеет три двойных связи, оно обладает высокой химической и термической стабильностью.

Ароматические углеводороды входят в состав нефти в меньшем количестве, чем парафиновые и нафтеновые. Их общее содержание в различных типах нефти составляет в среднем 5...20% (по массе).

Ароматические углеводороды - наиболее желательный компонент бензинов, так как у них самые высокие октановые числа из всех классов углеводородов.

Так, октановые числа бензола, толуола - соответственно 108 и 100. Но, являясь ценными высокооктановыми компонентами бензинов, ароматические углеводороды обладают повышенной склонностью к нагарообразованию, имеют самую низкую теплоту сгорания, поэтому в бензинах их содержание не должно превышать 40...45%.

В двигателях с небольшими степенями сжатия и невысокими температурами конца сжатия ароматические углеводороды часто замедляют процесс сгорания. Внешне при работе двигателя это проявляется увеличением теплоотдачи в стенке – повышением температуры в системе охлаждения.

Углеводороды ароматического ряда представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Углеводороды ароматического ряда

Формула	Название	Т пл., °C	Т кип., °C
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	бензол	5	80
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	толуол	-95	111
C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	о-ксилол	-25	144
C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	п-ксилол	13	138
C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	м-ксилол	-48	139
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	нафталин	80	218
C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	антрацен	217	354
C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	фенантрен	101	340

В дизельных топливах ароматические углеводороды вследствие высокой термической стабильности не желательны.

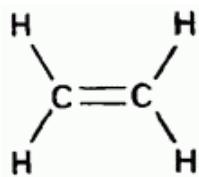
Ароматические углеводороды по сравнению со всеми другими классами углеводородов являются наиболее агрессивными по отношению к резиновым изделиям.

В маслах ароматические углеводороды являются носителями вязкости и маслянистости, но имеют низкие индексы вязкости.

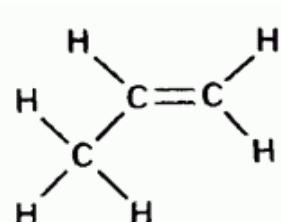
### Непредельные углеводороды

Непредельные углеводороды не содержатся в нефти, а появляются в результате ее переработки. Непредельные соединения являются важнейшим сырьем для нефтехимического и основного органического синтеза.

В нефтепродуктах присутствуют олефиновые углеводороды - алкены  $C_nH_{2n}$  с одной двойной связью:



Этен



Пропен

Одно из основных свойств непредельных углеводородов – низкая химическая стабильность. Благодаря наличию двойной связи они легко окисляются кислородом воздуха, полимеризуются, образуя смолы. Для непредельных углеводородов характерны реакции присоединения. Они также склонны к реакциям конденсации.

Низкая химическая стабильность непредельных углеводородов делает их нежелательным (чаще - недопустимым) компонентом современных высокооктановых бензинов, дизельных топлив и масел. В низкооктановых бензинах наличие незначительных количеств непредельных углеводородов объясняется их более высокими октановыми числами по сравнению с нормальными парафиновыми углеводородами с тем же количеством углеводородных атомов в молекуле. Например, Н-октан имеет октановое число - 20, октан с двойной связью - 74.

Бензины термического крекинга из-за окисления их олеиновой составной части осмоляются при хранении, загрязняют жиклеры карбюраторов, распылители форсунок, выпускной трубопровод. Из масла непредельные углеводороды удаляются путем очистки [1].

### Кислородные, сернистые и азотные соединения

Кроме углеродов, в нефти и нефтепродуктах содержатся кислородные, сернистые и азотные соединения.

Кислородные соединения представляют собой органические кислоты, фенолы и асфальтосмолистые вещества. Их количество в нефти не превышает 10%.

Органические кислоты встречаются в виде жидких и твердых веществ. Чем ниже молекулярная масса кислот, тем сильнее их коррозийность. Они сильнее корролируют цветные металлы, гораздо слабее - черные. При переработке нефти органические кислоты находятся в большом количестве в средних фракциях (дизельных топливах).

Асфальтосмолистые вещества не относятся к определенному классу органических соединений. Они представляют собой сложную смесь высокомолекулярных соединений гибридной структуры, включающую в состав молекул азот, серу, кислород, а также некоторые металлы. Их

содержание в нефти колеблется от десятых долей процента до десятков процентов.

Асфальтосмолистые вещества могут быть в виде смол, асфальтенов, карбенов и карбоидов. Нагаро- и лакообразование происходят, в основном, за счет наличия в нефтепродуктах асфальтосмолистых веществ. Поэтому они не желательны в топливах и маслах.

Сернистые соединения могут быть в виде сероводорода, меркаптана, элементарной серы (это так называемые активные сернистые соединения), сульфидов, дисульфидов, полисульфидов и других сернистых соединений, относящихся к группе неактивных сернистых соединений. Активные сернистые соединения вызывают сильную коррозию металлов. Неактивные сернистые соединения, находящиеся в топливах, вызывают коррозию при его сгорании. Сернистые соединения, содержащиеся в бензинах, понижают октановое число, способствуют увеличению осадков и лакообразований в двигателях с искровым зажиганием и дизелях. Нагары и осадки получаются прочными, трудноудаляемыми. Иногда сернистые соединения оказывают положительное влияние. Например, в маслах для гипоидных передач они увеличивают прочность маслянистой пленки, в топливной аппаратуре они являются смазывающей средой для плунжерных пар изделий.

Азотистые соединения содержатся в нефти, по сравнению с кислородными и сернистыми соединениями в значительно меньших количествах и поэтому не оказывают заметного влияния на свойства топлив и смазочных материалов. Они неравномерно распределены по фракциям нефти и в большинстве случаев около половины их содержится в смолисто-асфальтеновой части. Бензиновые фракции практически не содержат азота. Некоторая часть азотистых оснований сосредоточена в дизельной и широкой газольевой фракциях.

Нефть и нефтепродукты не обладают электропроводимостью. Но при трении с металлическими поверхностями образуют статический заряд электричества. Поэтому все емкости, в которых производится «слив» нефтепродуктов, необходимо заземлять.

### 1.1.1 Дизельные топлива

Дизельным топливом называется нефтяная фракция, основу которой составляют углеводороды с температурами кипения в пределах от 200 до 350°C. Она является основным материалом, который применяется при эксплуатации автомобилей с дизельными двигателями. По внешнему виду дизельное топливо представляет собой прозрачную и более вязкую по сравнению с бензином жидкость, окрашенную, имеющуюся в её составе смолами, в цвет от светло-желтого до светло-коричневого. Дизельное топливо легче воды и в ней практически не растворяется.

Дизельные двигатели широко распространены во всех отраслях народного хозяйства. Основное их преимущество - высокая экономичность,

меньший расход топлива по сравнению с бензиновыми двигателями (на 25...35 %), большая надежность в эксплуатации.

В дизельных двигателях отсутствует принудительное зажигание и осуществляется внутреннее смесеобразование. В цилиндрах двигателя воздух сжимается до 3,5...8,5 МПа, в зависимости от степени сжатия, которая колеблется от 12,5 до 24 (имеются двигатели со степенью сжатия до 40). За счет высокого давления температура воздуха повышается до 700...1200°C. В этот сжатый воздух под высоким давлением (до 250 МПа) через форсунку или насос-форсунку впрыскивается топливо, которое испаряется, нагревается до температуры самовоспламенения и сгорает. На все эти процессы отводится очень короткий промежуток времени, составляющий тысячные доли секунды (20...40° поворота коленчатого вала). Поэтому топливо должно обладать хорошей прокачиваемостью для бесперебойной работы топливного насоса высокого давления; обеспечивать мелкий распыл; легкий запуск двигателя, полное сгорание топлива и мягкую работу двигателя; не должно образовывать отложений, нагаров и лаков; не должно вызывать коррозии резервуаров, баков, топливной системы, деталей двигателя; должно иметь химическую и физическую стабильность.

От качества дизельного топлива, зависят надежность работы двигателя и, следовательно, расходы на его обслуживание и ремонт. Знание свойств топлива и умение правильно его применять являются одним из звеньев, определяющих эффективность использования мобильной техники и снижения себестоимости производства продукции в аграрном секторе.

Товарные дизельные топлива получают, как правило, путем прямой перегонки нефти. Для улучшения эксплуатационных свойств в топлива добавляют присадки.

### **Основные характеристики дизельного топлива:**

*Цетановое число*, определяющее мощностные и экономические показатели работы двигателя.

*Фракционный состав*, определяющий полноту сгорания, дымность и токсичность отработавших газов двигателя.

*Вязкость и плотность*, обеспечивающие нормальную подачу топлива, распыливание в камере сгорания и работоспособность системы фильтрования.

*Низкотемпературные свойства*, определяющие функционирование системы питания при отрицательных температурах окружающей среды.

*Степень чистоты*, характеризующая надежность и долговечность работы системы фильтрования топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы двигателя.

*Температура вспышки*, определяющая условия безопасности применения топлива в дизелях.

*Наличие сернистых соединений*, непредельных углеводородов и металлов, характеризующих нагарообразование, коррозию, износы и др.

**Цетановое число** - основной показатель воспламеняемости дизельного топлива. Он определяет запуск двигателя, жесткость рабочего процесса (скорость нарастания давления), расход топлива и дымность отработавших газов. Чем выше цетановое число топлива, тем ниже скорость нарастания давления (рисунок. 1.1) и тем менее жестко работает двигатель. Однако с повышением цетанового числа топлива сверх оптимального (менее 0,5 МПа/°п.к.в.) его экономичность в среднем ухудшается на 0,2...0,3%, дымность отработавших газов на единицу цетанового числа повышается на 1...1,5 ед. Хартриджа.

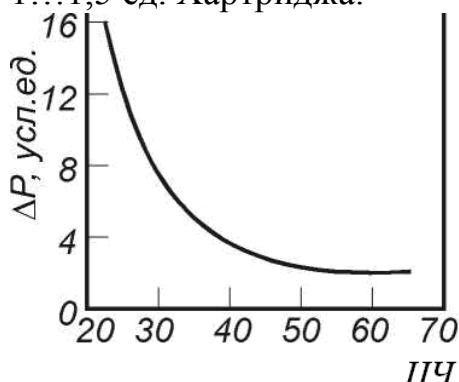


Рисунок 1.1 – Зависимость скорости нарастания давления в цилиндре двигателя  $\Delta P$  от цетанового числа дизельного топлива ЦЧ

им парафиновые углеводороды. Нафтеновые углеводороды обладают высокими цетановыми числами.

Цетановые числа дизельных топлив различных марок, выпускаемых отечественной промышленностью, характеризуются следующими значениями (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Цетановые числа дизельных топлив различных марок

Марка дизельного топлива	Л	3(-35°C)	3(-45°C)	А
Цетановое число	47...51	45...49	40...42	38...40

Раньше считалось, что оптимальное цетановое число дизельного топлива – должно быть в интервале 40...50. Применение топлив с цетановым числом менее 40 приводит к жесткой работе двигателя, а более 50 к увеличению расхода топлива за счет уменьшения полноты сгорания. Летом можно применять топливо с цетановым числом, равным 40, а зимой для обеспечения пуска двигателя требуется цетановое число более или равное 45. Но в связи с вводом в эксплуатацию новых дизельных двигателей с современными микропроцессорными системами управления требования эти уже не соответствуют современным реалиям. На данный момент по требованиям стандарта ЕВРО-4 цетановое число должно быть не менее 51 единиц.

Наиболее высокими цетановыми числами обладают нормальные парафиновые углеводороды, причем с повышением их молекулярной массы цетановое число повышается, а по мере разветвления снижается. Самые низкие цетановые числа у ароматических углеводородов, не имеющих боковых цепей. Ароматические углеводороды с боковыми цепями имеют более высокие цетановые числа и тем больше, чем длиннее боковая парафиновая цепь. Непредельные углеводороды характеризуются более низкими цетановыми числами, чем соответствующие им парафиновые углеводороды. Нафтеновые углеводороды обладают высокими цетановыми числами.

Цетановые числа дизельных топлив различных марок, выпускаемых отечественной промышленностью, характеризуются следующими значениями (таблица 1.4).

Известные присадки для повышения цетанового числа дизельных топлив - изопропил или циклогексилнитраты. Они допущены к применению, но их вводят (в частности, изопропилнитрат) в крайне ограниченных количествах для повышения цетанового числа с 38 до 40, так как при этом понижается температура вспышки и повышается коксуюмость топлива.

Оптимальное значение цетанового числа имеет большое значение, поскольку с углублением переработки нефти в состав дизельного топлива будут вовлекаться легкие газоили каталитического крекинга, коксования и фракции, обладающие относительно низкими цетановыми числами. Бензиновые фракции также имеют низкие цетановые числа, а добавление их в дизельные топлива всегда заметно снижают цетановое число.

За рубежом для характеристики воспламеняемости топлива наряду с цетановым числом используют такой показатель как дизельный индекс. Этот показатель нормируется и в отечественной технической документации на дизельное топливо, поставляемое на экспорт. Дизельный индекс (ДИ) вычисляют по формуле:

$$\text{ДИ} = t_{an} \rho / 100, \quad (1.1)$$

где  $\rho$  – плотность,  $t_{an}$  – анилиновая точка (определяют по ГОСТу в  $^{\circ}\text{C}$  и пересчитывают в  $^{\circ}\text{F}$ ,  $(^{\circ}\text{F} = 9,5^{\circ}\text{C} + 32)$ ).

Между дизельным индексом и цетановым числом топлива существует такая зависимость (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Зависимость дизельного индекса и цетанового числа

Дизельный индекс	20	30	40	50	60	70	80
Цетановое число	30	35	40	45	55	60	80

Цетановое число определяют по ГОСТу 32508-2013 на установке ИТ9-3М и CFR 48 F-5U по стандартам ASTM D 613, EN ISO 5165, сравнивая воспламеняемость испытуемого топлива с эталонным. В качестве эталона применяется смесь цетана с  $\alpha$ -метилнафталином в разных пропорциях:

1) цетан  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ , углеводород нормального строения алканового ряда – с малым периодом задержки воспламенения, условно его цетановое число принято за 100 единиц.

2)  $\alpha$ -метилнафталин ( $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CH}_3$ ), углеводород ароматического ряда, очень трудно воспламеняющейся и обладающий большим периодом задержки воспламенения, условно его цетановое число принято за 0.

### Сгорание топлива

Характер процесса горения определяется фракционным составом и цетановым числом. На сгорание топлива более легкого фракционного состава расходуется меньше воздуха, при этом за счет уменьшения времени,

необходимого для образования топливовоздушной смеси, более полно протекают процессы смесеобразования.

Облегчение фракционного состава топлива, например, при добавке к нему бензиновых фракций, может привести к повышению жесткости работы двигателя, определяемой скоростью нарастания давления на  $1^{\circ}$  поворота к.в. Это объясняется тем, что к моменту самовоспламенения рабочей смеси, в цилиндре двигателя накапливается большое количество паров топлива, и горение сопровождается резким повышением давления и стуками в двигателе.

Дизельные двигатели с предкамерным и вихревакамерным 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.

Время прокручивания двигателя при запуске его на топливе со средней температурой кипения  $200\ldots225^{\circ}\text{C}$  в девять раз меньше, чем на топливе со средней температурой кипения, равной  $285^{\circ}$ (рисунок 1.2).

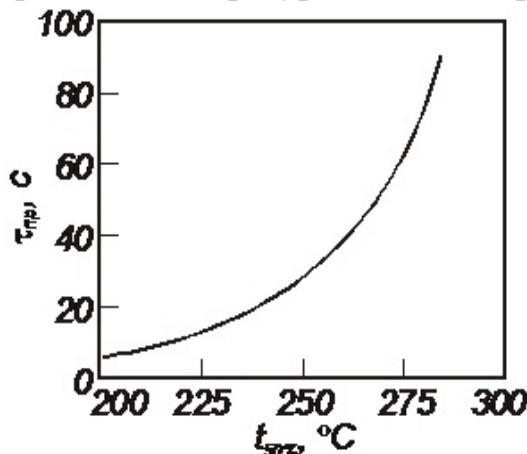


Рисунок 1.2 – Зависимость времени прокручивания двигателя при пуске т.п. от температуры выкипания 50% (объема) топлива  $t_{50\%}$

подачи топлива в камеру сгорания до момента его самовоспламенения. Период задержки зависит:

- от параметров впрыска и условия смешивания паров топлива с воздухом (коэффициента избытка воздуха, давления и температуры);
- от состава топлива.

После возникновения очагов самовоспламенения скорость горения увеличивается до 100 м/с и более, затем снижается до несколько десятков, то есть, до значения скорости фронта пламени в бензиновых двигателях (30..50 м/с).

Процесс сгорания разделяют, условно, на три фазы горения (рисунок 1.3), первая (точки 2...3); вторая - точки 3...4; третья фаза –  $P_{\text{рас}}$  - расширение.

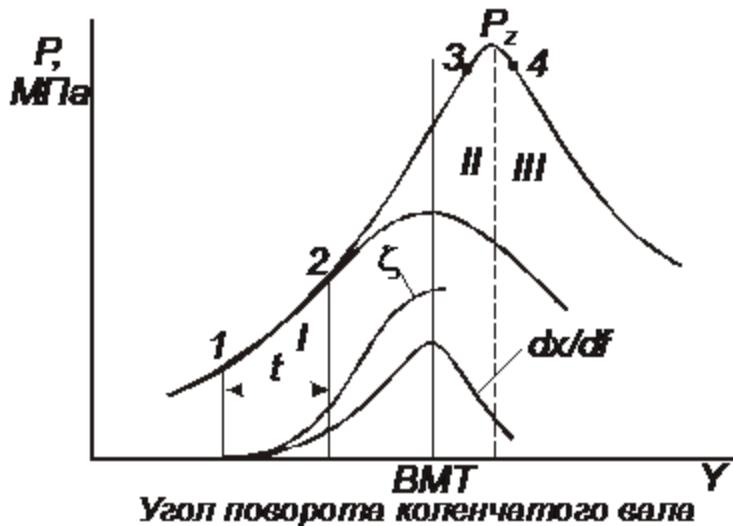


Рисунок 1.3 – Изменение индикаторных показателей в процессе горения в зависимости от угла поворота коленчатого вала:  $\zeta$  - подача топлива;  $dx/dt$  - скорость подачи топлива.

1 фаза - начального или быстрого горения - сгорает топливо, впрыснутое в период задержки.

2 фаза - основное горение, в течение которого скорость тепловыделения примерно пропорциональна скорости поступления топлива.

3 фаза – фаза диффузионного догорания заряда.

Качество процесса сгорания в дизелях зависит от состояния топливоподающей аппаратуры.

Например, незначительное отложение нагара на распылителе вблизи сопловых отверстий образующихся в результате небольшого подтекания топлива после завершения впрыска, могут резко ухудшить процесс сгорания, вызвать неполноту горения и появление дыма.

В процессе горения образуются перекисные и гидроперекисные радикалы, которые распадаются и вызывают повышение энергии на 10... 15%, появляется слабое свечение (при 200...400°C). От точки 2 до 3 (10...12° п.к.в.) выделяется основная масса тепла (более 50%). От точки 3 до 4 (5...7° п.к.в.) выделяется тепла – 20%...25%.

Наряду с нормальным горением в дизелях образуются объемные очаги пламени в нескольких местах со скоростью 1000 м/с, которая приближается к скорости детонационного горения в бензиновом двигателе.

Качество процесса сгорания в дизелях в очень большой степени зависит от состояния топливоподающей аппаратуры.

### Вязкость и плотность дизельного топлива

Вязкость и плотность определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле. Более низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыливание топлива. С повышением указанных показателей качества, увеличивается диаметр капель, и уменьшается полное их сгорание, в результате увеличивается удельный расход топлива, растет дымность отработавших газов. Вязкость топлива влияет на наполнение насоса и на утечку топлива через зазоры плунжерных пар. С увеличением вязкости топлива возрастает сопротивление топливной системы, уменьшается наполнение насоса, что может привести к перебоям в его работе. При уменьшении вязкости дизельного топлива увеличивается просачивание между плунжером и втулкой, возрастает нагрузка на насос, по сравнению с его работой на более вязком топливе. Увеличение вязкости приводит к

снижению производительности насоса. От вязкости зависит так же износ плунжерных пар. Нижний предел вязкости топлива, при котором обеспечивается высокая смазывающая способность дизельного топлива, зависит от конструктивных особенностей топливной аппаратуры и условий ее эксплуатации. Вязкость топлива в пределах 1,8...7,0  $\text{мм}^2/\text{с}$  (сСт) практически не влияет на износ плунжерных пар топливной аппаратуры современных быстроходных дизелей.

Вязкость топлива зависит от его углеводородного состава. Получаемое из западносибирской нефти летнее дизельное топливо, в котором преобладают парафино-нафтеновые углеводороды, имеет вязкость при 20°C 3,5...4,0  $\text{мм}^2/\text{с}$  (сСт), такое же по фракционному составу топливо из сахалинской нефти, с преобладанием нафеноароматических углеводородов имеют вязкость 5,5...6,0  $\text{мм}^2/\text{с}$  (сСт). Стандарт вязкости на дизельное топливо нормируется в достаточно широких пределах, что обусловлено различием углеводородного состава перерабатываемых нефтей. Попытки ограничить вязкость топлива в узких пределах приведут к сокращению ресурсов его производства, так как потребуют снижения конца кипения топлива.

На процессы испарения и смесеобразования влияют также поверхностное натяжение и давление насыщенных паров, которые зависят от углеводородного и фракционного состава топлива. С утяжелением фракционного состава поверхностное натяжение увеличивается. Для летних дизельных топлив оно составляет 0,030...0,032 Н/м при 20°C, а при других температурах может быть рассчитана по формуле:

$$\sigma_t = \sigma_0 - K(t - t_0), \quad (1.2)$$

где  $\sigma_t$  и  $\sigma_0$  - поверхностное натяжение, рассчитываемое и найденное экспериментально, соответственно;  $t$  и  $t_0$  - температуры, при которых поверхностное натяжение рассматривается и найдено экспериментально;  $K$  - постоянная, равная 0,10.

Давление насыщенных паров дизельных топлив невелико и, как правило, не превышает 0,665 кПа при 37,8°C.

### **Низкотемпературные свойства дизельного топлива**

Низкотемпературные свойства характеризуются такими показателями, как температура застывания  $t_{заст}$  и помутнения  $t_{пом}$  предельная температура фильтруемости  $t_{пр.ф.}$ . Температура застывания определяет условия складского хранения топлива, температура помутнения и предельная температура фильтруемости - условия применения топлива, хотя в практике известны случаи использования топлив при температурах, приближающихся к  $t_{заст}$ . Для большинства дизельных топлив разница между  $t_{заст}$  и  $t_{пом}$  составляет 5...7°C.

Для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние дизельные топлива получают в основном (88%) обеспечением фракционного состава с 320 до 360°C для топлив с  $t_{заст} = -35°C$  и до 280..300°C для топлива с  $t_{заст} = -45°C$

Ресурсы дизельного топлива тесно связаны с его фракционным составом. Для получения дизельного топлива с  $t_{засм} = -35^{\circ}\text{C}$  и  $t_{пом} = -25^{\circ}\text{C}$  требуется понизить температуру конца кипения топлива с 360 до  $320^{\circ}\text{C}$ , а для топлива с  $t_{заст} = -45^{\circ}\text{C}$  и  $t_{пом} = -35^{\circ}\text{C}$  - до  $280^{\circ}\text{C}$ , что приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти с 42,0 до 30,5 и 22,4% соответственно (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – **Фракционный состав дизельного топлива**

Показатель	Фракции, $^{\circ}\text{C}$						
	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, $^{\circ}\text{C}$							
Начало кипения	180	190	192	194	197	210	211
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
96% (об)	267	305	330	346	358	337	345
98% (Об)	273	306	332	347	362	338	347
Плотность при $20^{\circ}\text{C}$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	823	832	837	841	844	842	846
Кинематическая вязкость при $20^{\circ}\text{C}$ , $\text{мм}^2/\text{с}$	2,47	3,02	3,77	4,31	4,73	4,35	5,06
Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	-47	-36	-30	-19	-13	-22	-14
Температура помутнения, $^{\circ}\text{C}$	-38	-28	-17	-11	-6	-13	-5
Марка топлива	3(-45)	3(-35)	Л	Л	Л	Л	Л

Сократить потери при производстве зимнего дизельного топлива можно введением в топливо депрессорных присадок (в сотых долях процента). Депрессорные присадки, достаточно эффективно понижая температуру застывания, практически не влияют на температуру помутнения топлива, что в значительной мере ограничивает температуру его применения.

В связи с этим низкотемпературные свойства дизельных топлив с депрессором спецификациями всех стран оценивают по температуре помутнения  $t_{пом}$  и фильтруемости  $t_{пр.ф.}$  в отличие от топлив без депрессора, низкотемпературные свойства которых по ГОСТу регламентируют по  $t_{засм}$  и  $t_{пом}$ . Разность между  $t_{пом}$  и  $t_{пр.ф.}$  не должны превышать  $10^{\circ}\text{C}$ . При снижении температуры топлива ниже его предельной фильтруемости или в случае,

когда  $t_{\text{пом}} - t_{\text{пр.ф}} > 10^{\circ}\text{C}$ , в топливе накапливается такое количество кристаллов парафинов, что они не могут находиться длительное время во взвешенном состоянии. Значительная часть их оседает на дно емкости, что затрудняет использование такого топлива.

Нередки случаи, когда для снижения температуры застывания на местах применения используют смеси летних сортов дизельных топлив с реактивным топливом или бензином. При разбавлении дизельных топлив более низкокипящими компонентами  $t_{\text{заст}}$  и  $t_{\text{пом}}$  смесей всегда отклоняются в сторону высокозастывающего дизельного топлива, вследствие чего приходится использовать, значительное (до 80%) количества разбавителя (таблица 1.7), что в свою очередь, отражается на повышении износа двигателей и снижении цетанового числа.

**Таблица 1.7 – Изменение температуры застывания дизельного топлива при разбавлении реактивным топливом или бензином**

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Диз. топливо летнее	Топливо ТС-1, %				Бензин А-76, %			
		10	20	30	80	10	20	30	80
Застывания	-12	-15	-20	-20	-44	-15	-19	-22	-49
Помутнения	-5	-5	-7	-10	-21	-6	-7	-9	-21
Фильтруемости предельной	-6	-6	-7	-9	-25	-6	-10	-13	-26

### Степень чистоты дизельных топлив

Этот показатель определяет эффективность и надежность работы двигателя, особенно его топливной аппаратуры. Для плунжеров и гильз топливных насосов зазоры составляют 1,5...4,0 мкм. Частицы загрязнений, размер которых больше 4,0 мкм, вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры что предопределяет и соответствующие требования к очистке топлива.

Чистоту топлива оценивают коэффициентом фильтруемости (по ГОСТу) который представляет собой отношение времени фильтрования через фильтр из бумаги ВФДТ при атмосферном давлении десятой порции фильтруемого топлива к первой. На фильтруемость топлива влияет наличие воды, механических примесей, смолистых веществ, мыл нафтеновых кислот. В товарных дизельных топливах содержится в основном растворенная вода от 0,002 до 0,003% (гидрид-пальцевый метод определения), которая не влияет на коэффициент фильтруемости. Нерастворенная в топливе вода - 0,01% и более - приводит к повышению коэффициента фильтруемости. Однако влияние этого фактора неоднозначно. Присутствие в топливе поверхностно - активных веществ - мыл нафтеновых кислот, смолистых и сероорганических соединений - усугубляет отрицательное влияние эмульсионной воды на фильтруемость топлив. Достаточно  $(15...20)10^{-4}$  % мыл нафтеновых кислот, образующихся при защелачивании топлив, чтобы коэффициент фильтруемости повысился с 2 до 4...5.

Содержание механических примесей в товарных дизельных топливах, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями, составляет 0,002...0,004% (отсутствие по ГОСТу).

### **Температура вспышки дизельного топлива**

Она определяет пожароопасность топлива. Согласно ГОСТу, предусматривается выпуск топлива с температурой вспышки не ниже 40°C – для дизелей общего назначения и не ниже 62°C – для тепловозных и судовых дизелей. Температура вспышки является функцией содержащихся в топливе низкокипящих фракций. Поднять температуру вспышки дизельного топлива можно, повысив температуру начала кипения, а, следовательно, снизив отбор топлива от нефти.

### **Сернистые соединения, непредельные углеводороды и металлы**

Все эти соединения влияют на нагарообразование в дизелях, они являются причиной повышенной коррозии и износов. При сгорании топлив, содержащих непредельные углеводороды, вследствие окисления в цилиндре двигателя образуются смолистые вещества, а затем нагар. В результате этого падает мощность и повышается износ деталей двигателя.

Соединение непредельных углеводородов определяют по йодному числу и нормируют стандартом - меньше или равно 6 г. J<sub>2</sub>/ 100 г. Йодное число-масса йода (в г), присоединяющегося к 100 г органического вещества.

Соединения серы при сгорании образуют SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub> (последний сильнее

влияет на нагарообразование, износ и коррозию в двигателе, на изменение качества масла, что повышает точку росы водяного пара, усиливая этим процесс образования серной кислоты. Продукты взаимодействия кислоты с маслом - смолистые вещества, нагар способствуют износу деталей двигателя.

Влияние содержания серы в топливе на износ двигателя иллюстрируется зависимостями, представленными на рисунке

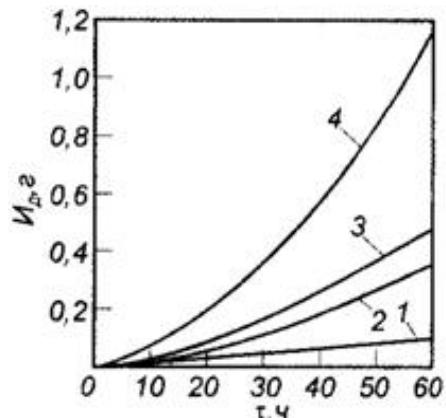


Рисунок 1.4 – Зависимость износа двигателя  $I_d$  по железу в масле от длительности испытаний  $\tau$  при содержании серы в топливе 1- 0,01%; 2- 0,3%; 3- 0,7%; 4- 1,3%

### 1.4

### **Марки дизельного топлива**

Нефтеперерабатывающей промышленностью вырабатывается дизельное топливо по ГОСТ 305-2013 четырех марок (таблица 1.8) [37]:

Таблица 1.8 – Характеристики дизельного топлива стандарта ГОСТ 305-2013

Наименование показателя	Норма для марки				Метод испытания		
	Л	Е	З	А			
1. Цетановое число, не менее	45	45	45	45	По ГОСТ 32508 (на установке типа CFR), ГОСТ 3122		
2. Фракционный состав:					По ГОСТ Р ЕН ИСО 3405 или ГОСТ 2177		
50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280	280	255			
95 % перегоняется при температуре, °С, не выше	360	360	360	330			
3. Кинематическая вязкость при 20°C, мм <sup>2</sup> /с (cСт)	3,0... 6,0	3,0... 6,0	1,8... 5,0	1,5... 4,0	По ГОСТ 33		
6. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже					По ГОСТ Р ЕН ИСО 2719 или ГОСТ 6356		
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	62	40	35			
для дизелей общего назначения	40	40	30	40			
5. Массовая доля серы, мг/кг, не более					По ГОСТ 5066 (второй метод)		
	2000				По ГОСТ 32139, ГОСТ 19121.		
	500				По ГОСТ ISO 20846.		
6. Массовая доля меркаптановой серы, %, не более		0,01			По ГОСТ 17323		
7. Массовая доля сероводорода	Отсутствие				По ГОСТ 17323		
8. Испытание на медной пластинке	Выдерживает. Класс 1				По ГОСТ 6321, ГОСТ ISO 2160, ГОСТ 32329		
9. Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие				По ГОСТ 6307		
10. Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5				По ГОСТ 5985		
11. Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	6				По ГОСТ 2070		
12. Зольность, %, не более	0,01				По ГОСТ 1461		

Продолжение таблицы 1.8

Наименование показателя	Норма для марки				Метод испытания
	Л	Е	З	А	
13. Коксуемость, 10%-ного остатка, %, не более	0,20				По ГОСТ 32392, ГОСТ 19932
14. Общее загрязнение, мг/кг, не более	24				ЕН 12662:2008
15. Содержание воды, мг/кг, не более	200				ЕН ИСО 12937:2000
16. Плотность при 15°C, кг/м <sup>3</sup> , не более	863,4	863,4	863,4	833,5	ГОСТ Р 51069-97
17. Предельная температура фильтруемости, °C, не выше	-	-15	-25	-	По ГОСТ 22254, ГОСТ EN 116
	-	-	-35	-45	

**Л** - летнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 5°;

**Е** - межсезонное, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 15°C и выше.

**З** - зимнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха до минус 25°C (предельная температура фильтруемости - не выше минус 25°C) и до минус 35°C (предельная температура фильтруемости - не выше минус 35°C).

**А** - арктическое, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 45°C и выше.

По согласованию с потребителем допускается выработка и применение топлива марки Л с предельной температурой фильтруемости не ниже 5°C при минимальной температуре воздуха на месте применения топлива 5°C и выше.

В соответствии с ГОСТ-ом принято следующее условное обозначение дизельного топлива: летнее топливо заказывают с учетом содержания серы и температуры вспышки (Л-0,5-40), зимнее - с учетом содержание серы и температуры застывания (З-0,5 -35). В условное обозначение на арктическое дизельное топливо входит только содержание серы: А-0,2.

Дизельное топливо получают компаундированием прямогонных и гидроочищенных фракций в соотношениях, обеспечивающих требования стандарта по содержанию серы. В качестве сырья для гидроочистки нередко используют смеси среднедистиллятных фракций прямой перегонки и вторичных процессов, чаще прямогонного дизельного топлива и легкого газойля каталитического крекинга. Содержание серы в прямогонных фракциях в зависимости от перерабатываемой нефти колеблется в пределах 0,8...1,0% (для сернистых нефтей), а содержание серы в гидроочищенном компоненте - от 0,08 до 0,12%.

Потребность в дизельном топливе может быть обеспечена углублением переработки нефти, оптимизацией количества дизельного топлива и вовлечением в качестве компонентов или применением в чистом виде продуктов нефтяного происхождения. Углубление переработки нефти

позволяет получить за счет использования вторичных процессов светлые продукты из остаточного сырья.

Для применения в летний период вырабатывают дизельное топливо утяжеленного фракционного состава (таблица 1.9). Отличие его от стандартного дизельного топлива: более высокая (на 20...30°C) температура конца кипения - до 360°C перегоняется 90% (по объему), вместо 96% (по объему). Вследствие этого температура выкипания 50% (по объему) его на 10°C выше. По фракционному составу и основным физико-химическим показателям это топливо приближается к топливам, вырабатываемым за рубежом. Технология производства дизельного топлива утяжеленного состава аналогична технологии получения топлива по ГОСТу.

**Таблица 1.9 – Характеристика дизельного топлива утяжеленного фракционного состава**

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Цетановое число	$\leq 45$	Содержание серы, %: – в топливе вида I;	$\leq 0,2$
Фракционный состав: 50% (об.) перегоняется при температуре, °C	$\leq 200$	– в топливе вида II	$\leq 0,5$
до 360°C перегоняется, %	$\geq 90$	Содержание меркаптановой серы, %	$\leq 0,01$
Вязкость кинематическая при 20°C, $\text{мм}^2/\text{с}$	3,0-6,5	Испытание на медной пластинке	Выдерживает
Температура, °C: – застывания; – помутнения	$\leq 0$ $\leq 5$	Кислотность, г КОН/100 см (К)	$5 \leq K \leq 6$
Температура вспышки в закрытом тигле, °C: – для дизелей общего назначения; – для тепловозных и судовых дизелей	$\geq 40$ $\geq 61$	Йодное число, г $J_2/100$ г	$\leq 0,01$
		Зольность, %	$\leq 0,3$
		Коксуемость 10%-го остатка, %	$\leq 0,3$
		Коэффициент фильтруемости	$\leq 860$
		Плотность при 20°C, $\text{кг}/\text{м}^3$	$\leq 2$
		Цвет, ед. ЦНТ	

По ТУ 38.101889-81 (таблица 1.10) вырабатывают зимнее дизельное топливо с депрессорной присадкой марки ДЗп, которое получают на базе летнего топлива с температурой помутнения -5°C. Добавка присадки в сотых долях процента позволяет снизить предельную температуру фильтруемости до -15°C. Для районов с холодным климатом по ТУ 38.401-58-36-92 (таблица 1.10) вырабатывают дизельное топливо с депрессорной присадкой марки ДЗп-15/-25 (базовое топливо с температурой помутнения-15°C, товарное топливо - с предельной температурой фильтрации -25°C).

По ТУ 38.1011348-90 (таблица 1.11) предусмотрен выпуск экологически чистого дизельного топлива: двух марок летнего (ДЛЭЧ-В и ДЛЭЧ) и одной марки зимнего (ДЗЭЧ). Содержание серы у этих топлив снижено до 0,05% (вид I) и до 0,1% (вид II). Введена норма по содержанию ароматических

углеводородов: для марки ДЛЭЧ-В - не более 20%, для марки ДЗЭЧ - не более 10 %.

По ТУ 38.401-58-17-96 (таблица 1.12) [2] выпускают дизельные топлива с улучшенными экологическими свойствами (городские) марок: ДЭК-Л, ДЭК-З, ДЭКп-Л, ДЭКп-З (-15°C), ДЭКп-З (-20°C). Эти топлива отличаются от экологически чистого в основном наличием присадок (летом - антидымной, зимой - антидымной и депрессорной), в результате чего дымность и токсичность отработавших газов снижаются на 30...35%

**Таблица 1.10 – Характеристика дизельного топлива с депрессорными присадками**

Показатель	Нормы для марок		
	Д3п	Д3п-15/-25	ДАп-35/-45
	ТУ 38.101889-81	ТУ 38.401-58-36-92	
Цетановое число, не менее	45	45	40
Фракционный состав Температура перегонки, °С, не выше: 50 % топлива 96% топлива(конец перегонки)	280 360	280 360	280 340
Кинематическая вязкость для дизелей общего назначения при 20°C, мм <sup>2</sup> /с	3...6	1,8...6	1,5...5
Температура, °С, не выше: застывания помутнения предельная фильтрации	-30 -5 -15	-35 -15 -25	-55 -35 -45
Температура вспышки в закрытом тигле для дизелей общего назначения, °С, не ниже	40	40	35
Массовая доля серы, %, не более: в топливе вида I в топливе вида II	0,2 0,5	0,2 0,5	0,2 0,4
Масс. доля меркаптановой серы, %.не более	0,01	0,01	0,01
Содержание фактических смол, мг в 100 см <sup>3</sup> базового топлива, не более	40	–	–
Кислотность, мг KOH в 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5	5	5
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10%-го остатка, %,не более	0,3	0,2	0,2
Коэффи. фильтруемости топлива с присадкой, не более	3	3	3
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	860	840

Примечание. Топлива всех марок не содержат сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды и выдерживают испытание на медной пластинке.

Таблица 1.11 – Характеристики экологически чистого дизельного топлива (ТУ 38.1011348-90)

Показатель	ДЛЭЧ-В	ДЛЭЧ	ДЗЭЧ
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав			
Температура перегонки, °С, не выше:			
50 % топлива	280	280	280
96 % топлива (конец перегонки)	360	360	340
Кинематическая вязкость для дизелей общего назначения при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3..6	3...6	1,8..5
Температура, °С, не выше:			
застывания	-10	-10	-35
предельная фильтрации	-5	-5	-25
Температура вспышки в закрытом тигле для дизелей общего назначения, °С, не ниже	62	62	40
Массовая доля серы, %, не более:			
в топливе вида I	0,05	0,05	0,05
в топливе вида II	0,1	0,1	0,1
Кислотность, мг КОН в 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5	5	5
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуюемость 10%-го остатка, %, не более	0,2	0,2	0,2
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	860	840
Содержание ароматических углеводородов, % не более	20	-	10

Примечание. Топлива всех марок выдерживают испытание на медной пластинке и не содержат механических примесей и воды.

Таблица 1.12 – Характеристики дизельного топлива с улучшенными экологическими свойствами-городского (ТУ 38.401-58-170-96)

Показатели	Нормы для марок				
	ДЭК-Л	ДЭК-З	ДЭКп-Л	ДЭКп-З (-15°C)	ДЭКп-З (-20°C)
Цетановое число, не менее	49	45	49	45	45
Фракционный состав					
Температура перегонки, °С, не выше:					
50% топлива	280	280	280	280	280
96% топлива (конец перегонки)	360	340	360	360	360

Продолжение таблицы 1.12

Показатели	Нормы для марок				
	ДЭК-Л	ДЭК-З	ДЭКп-Л	ДЭКп-З (-15°C)	ДЭКп-З (-20°C)
Кинематическая вязкость при 20°C, мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	1,8...5,0	3,0...6,0	1,8...6,0	1,8...6,0
Температура, °C, не выше: застывания; пред. фильтрации	-10 -5	-35 -25	-10 -5	-25 -15	-35 -25
Темпер. вспышки (для дизелей общего назначения), опред. в закрытом тигле, °C, не ниже	40	35	40	35	35
Массовая доля серы, %, не более: в топливе вида I	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
в топливе вида II	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,04	0,04	0,04
Коксуюемость 10%-го остатка, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Коэффиц. фильтр.(до введения - присадки в топливо) не более	2	2	2	2	2
Плотность при 20 °C, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	860	860	860	860

Примечание. Дизельные топлива всех марок не содержат сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды и выдерживают испытание на медной пластинке.

### Дизельное топливо на экспорт

По специальным технологическим условиям в нашей стране вырабатывают дизельное топливо для поставок на экспорт с содержанием серы до 0,2% (таблица 1.13).

Исходя из жестких требований к содержанию серы, дизельное топливо экспортное получают гидроочисткой прямогонных дизельных фракций. Для оценки его качества, по требованию заказчиков, определяют дизельный индекс (а не цетановое число, как принято ГОСТом). Кроме того, взамен определения содержания воды и коэффициента фильтруемости экспресс-методом устанавливают прозрачность топлива при температуре 10°C.

**Таблица 1.13 – Характеристика экспортного дизельного топлива**

Показатель	ДЛЭ	ДЗЭ
Цисельный индекс, не менее	58	53
Фракционный состав, °C:		
50% (об), не выше	280	280
90% (об), не выше	340	330
96 % (об), не выше	360	360
Вязкость кинематическая при 20°C, мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	2,7...6,0
Температура, °C, не выше:		
застывания;	-10	-35
фильтруемости	-5	-[*]
Температура вспышки в закрытом тигле, °C, не ниже	65	60
Содержание серы, %, не более	0,2	0,2
Испытание на медной пластинке	выдер.	выдер.
Кислотность, мг KOH/100 см <sup>3</sup> , не более	3,0	3,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Коксуюемость 10%-го остатка, %, не более	0,2	0,2
Цвет, ед ЦНТ, не более	2	2
Содержание механических примесей	осущст.	осущст.
Прозрачность при 10°C	прозрач.	прозрач.
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup> , не более	845	845
* - показатель не нормируется. Определение обязательно		

В Европейском союзе в 1993 г. введен стандарт EN 590 (первоначально Евро-1), который претерпел 4 модификации (таблица 1.14).

**Таблица 1.14 – Требования к качеству дизельных топлив по EN 590**

Показатель	EN 590		
	1993-1996 гг.	1996-1999 гг.	С 2000 г
Массовая доля серы, % не более	0,5	0,3	0,035
Цетановое число, не менее	45	49	51
Плотность при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	820...860	820...860	820...845
Кинематическая вязкость при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	2,0...4,5	2,0...4,5	2,0...4,0
Фракционный состав: 95% перегоняется до, °C	370	370	360
Содержание полициклических ароматических углеводородов, % не более	Не норм	Не норм	II
Смазывающая способность, мкм, не более	Не норм	Не норм	460
Окислительная способность, г/м <sup>3</sup> , не более	Не норм	Не норм	25

В настоящее время действует европейский стандарт ГОСТ Р 52368-2005 (EN 590-2009) [37], и ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) [38] (таблица 1.15 а,б).

**Таблица 1.15 а – ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590-2009). Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия**

Наименование показателя	Значение
1. Цетановое число, не менее	51,0
2. Цетановый индекс, не менее	46,0
3. Плотность при 15°C, кг/куб.м	820 ... 845
4. Полициклические ароматические углеводороды , % (по массе), не более	8
5. Содержание серы, мг/кг, не более, для топлива: вид I	350,0
вид II	50,0
вид III	10,0
6. Температура вспышки в закрытом тигле, °C, выше	55
7. Коксуюемость 10%-ного остатка разгонки , % (по массе), не более	0,30
8. Зольность, % (по массе), не более	0,01
9. Содержание воды, мг/кг, не более	200
10. Общее загрязнение, мг/кг, не более	24
11. Коррозия медной пластинки (3 ч при 50°C), единицы по шкале	Класс 1
12. Окислительная стабильность: общее количество осадка, г/куб. м, не более	25
13. Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при 60°C, мкм, не более	460
14. Кинематическая вязкость при 40°C, кв. мм/с	2,00 ...4,50
15. Фракционный состав: при температуре 250°C , % (по объему), менее	65
при температуре 350°C, % (по объему), не менее	85
95% (по объему) перегоняется при температуре, °C, не выше	360
16. Содержание метиловых эфиров жирных кислот, % (по объему), не более	7,0

Эти стандарты классифицируют дизельное топливо по температурно-климатическим зонам применения: Class A - F для температур от +5 до -20°C, Class 0 - 4 для температур от -20 до -44 °C. В России при уходе от советского стандарта изначально решили переходить на европейскую систему классификации. С 2005 г. в РФ действует новый государственный стандарт на дизельное топливо – ГОСТ Р 52368-2005. Он полностью соответствует спецификации EN 590. Согласно новому стандарту в дизельном топливе ограничивается содержание серы, а именно:

- вид I - содержание серы не более 350 мг/кг;
- вид II - содержание серы не более 50 мг/кг;
- вид III - содержание серы не более 10 мг/кг.

Новый ГОСТ рассматривает дизельное топливо отдельно в зависимости от климатических условий местности его использования. Для районов с умеренным климатом дизельное топливо разделяется по сортам, которые указывают на предельную температуру фильтруемости:

- Сорт А (+5 °C);
- Сорт В (0 °C);
- Сорт С (-5 °C);
- Сорт D (-10 °C);
- Сорт Е (-15 °C);
- Сорт F (-20 °C).

А для районов с холодным климатом дизельное топливо подразделяют на классы с предельной температурой фильтруемости:

- Класс 0 (-20 °C);
- Класс 1 (-26 °C);
- Класс 2 (-28 °C);
- Класс 3 (-32 °C);
- Класс 4 (-44 °C).

В 2011 г. в рамках Технического регламента таможенного союза Белоруссии, Казахстана и России приняты новые обозначения марок дизельного топлива, которые включают следующие группы знаков, расположенных в определенной последовательности через дефис:

Первая группа: буквы

- ДТ - дизельное топливо для автомобильных дизельных двигателей.

Вторая группа: буквы, обозначающие климатические условия применения:

- Л - летнее (температура фильтруемости не определяется);
- Е - межсезонное (-15 °C);
- З - зимнее (-20°C);
- А - арктическое (-38°C).

Третья группа: символы, обозначающие экологический класс дизельного топлива:

- К2 - содержание серы не более 500 мг/кг;
- К3 - содержание серы не более 350 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид I);
- К4 - содержание серы не более 50 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид II);
- К5 - содержание серы менее 10 мг/кг, (соответствует ГОСТ Р 52368-2005 вид III).

Таким образом, группа символов ДТ-З-К5 согласно ТР ТС 013/2011 обозначает дизельное топливо автомобильное зимнее экологического класса 5 (соответствует Евро-5).

Из-за одновременного использования производителями и потребителями двух стандартов: ГОСТ Р 52368-2005 и ТР ТС 013/2011, - на рынке дизельного топлива РФ произошло смешение понятий и обозначений.

Поэтому одно и то же топливо можно найти под обозначением как Сорт F вид III (Евро-5), так и ДТ-З-К5. Многие российские производители указывают обе маркировки в паспортах качества.

Необходимо отметить, что в настоящее время (2014 г.) в России запрещено использование дизельного топлива экологического класса К2, с 01 января 2015 г. выводится из обращения топливо класса К3, а с 01 января 2016 г. на территории Российской Федерации разрешен выпуск и обращение дизельного топлива экологического класса не ниже К5.

С 1 июля 2014 года в России введен в действие ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное»[39]. Это топливо производится с применением современного метода каталитической депарафинизации. В соответствии с ГОСТом, дизельное топливо для районов с холодным климатом обозначается следующим образом:

- ДТ-З-К3 (К4, К5) минус 32;
- ДТ-З-К3 (К4, К5) минус 38;
- ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 44;
- ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 48;
- ДТ-А-К3 (К4, К5) минус 52.

При этом выпуск и использование дизельного топлива по ГОСТ Р 52368-2005 не ограничивается.

**Таблица 1.15 б – ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия**

<b>Наименование показателя</b>	<b>Значение</b>	<b>Метод испытания</b>
1 Цетановое число, не менее	51,0	По ГОСТ 32508, ГОСТ 3122
2 Цетановый индекс, не менее	46,0	По EN ISO 4264:2007, ASTM D 4737-10
3 Плотность при 15°C, кг/м	820...845	ГОСТ 31392
4 Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, <sup>(1)</sup> %, не более	8,0	По ГОСТ EN 12916
5 Массовая доля серы, мг/кг, не более, для топлива: К3 К4 К5	350,0	По стандарту ГОСТ 32139, ГОСТ ISO 20846, ГОСТ ISO 20884,
	50,0	По ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846,
	10,0	По ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846,
6 Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °C, выше	55	По ГОСТ ISO 2719, ГОСТ 6356,
7 Коксуюемость 10%-ного остатка разгонки <sup>(2)</sup> , % масс., не более	0,3	По стандарту, ГОСТ 32392, стандарту, ГОСТ 19932
8 Зольность, % масс., не более	0,01	По ГОСТ 1461
9 Массовая доля воды, мг/кг, не более	200	По стандарту EN ISO 12937:2000

Продолжение таблицы 1.156

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
10 Общее загрязнение, мг/кг, не более	24	По стандарту EN 12662:2008
11 Коррозия медной пластиинки (3 ч при 50 °C), единицы по шкале	Класс 1	По ГОСТ ISO 2160, ГОСТ 32329
12 Окислительная стабильность: общее количество осадка, г/м, не более Часов <sup>(3)</sup> , не менее	25	По стандартам ГОСТ Р ЕН ИСО 12205-2007, EN ISO 12205:1996, ASTM D 2274-10
	20	По стандарту EN 15751:2009
13 Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа (wsd 1,4) при 60°C, мкм, не более	460	По ГОСТ ISO 12156-1
14 Кинематическая вязкость при 40 °C, мм <sup>2</sup> /с	2,000...4,500	По ГОСТ 33, ГОСТ 31391
15 Фракционный состав: при температуре 250 °C перегоняется, % об., менее при температуре 350 °C перегоняется, % об., не менее 95% об. перегоняется при температуре, °C, не выше	65	По ГОСТ ISO 3405, ГОСТ 2177 ( <i>метод A</i> ),
	85	
	360	
16 Содержание метиловых эфиров жирных кислот <sup>(4)</sup> , % об., не более	7,0	По стандарту [37]

<sup>(1)</sup> Показатель 4 определяют по ГОСТ ЕН 12916, как разность значений общего содержания ароматических углеводородов и моноароматических углеводородов.

<sup>(2)</sup> Предельное значение для показателя 7 определяют до введения присадки, улучшающей воспламенение. Использование присадок не освобождает изготовителя от соблюдения требований к коксусемости 10%-ного остатка разгонки не более 0,30% масс. до введения присадок.

<sup>(3)</sup> Данное требование распространяется на дизельное топливо, содержащее более 2% об. метиловых эфиров жирных кислот.

<sup>(4)</sup> Показатель 16 определяют только при их введении в топливо.

Качество метиловых эфиров жирных кислот должно соответствовать требованиям стандарта ASTM D 86-12.

Идентификацию и разделение метиловых эфиров жирных кислот проводят по стандарту EN 14078:2003.

### Зарубежные дизельные топлива

Зарубежное дизельное топливо для различных условий применения выпускается трех видов, в соответствии с требованиями национальных стандартов и общеевропейского стандарта ЕН 590-2000 (таблица 1.16):

Таблица 1.16 – Соответствие марок отечественного и зарубежного дизельного топлива

Отечественное		Зарубежное	
Марка, ГОСТ 305-82	Марка	Спецификация	Страна
Л (дизельное летнее)	Л	БДС 8884-82	Болгария
	2D	ASTM 975-81	США
Л (дизельное летнее)	-	DIN 51603-81	Германия
	N3	JIS K 2204-83	Япония
З (дизельное зимнее)	1D	ASTM 975-81	США
	Special	JIS K 2204-83	Япония
	TYPA	CAN-2-3,6-M-83	Канада
А (дизельное арктическое)	Z50	PN67/C-96048	Польша
	TYPA	CAN-2-3,6-M-83	Канада

В таблицах 1.17, 1.18 приведены основные характеристики зарубежных дизельных топлив в соответствии с европейским стандартом EN 590 и национальными стандартами.

Таблица 1.17 – Основные характеристики зарубежных дизельных топлив

Показатели	2D ASTM 975-81; DIN 51603-81; № 3 JIS K 2202-83; (Л)	1D ASTM 975-81; TYPA CAN-2-3,6-M-83; Special JIS K 2204-83; (3)	TYPA CAN-2-3,6-M-83; 1D ASTM 975-81; (A)
Цетановое число, не менее	45	50	50
Фракционный состав:			
50 % ДТ перегоняются при температуре, °C, не выше	280	280	255
90 % ДТ перегоняются при температуре, °C, не выше	360	340	330
Вязкость кинематическая при 20 °C, мм <sup>2</sup> /с	3,0...6,0	1,8...5,0	1,5...4,0
Температура, °C, не выше:			
помутнения	-5	-5	-
застывания	-10	-35	-55
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	840	830
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более		0,01...0,03	
Кислотность, мг KOH на 100 см топлива, не более	-	5	-
Зольность, %, не более	-	0,01	-

Примечание. ДТ - дизельное топливо.

Таблица 1.18 – Основные характеристики дизельных топлив в соответствии с европейским стандартом EN 590-2000

Параметры	Размерность	Величина
Температура воспламенения	°C	55
Содержание воды, максимум	мг/кг	200
Содержание серы, максимум	% по весу	0,05
Содержание примесей	мг/кг	0
Для умеренного климата		
Плотность при температуре 15°C	кг/м <sup>3</sup>	820...860
Вязкость при температуре 40°C	мм <sup>2</sup> /с	2...4,5
Цетановое число, минимальное	-	49
Дизельный индекс, минимальный:	-	46
при температуре до 250 °C при	% по объему	65
температуре до 350°C при	% по объему	85
температуре до 370°C * CFPP,	% по объему	95
максимальный	°C	+5...-20
Для арктического климата		
Плотность при температуре 15°C	кг/м <sup>3</sup>	800...845
Вязкость при температуре 40°C	мм <sup>2</sup> /с	1,2...4,0
Цетановое число, минимальное	-	45...47
Дизельный индекс, минимальный	-	43...46
при температуре до 180 °C при	% по объему	10
температуре до 340 °C * CFPP,	% по объему	95
максимальный	°C	-20...-44

\* CFPP - предел фильтрации дизельного топлива.

За рубежом требования к качеству дизельного топлива по некоторым параметрам отличаются от нашего стандарта (таблица 1.19).

### Перспективные дизельные топлива

Биодизель, ранее известный также как метил-эфир или этилэфир, - это продукт процесса переэтерификации, в котором растительные масла или животные жиры вступают в реакцию с одноатомным спиртом в присутствии катализатора. Физико-химические характеристики биодизельного топлива очень схожи с характеристиками дизельного топлива: низшая теплота сгорания биодизельного топлива - около 32.6 МДж/л в сопоставлении с 36.5 МДж/л у дизельного топлива; его кинематическая вязкость варьируется между 1.9 и 6 сСт, что тоже незначительно отличается от дизельного топлива (1.3...4.1 сСт).

Плотность биодизеля – в диапазоне 0,86...0.90 т/м<sup>3</sup> при 15°C, а точка вспышки – выше 120°C, что превышает данный показатель для дизельного топлива с точкой вспышки от 60 до 80°C. Благодаря этому, биодизельное топливо безопаснее в обращении и транспортировке. Цетановое число биодизельного топлива (> 51) немного выше, чем у дизельного топлива (45...55). Биодизель может использоваться в чистом виде, либо в смеси в любом соотношении с нефтяным дизельным топливом.

Таблица 1.19 – Требования к качеству дизельного топлива за рубежом

Регион	США	Калифорния (Техас)	Европейский Союз			Швеция	Категория IV
Характеристика	США ЕРА	САКВ (TNR)	Евро-1	Евро-2	Auto Oil II	Класс 1	Мировая хартия
Ввод в действие	1993	1998	2006	2000	2005	2008	1991
Плотность гр/см <sup>3</sup> :							
минимум	-	-	0,83	-	0,825	0,8	0,82
максимум	0,87	-	0,86	0,845	0,845	0,82	0,84
API минимум	30	-	н/у	33	36...40	-	41,1
Содержание серы, ppm	500	50	15	15	350	30	10
Цетановый индекс	40	-	н/у	-	-	-	>52
Цетановое число	-	-	на	48	51	53	50
Содержание ароматических углеводородов, макс.:							
общее	35% об	-	н/у	10% мас.	-	-	5% об.
полициклических	-	-	-	1,4% мас.	11%мас.	1...4% мас.	0,02% об.
Фракционный состав, °C:							
T <sub>90%</sub> макс., °C	338	-	н/у	321	-	-	285
T <sub>95%</sub> макс., °C	366	-	-	360	340...360	-	320
T <sub>конца кипения</sub> макс., °C	-	-	348	-	340...350	300	340

В США смесь дизельного топлива с биодизелем обозначается буквой B. Число при букве означает процентное содержание биодизеля в топливе. Например, B2 - 2% биодизеля, 98% минерального дизельного топлива. B100 - 100% биодизеля.

В Европе действует несколько стандартов:

**1) Стандарт EN 14214** (таблица 1.20) описывает физические свойства всех видов дизельного топлива, реализуемого в ЕС, Исландии, Норвегии и Швейцарии. Этот стандарт допускает содержание 5% биодизеля в минеральном дизельном топливе. В некоторых странах (например, во Франции) все дизельное топливо содержит 5% биодизеля.

**Таблица 1.20 – Европейский стандарт EN 14214: “Автомобильные топлива - метиловые эфиры жирных кислот (Fatty Acid Methyl Esters, FAME) для дизельных двигателей - требования и методы тестирования” (одобрен 14 февраля 2003 года)**

Свойство	Единицы	Минимум	Максимум	Метод тестирования
Содержание эфира	% (m/m)	96,5		EN 14103
Плотность при 15°C	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675, EN ISO 12185
Вязкость при 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3,50	5	EN ISO 3104
Температура вспышки	°C	120		prEN ISO 3679
Сера	mg/Kg		10	prEN ISO 20846, prEN ISO 20884
Углеродные остатки (в 10% остатка дистиллята)	% (m/m)		0,3	EN ISO 10370
Цетановое число		51		EN ISO 5165
Сульфированная зола	% (m/m)		0,02	ISO 3987
Вода	mg/Kg		500	EN ISO 12937
Общее загрязнение	mg/Kg		24	EN 12662
Коррозия (медной полосы 3 часа при 50°C)	класс	Class 1	Class 1	EN ISO 2160
Стабильность к окислению, 110°C	часов	6		EN 14112
Кислотное число	mg KOH/g		0,5	EN 14104
Йодное число			120	EN 14111
Метиловый эфир линоленовой кислоты	% (m/m)		12	EN 14103
Полиненасыщенные (>= 4 двойных связей) метиловые эфиры	% (m/m)		1	
Метанол	% (m/m)		0,2	EN 14110
Моноглицериды	% (m/m)		0,8	EN 14105
Диглицериды	% (m/m)		0,2	EN 14105
Триглицериды	% (m/m)		0,2	EN 14105

Продолжение таблицы 1.20

Свойство	Единицы	Минимум	Максимум	Метод тестирования
Свободный глицерин	% (m/m)		0,02	EN 14105, EN 14106
Общий глицерин	% (m/m)		0,25	EN 14105
Щелочные металлы (Na + K)	mg/Kg		5	EN 14108, EN 14109
Щелочные металлы (Ca + Mg)	mg/Kg		5	prEN 14538
Фосфор	mg/Kg		10	EN 14107

2) **DIN 51 605** - Германский стандарт на рапсовое масло (таблица 1.21).

**Таблица 1.21 – Характеристики топлива по стандарту DIN 51 605**

Параметр	Значение	Метод определения
Плотность (при 15 °C), кг/м <sup>3</sup>	900...930	DIN EN ISO 121185
Температура вспышки, °C	мин. 200	DIN EN ISO 2719
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с	макс. 36,0	DIN EN ISO 3104
Теплота сгорания нижняя, кДж/кг	мин. 36 000	DIN 51 900-2
Цетановое число, -	мин. 39	IP 498
Углеродный осадок, % (м/м)	макс 0,4	DIN EN ISO 10370
Йодное число, г. йод/100 г.	95...125	DIN EN 14111
Содержание серы, мг/кг	макс. 10	DIN EN ISO 20884
Общее загрязнение, мг/кг	макс. 24	DIN EN 12662
Кислотное число, мг KOH/г	макс. 2	DIN EN 14104
Окислительная устойчивость (при 110 °C), ч.	мин. 6	DIN EN 14112
Содержание фосфора, мг/кг	макс. 12	DIN EN 14107
Содержание щелочных земель (Ca+Mg), мг/кг	макс. 20	E DIN EN 14538
Содержание золы, % (м/м)	макс. 0,01	DIN EN ISO 6245
Содержание влаги, мг/кг	макс. 750	DIN EN ISO 12937

3) **DIN 51606** – германский стандарт на биодизельное топливо, разработанный с учетом совместимости с двигателями почти всех ведущих автопроизводителей, поэтому он является самым строгим. Большинство видов биодизеля, производимых для коммерческих целей на Западе, соответствует ему или даже превосходит.

4) **EN 590** - европейский стандарт на автомобильное дизельное топливо. Действует в странах Европейского экономического сообщества с 1996 г. Допускается содержание 5 % жирных кислот и метиловых эфиров.

Наряду с положительными сторонами биодизельное топливо имеет несколько отрицательных аспектов:

1. Как минус стоит отметить неморозостойкость биодизеля. В странах с суровыми зимами, а таковыми считаются практически все страны ЕС, постоянно возникают проблемы с топливным насосом. Точнее, это касается автомобилей, которые не оснащены подогревом топливной системы начиная от бака, до насоса.

2. Учитывая, что сырье для топлива необходимо выращивать, для переработки нужного количества необходимы довольно большие посевы.

### **1.1.2 Топлива для двигателей с искровым зажиганием**

#### **Бензиновые топлива**

Автомобильные бензины являются смесями бензиновых дистиллятов прямой перегонки, термического крекинга, платформинга и каталитического крекинга. По мере совершенствования процессов каталитического крекинга и риформинга доля дистиллятов этих процессов в автомобильных бензинах увеличивается за счет снижения доли дистиллятов прямой перегонки и термического крекинга.

#### **Эксплуатационные требования к качеству бензинов**

Для обеспечения надежной работы автомобильных двигателей на всех режимах работы бензины должны обладать: высокой детонационной стойкостью; оптимальным фракционным составом; малым содержанием смоло- и нагарообразующих соединений и коррозионно-агрессивных веществ; высокой стабильностью состава при хранении и транспортировке.

Бензины в качестве топлива для двигателей должны также: надежно и бесперебойно подаваться из резервной емкости (топливного бака автомобиля) в систему питания двигателя; образовывать топливовоздушную смесь требуемого состава; обеспечивать нормальное и полное сгорание топливовоздушной смеси без возникновения детонации; не провоцировать развития коррозии и коррозионного износа деталей системы питания и цилиндропоршневой группы, а также образования отложений во впускном трубопроводе, камерах сгорания и на других деталях и поверхностях двигателя. Свойства и качества бензинов в течение номинального времени должны оставаться практически неизменными при хранении, перекачке и транспортировке.

К свойствам бензинов, отвечающим в полном объеме всем эксплуатационным требованиям, относятся: физико-химические свойства, испаряемость и фракционный состав, детонационная стойкость, их стабильность и противокоррозионные свойства. В отдельную группу свойств бензинов выделены экологические требования к ним.

## **Физико-химические свойства бензинов**

Оценку физико-химических свойств автомобильных бензинов производят по внешнему виду, наличию механических примесей, водорастворимых кислот и щелочей, а также по их плотности. В этой же группе эксплуатационных требований к топливам рассматриваются и низкотемпературные свойства бензинов. По внешнему виду бензина оценивают его цвет и прозрачность. Неэтилированные бензины бесцветны (желтоватый оттенок цвета неэтилированного бензина бывает вызван наличием в нем смолистых веществ). Этилированные бензины специально окрашивают в предупреждающий ярко-желтый или оранжево-красный цвет, так как тетраэтилсвинец (ТЭС), содержащийся в них, ядовит.

**Прозрачность бензина** в соответствии с ГОСТом определяется в стеклянном цилиндре. Бензин, налитый в цилиндр, должен быть совершенно прозрачным и не должен содержать взвешенных и осевших на дно цилиндра посторонних примесей, в том числе и воды. Мутность бензина при комнатной температуре вызывается обычно наличием в нем воды (в виде эмульсии) или механических примесей. Такое топливо перед применением подвергают отстою и фильтрации.

**Наличие воды** в бензине особенно опасно зимой, когда образующиеся кристаллы льда нарушают дозировку бензина и даже могут вызвать полное прекращение его подачи. Кроме того, вода усиливает коррозионную активность бензина по отношению к металлическим деталям топливных систем.

**Механические примеси** могут попадать в бензин при использовании грязной или неисправной (негерметичной) тары или загрязненного заправочного оборудования. Наличие механических примесей определяют внешним осмотром пробы бензина также в стеклянной емкости. Присутствие даже мельчайших механических примесей в бензинах не допускается. Применение бензина, содержащего механические примеси, вызывает износ топливной аппаратуры, засорение топливодозирующих систем, а при попадании в цилиндры двигателя - износ цилиндропоршневой группы двигателя.

**Водорастворимые кислоты и щелочи**, вызывающие коррозионный износ деталей двигателя, могут оказаться в бензине из-за нарушения технологии его очистки. Так, после сернокислотной очистки не исключено наличие в бензине остатков, как самой кислоты, так и ее производных (сульфокислот и кислых эфиров) из-за неполной их нейтрализации. Щелочь попадает в бензин при нарушении технологии в процессе очистки. Другие водорастворимые кислоты и щелочи оказываются в бензине случайно и крайне редко.

Водорастворимые кислоты и щелочи исключительно сильно воздействуют на металлы, вызывая их коррозию. Поэтому нормы ГОСТов предусматривают их полное отсутствие как в бензинах и дизельных топливах, так и в моторных маслах. При наличии в бензине водорастворимых

кислот и щелочей он к применению не допускается. Плотность и вязкость бензина - регламентированные параметры его качества. Применение бензина со значительно пониженной плотностью может привести к повышению его уровня в поплавковой камере карбюратора и самопроизвольному вытеканию из распылителя.

**Плотность бензина** определяют ареометром, гидростатическими весами и пикнометром. Метод определения плотности ареометром используется чаще благодаря своей простоте и быстроте, хотя он и менее точен по сравнению с двумя другими. При низких температурах может произойти прекращение подачи бензина в двигатель вследствие выпадения кристаллов льда или образования ледяных отложений на деталях карбюратора и впускной системы (обледенение карбюратора). Поскольку большинство углеводородов, входящих в состав бензинов, застывает при очень низких температурах, а температура застывания автомобильных бензинов ниже - 60°C, этот показатель для них не регламентируется.

Наибольшие осложнения при эксплуатации двигателя в условиях низких температур связаны с образованием в бензине кристаллов льда. В бензине может содержаться всего лишь несколько сотых долей процента воды (в растворенном состоянии). При повышенной влажности и положительных температурах (стоянка автомобиля в теплом, влажном, плохо проветриваемом гараже) содержание воды даже в обезвоженном бензине почти мгновенно достигает максимального значения. При быстром охлаждении бензина влага, не успевшая перейти в воздух, выделяется в виде мелких капель, которые при отрицательных температурах превращаются в кристаллы льда. Эти кристаллы забивают топливные фильтры и трубы и нарушают подачу бензина в двигатель. Кроме того, вода, содержащаяся в этилированном бензине, приводит к разложению тетраэтилсвинца, что значительно повышает коррозионную агрессивность бензина.

Расторимость воды в бензине улучшается при повышенном содержании в бензине ароматических углеводородов, в частности, бензола. Поэтому для снижения опасности образования кристаллов льда при охлаждении бензинов содержание в них ароматических углеводородов, в том числе бензола, ограничивают.

При подозрении на наличие воды в топливном баке автомобиля, а также в профилактических целях его владелец (водитель) может добавить в бензин один из специальных препаратов, «связывающих» воду. При номинальной дозировке эти препараты, как правило, не оказывают влияния на состояние деталей двигателя и его работу.

### **Испаряемость и фракционный состав бензинов**

В отличие от химически однородных веществ, таких, например, как вода, спирт, эфиры, имеющих постоянную температуру кипения (при прочих равных условиях), бензин является сложной смесью ряда индивидуальных углеводородов, кипящих при различных температурах. Поэтому бензин не имеет фиксированной температуры кипения.

Испаряемость бензина, т.е. его способность переходить из жидкого состояния в газообразное, лежит в интервале температур от 35°C до 195°C. Автомобильные бензины должны обладать такой испаряемостью, чтобы обеспечивать легкий пуск и быстрый прогрев двигателя, в том числе и при низких температурах, полностью сгорать во время работы прогретого двигателя, а также исключать образование паровых пробок в системе питания.

Скорость и полнота перехода топлива из жидкого в газообразное состояние зависят от его химического состава и внешних условий, например, температуры, скорости движения потока газов. Так как в различных двигателях эти условия неодинаковы, требования к испаряемости топлива связаны с конструкцией двигателя, для которого оно предназначается. Сгоранию всегда предшествует испарение жидкого топлива и перемешивание его паров с воздухом (образование горючей смеси). При плохой испаряемости часть топлива не переходит в газообразное состояние и не сгорает.

Многие из этих требований к автомобильному бензину определяет фракционный состав. В частности, в зависимости от фракционного состава и связанного с ним давления насыщенных паров бензины делят на летние и зимние сорта.

Фракционным составом нефтепродуктов называют содержание в них тех или иных фракций, выраженное чаще всего в объемных процентах. Зависимость (в процентах) объема отогнанного топлива от температуры называется кривой перегонки. Кривая перегонки дает наглядное представление о фракционном составе топлива и позволяет оценить испаряемость бензина (рисунок 1.5) [1].

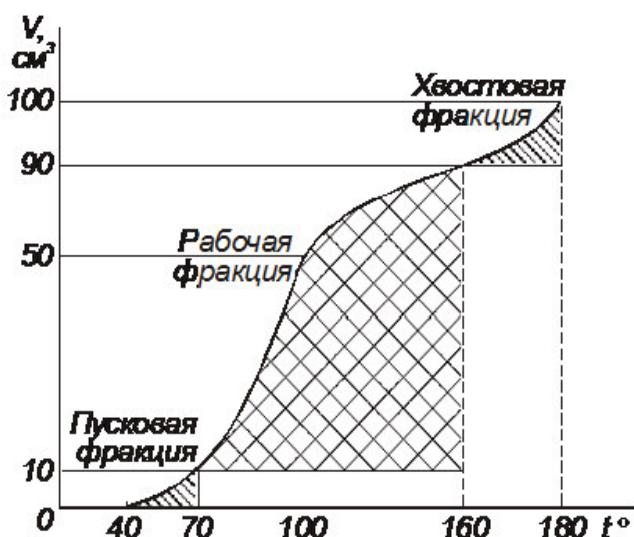


Рисунок 1.5 – Фракционный состав автомобильного бензина

10% топлива, тем лучше его пусковые свойства. Для пуска холодного двигателя необходимо, чтобы 10% бензина выкипали при температуре не выше 55°C (зимний сорт бензина). По температуре выкипания 10% объема

Для оценки эксплуатационных свойств бензинов по фракционному составу нормируют 5...6 значений температур, при которых происходят начало кипения (падение первой капли), выкипание (по объему) 10, 50, 90 % бензина и конец кипения.

По значениям температур от начала кипения до выкипания (перегонки) 10 % объема бензина оценивают наличие в нем легких фракций, влияющих на пусковые свойства двигателя и образование паровых пробок в системе питания.

Чем ниже температура выкипания

10% топлива, тем лучше его пусковые свойства. Для пуска холодного двигателя необходимо, чтобы 10% бензина выкипали при температуре не выше 55°C (зимний сорт бензина). По температуре выкипания 10% объема

бензина ( $t_{10\%}$ ) можно приблизительно определить минимальную температуру окружающего воздуха, при которой возможен пуск двигателя, по формуле:

$$t_{зап} = 0,5t_{10\%} - 50,5 \quad (1.3)$$

Если температура окружающего воздуха ниже  $-35^{\circ}\text{C}$ , то пуск холодного двигателя без предварительного подогрева или использования специальных пусковых жидкостей становится затруднен. При использовании зимнего сорта бензина летом легкие фракции интенсивно испаряются в топливном баке и бензопроводах, отчего падает мощность, двигатель перегревается, в системе питания образуются паровые пробки, возникают перебои в работе двигателя вплоть до его остановки. Поэтому количество легкокипящих углеводородов в бензине летнего сорта ограничивают.

Качество горючей смеси при различных режимах работы двигателя, продолжительность прогрева, приемистость (возможность быстрого перехода с одного режима на другой) зависят от испаряемости рабочей фракции, которая по стандарту нормируется температурой перегонки 50% объема бензина. Чем ниже температура перегонки этого объема, тем однороднее состав рабочей смеси в отдельных цилиндрах двигателя, устойчивее его работа, лучше приемистость автомобиля в целом.

Температуры перегонки 90% объема и конца кипения обуславливают полноту испарения бензина, которая влияет на топливную экономичность, мощностные характеристики двигателя и износ его деталей. Температуру выкипания 90% объема бензина, характеризующую его склонность к конденсации, обычно называют точкой росы. Склонность топлива к конденсации тем меньше, чем меньше интервал температур от выкипания 90% объема до конца кипения, когда испаряются тяжелые углеводороды. Если тяжелые углеводороды испаряются не полностью, то, оставаясь в капельно-жидком состоянии, они проникают через зазоры между цилиндром и поршневыми кольцами в картер двигателя, что приводит к смыванию смазочной пленки, разжижению масла, увеличению износа деталей и расхода топлива. Поэтому чем меньше интервал между температурой выкипания 90% объема бензина и температурой конца кипения, тем выше его качество, лучше экономичность и ниже темп изнашивания деталей двигателя.

Давление насыщенных паров при испарении бензина в замкнутом пространстве характеризует интенсивность процесса его конденсации. Давление паров испаряющегося бензина зависит от химического и фракционного состава бензина. Кроме того, давление паров увеличивается при повышении температуры и содержания в топливе легкокипящих углеводородов.

Стандартом ограничивается верхний предел давления насыщенных паров бензина для летнего и зимнего периодов времени. Топлива с высоким давлением насыщенных паров склонны к повышенному образованию паровых пробок в системе питания, что ухудшает наполнение цилиндров и снижает мощность двигателя. Кроме того, увеличиваются потери от испарения такого бензина при хранении на складах и в топливных баках.

## Антидетонационные свойства

Детонация - это процесс очень быстрого завершения процесса сгорания в результате самовоспламенения части рабочей смеси и образования ударных волн, распространяющихся со сверхзвуковой скоростью (1500...2000 м/с), в то время как при нормальном сгорании смеси средняя скорость распространения пламени составляет 10...40 м/с [4].

К признакам детонационного сгорания бензина относятся: характерный резкий металлический стук в цилиндрах, вибрация и неустойчивая работа двигателя, периодически появляющийся черный дым отработавших газов. При длительной эксплуатации двигателя с детонацией могут возникнуть механические повреждения его деталей: прогар поршней и клапанов, пригорание поршневых колец, разрушение изоляции свечей, растрескивание вкладышей шатунных подшипников.

Детонационная стойкость бензина зависит от его углеводородного состава. Наибольшей детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды, меньшей - изопарафиновые углеводороды.

Детонационную стойкость бензинов оценивают октановым числом (ОЧ). У топлив с более высоким ОЧ при прочих равных условиях менее вероятно возникновение детонации. Октановое число автомобильных бензинов определяют двумя методами - моторным (на установке ИТ9-2М) и исследовательским (на установке ИТ9-6). Установка ИТ9-6 позволяет определять октановые числа по обоим методам.

Моторным методом ОЧ определяют на одноцилиндровой установке ИТ9-2М, позволяющей проводить испытания с переменной степенью сжатия (от 4 до 10 единиц). На ней сравнивают детонационную стойкость исследуемого бензина с эталонным топливом, в состав которого входят два углеводорода: изооктан и нормальный гептан. Разное строение при близких физических свойствах этих углеводородов обуславливает резкое отличие их детонационной стойкости. ОЧ изооктана - углеводорода парафинового ряда изомерного строения, отличающегося высокой детонационной стойкостью (начинает детонировать только в двигателях с очень высокой степенью сжатия), принято за 100 единиц. ОЧ сильно детонирующего гептана  $C_7H_{16}$  - углеводорода парафинового ряда, нормального цепочного строения - принято за 0 единиц. Смесь изооктана и нормального гептана имеет ОЧ, равное процентному содержанию в ней (по объему) изооктана.

Октановое число - условную единицу измерения детонационной стойкости бензинов - указывают во всех его марках. Например, детонационная стойкость бензина марки А-76 должна быть такой же, как у эталонной смеси из 76...77% изооктана и 23...24% нормального гептана.

Исследовательским методом детонационную стойкость бензина определяют на установке ИТ9-6 в режиме работы легкового автомобиля при его движении в условиях города. В этом случае в марку бензина включают букву «И», например, АИ-95.

Разница в ОЧ, определенных по исследовательскому и моторному методам, составляет 7...10 единиц (при исследовательском методе величина ОЧ выше) и она называется чувствительностью бензина.

### Обозначение бензинов.

Первая группа: буквы АИ, обозначающие автомобильный бензин с определением октанового числа по исследовательскому методу.

Вторая группа: цифровое обозначение октанового числа автомобильного бензина (80, 92, 95 и 98), определенного исследовательским методом.

Третья группа: символы К3, К4, К5, обозначающие экологический класс автомобильного бензина.

В зависимости от детонационной стойкости устанавливаются типы автомобильных бензинов (таблица 1.22).

Таблица 1.22 – Характеристика бензинов согласно ГОСТ Р 51313-99

Наименование показателя	Значение показателя для бензинов типа				Метод испытания
	I	II	III	IV	
1 Детонационная стойкость: октановое число по исследовательскому методу, не менее или октановое число по моторному методу, не менее	80 76	91 -	95 -	98 -	По ГОСТ 8226 По ГОСТ 511
2 Концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более, для бензина: - неэтилированного - этилированного	0,013 0,17	0,013 -	0,013 -	0,013 -	По ГОСТ 28828
3 Давление насыщенных паров, кПа	35... 100	35...100	35... 100	35... 100	По ГОСТ 1756
4 Фракционный состав: 90 % бензина перегоняется при температуре, °С, не выше конец кипения бензина, °С, не выше остаток в колбе, %, не более	190 215 1,5	190 215 1,5	190 215 1,5	190 215 1,5	По ГОСТ 2177
5 Массовая доля серы, %, не более	0,1	0,05	0,05	0,05	По ГОСТ 19121 ГОСТ Р 50442
6 Объемная доля бензола, %, не более	5	5	5	5	По ГОСТ 29040

Примечания: 1. Минимальное и максимальное значения показателя "Давление насыщенных паров" устанавливаются в документации на автомобильные бензины конкретных марок в зависимости от климатического района применения по ГОСТ 16350 и сезона эксплуатации; 2. Для автомобильных бензинов типов II, III, IV допускается до 1 января 2003 года массовая доля серы не более 0,1 %; 3. Допускается до 1 января 2003 года показатель "Объемная доля бензола" в документацию на автомобильные бензины конкретных марок не включать.

## **Примеры.**

1. Бензин АИ-92-К3. Класс К3 означает, что в этом бензине содержание серы (основной показатель для определения качества бензина) составляет 150 мг/кг.
2. Бензин АИ-92-К4. Класс К4 означает, что в этом бензине содержание серы составляет 50 мг/кг.
3. Бензин АИ-92-К5. Класс К5 означает, что в этом бензине содержание серы составляет 10 мг/кг.

## **Стабильность топлива**

Под стабильностью топлива понимают его способность сохранять свойства в допустимых пределах для конкретных эксплуатационных условий. Стабильность топлив зависит от их физико-химических свойств (плотности, вязкости, температуры кипения, углеводородного состава), наличия различных примесей и др.

В эксплуатационных условиях, когда топливо подвергается воздействию таких внешних факторов, как кислород воздуха, нестабильная температура, загрязнение влагой и механическими примесями, ухудшаются его фракционный и химический состав. Условно различают физическую и химическую стабильность топлива, учитывая, что при изменении некоторых его физических свойств в нем могут возникнуть изменения химического порядка и наоборот.

Физическую стабильность топлива определяют как его способность сохранять фракционный состав (изменения вызываются потерей наиболее низкокипящих фракций в результате их испарения) и однородность.

Физическую стабильность бензина оценивают по давлению насыщенных паров и наличию легких фракций. Недостаточная физическая стабильность бензина обуславливает высокую его испаряемость.

Физическую стабильность топлива оценивают и контролируют, периодически определяя плотность, фракционный состав, давление насыщенных паров, температуру помутнения и кристаллизации и другие показатели.

Содержание ароматических углеводородов в топливе допускается в ограниченных количествах. Это связано с их высокой по сравнению с другими углеводородами гигроскопичностью. К тому же некоторые из них, например, бензол, способны выкристаллизовываться из топлива при повышенных температурах.

Химическая стабильность оценивается способностью топлива сохранять без изменений свой химический состав.

В условиях длительного хранения некоторые из соединений (сернистые, кислородные, азотистые и металлоорганические) могут вступать в реакции окисления, полимеризации и конденсации. Такие отрицательные явления, как окисление и осмоление бензинов, выпадение осадка антидетонатора, обуславливаются недостаточной химической стабильностью топлива.

Содержание фактических смол является показателем уровня химической стабильности бензинов и нормируется стандартами.

Данный показатель качества бензина определяют испарением горячим воздухом определенного количества топлива (100 мл) при повышенной температуре (для бензина 150°C, для дизельного топлива 250°C) по остатку фактических смол (в мг), полученному после испарения.

Так как входящие в состав топлива углеводороды бесцветны, то его окраска в желто-коричневые цвета объясняется наличием в нем смолистых веществ, причем, чем больше в топливе этих веществ, тем интенсивнее окраска. Поэтому наличие смол в топливе можно определить визуально по его цвету.

При содержании фактических смол в топливе в пределах, допускаемых стандартами (5 мг/100 см<sup>3</sup>), в двигателях, работающих на нем, длительное время не происходит повышенного смоло- и нагарообразования. Если содержание смол в 2...3 раза выше нормы, что при эксплуатации автомобилей бывает часто, то ресурс двигателя снижается на 20...25 %, кроме того, возникают такие дефекты, как зависание клапанов, залегание поршневых колец и др.

Индукционный период топлива позволяет оценить способность бензина сохранять свой состав неизменным при соблюдении условий транспортирования, хранения и использования.

Этот показатель определяют по времени (в минутах) от начала окисления бензина до активного поглощения им кислорода в лабораторной установке (герметичном сосуде) при искусственном окислении бензина (температура 100±1°C в атмосфере сухого и чистого кислорода при давлении 0,7 МПа) После того, как время окисления превысит индукционный период, в бензине начинается значительное накопление смол и других продуктов окисления, что приводит к недопустимому ухудшению эксплуатационных свойств бензина.

Для повышения химической стабильности бензинов в них вводят антиокислительные присадки (ингибиторы): древесно-смоляной антиокислитель ДСА (0,05...0,15%), смесь фенолов ФЧ-16 (0,03...0,10%), синтетические ингибиторы ионол (0,03...0,10%) и агидол-12 (до 0,3%).

### **Противокоррозионные свойства**

Под коррозией понимают самопроизвольное разрушение твердых тел, вызванное химическими и электрохимическими процессами, развивающимися на поверхности тела при его взаимодействии с внешней средой. Коррозия металлов происходит вследствие их взаимодействия с химически активными веществами, содержащимися в природных и технологических средах.

Топливо вызывает коррозию металлов и в жидком, и в газообразном состоянии, когда образуется горючая смесь. Кроме того, на коррозию влияют и продукты сгорания. Минимальное коррозионное воздействие на металлы

деталей двигателя является одним из основных требований, предъявляемым к автомобильным бензинам.

Коррозии подвергаются топливные баки, трубопроводы, детали топливоподающей системы двигателя, а также резервуары для хранения и цистерны, используемые при транспортировании бензина. Способствует этому наличие в топливе коррозионно-агрессивных соединений: водорастворимых (минеральных) кислот и щелочей, активных сернистых соединений, воды, органических кислот и др.

Водорастворимых кислот и щелочей в бензинах быть не должно. Однако при транспортировании и хранении в топливо могут попасть соединения серной кислоты, едкого натра, сульфокислот и других веществ, вызывающих сильную коррозию цветных и черных металлов.

Практически всегда в топливе содержатся органические соединения кислого характера (нафтеновые кислоты и фенолы). Они наиболее активны по отношению к цветным металлам (свинец, цинк), причем с повышением температуры их активность возрастает, а с увеличением молекулярной массы - уменьшается. При наличии кислых органических соединений, особенно в топливах с низким индукционным периодом, интенсивность протекания коррозионных процессов значительно возрастает.

Содержание органических кислот в топливах характеризуется кислотностью, которую по ГОСТ 5985-79 определяют количеством щелочи (в мг), потребной для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 мл топлива. Полностью удалять кислоты и фенолы из топлива нет необходимости, так как их коррозионная агрессивность значительно ниже, чем у неорганических кислот.

Сернистые соединения, содержащиеся в топливе, отрицательно сказываются на его эксплуатационных свойствах: стабильности, способности к нагарообразованию, коррозионной агрессивности и др. Особенно агрессивны активные сернистые соединения, которые вызывают коррозию металлов даже при нормальных условиях, поэтому наличие их в топливе крайне нежелательно.

При сгорании как активных, так и неактивных сернистых соединений образуются серный ( $SO_3$ ) и сернистый ( $SO_2$ ) ангидриды, которые, соединяясь с водой (при конденсации ее из продуктов сгорания), образуют соответственно серную и сернистую кислоты. Серный ангидрид  $SO_3$  при работе прогретого двигателя вызывает газовую коррозию цилиндров, поршней и выпускных клапанов.

Коррозионный износ в значительной степени зависит от изношенности двигателя и количества серы, содержащейся в топливе. При увеличении содержания серы в бензине от 0,05 до 0,1% коррозионный износ деталей двигателя возрастает в 1,5...2 раза, с 0,1 до 0,2% - еще в 1,5...2 раза, а с 0,2 до 0,3% - в 1,3...1,7 раза.

Присутствие активных сернистых соединений в топливе проверяют медной пластинкой. Максимальное содержание серы в отечественных

автомобильных бензинах регламентируется ГОСТ Р 51105-97 и ТУ 38.301-25-41-97 и должно составлять не более 0,05%.

Основную массу автомобильных бензинов в России вырабатывают по ГОСТ 2084-77 [40] и ГОСТ Р 51105-97[41] и ТУ 38.001165-97.

В зависимости от октанового числа ГОСТ 2084-77 предусматривает пять марок автомобильных бензинов: А-72, А-76, АИ-91, АИ-93 и АИ-95 (таблица 1.23).

**Таблица 1.23 – Характеристики автомобильных бензинов (ГОСТ 2084-77)**

Показатели	А-72	А-76 неэтил.	А-76 этил.	АИ- 91	АИ- 93	АИ- 95
<i>Детонационная стойкость: октановое число, не менее</i>						
моторный метод	72	76	76	82,5	85	85
исследовательский метод	Не нормируется			91	93	95
Массовое содержание свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более	0,013	0,013	0,17	0,013	0,013	0,013
<i>Фракционный состав: температура начала перегонки бензина, °С, не ниже</i>						
летнего	35	35	35	35	35	30
зимнего	Не нормируется					
<i>10% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше</i>						
летнего	70	70	70	70	70	75
зимнего	55	55	55	55	55	55
<i>50% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше</i>						
летнего	115	115	115	115	115	120
зимнего	100	100	100	100	100	105
<i>90% бензина перегоняется при температуре, °С, не выше</i>						
летнего	180	180	180	180	180	180
зимнего	160	160	160	160	160	160
<i>Конец кипения бензина, °С, не выше</i>						
летнего	195	195	195	205	205	205
зимнего	185	185	185	195	195	195
Остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
<i>Давление насыщенных паров бензина, кПа</i>						
летнего, не более	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
зимнего	66,7... 93,3	66,7... 93,3	66,7... 93,3	66,7... 93,3	66,7... 93,3	66,7... 93,3
Кислотность, МГ КОН/100 см <sup>3</sup> , не более	3,0	1,0	3,0	3,0	0,8	2,0
<i>Содержание фактических смол, мг/100 см<sup>3</sup>, не более</i>						
на месте производства	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Продолжение таблицы 1.23

Показатели	А-72	А-76 неэтил.	А-76 этил.	АИ-91	АИ-93	АИ-95
на месте потребления	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	600	1200	900	900	1200	900
Массовая доля серы, %, не более	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Цвет	-	-	Желтый	-	-	-

**Примечания.** 1. Для бензинов всех марок: испытание на медной пластинке-выдерживают; содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды - отсутствие; плотность при 20°C - не нормируется, определение обязательно.

2. Для городов и районов, а также предприятий, где Главным санитарным врачом запрещено применение этилированных бензинов, предназначаются только неэтилированные.

3. Допускается вырабатывать бензин, предназначенный для применения в южных районах, со следующими показателями по фракционному составу: 10 % перегоняется при температуре не выше 75°C; 50 % перегоняется при температуре не выше 120°C;

4. Для бензинов, изготовленных с применением компонентов каталитического риформинга, допускаемая температура конца кипения не выше 205°C - для летнего и не выше 195°C - для зимнего.

По составу автомобильные бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых в результате различных технологических процессов: прямой перегонки нефти, каталитического риформинга, каталитического крекинга и гидрокрекинга вакуумного газоилья, изомеризации прямогонных фракций, алкилирования, ароматизации термического крекинга, замедленного коксования. Компонентный состав бензина зависит, в основном, от его марки и определяется набором технологических установок на нефтеперерабатывающем заводе. Примерные компонентные составы автомобильных бензинов различных марок приведены в таблице 1.24.

С целью повышения качества бензина до уровня европейских стандартов разработан ГОСТ Р 51105-97 Р. В этом стандарте наряду с отечественными включены международные стандарты на методы испытаний (ISO, EN, ASTM). Нормы и требования к качеству автомобильных бензинов и характеристики испаряемости по ГОСТ Р 51105-97 приведены в таблицах 1.25 и 1.26.

Чтобы обеспечить крупные города и другие регионы с высокой плотностью автомобильного транспорта экологически чистым топливом, на современном этапе предусмотрено производство бензинов по ТУ 38.401-58-171-96 и ТУ 38.301-25-41-97 (таблица 1.27). По сравнению с бензинами по ГОСТ Р 51105-97 для этих бензинов предусмотрены более жесткие нормы по содержанию бензола, нормирование ароматических углеводородов и добавление моющих присадок.

Таблица 1.24 – Средние компонентные составы автомобильных бензинов

Компонент	А-76 (А-80)	А-76*	АИ-91	А-92	А-92*	АИ-95	АИ-98
<i>Бензин каталитического риформинга:</i>							
мягкого режима	40...80	70...60	60...90	60...88	50...100	-	-
жесткого режима	-	-	40...100	40...100	10...40	5...90	25...88
Ксилольная фракция	-	-	10...20	10...30	-	20...40	20...40
Бензин каталитического крекинга	20...80	10...60	10-85	10...85	10...85	10...50	10...20
Бензин прямой перегонки	20...60	40...100	10...20	10...20	10...80	-	-
Алкилбензин	-	-	5...20	5...20	-	10...35	15...50
Бутаны + изопентан	1...7	1...5	1...10	1...10	1...7	1...10	1...10
Газовый бензин	5...10	5...10	5...10	5...10	5...10	-	-
Толуол	-	-	0...7	0...10	-	8...15	10...15
Бензин коксования	1...5	5...10	-	-	-	-	-
Гидростабилизированный бензин пиролиза	10...35	10...20	10...30	10...30	10...30	10...20	10...20
МТБЭ	<=8	-	5...12	5...12	-	10...15	10...15
* - Этилированный.							

Для эксплуатации автомобилей с бензиновыми двигателями в условиях Севера на газоконденсатных месторождениях и районах, к ним прилетающих, применяются бензины АГ, вырабатываемые прямой перегонкой газовых конденсатов (таблица 1.28).

Требования Европейских стандартов к качеству автомобильных бензинов из года в год возрастают в направлении снижения токсичности отработавших газов (таблица 1.29), что достигается снижением содержания в бензинах бензола, серы, ароматических и олефиновых углеводородов, обязательном введении в топливо моющих присадок и увеличением концентрации синтетических кислородсодержащих компонентов.

В настоящее время в нашей стране согласно ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-2004) [42] производятся бензины отвечающие современным требованиям стандарта ЕВРО по экологической безопасности.

Настоящий стандарт устанавливает следующие марки бензинов - Премиум Евро-95 и Супер Евро-98 и их виды: I - код ОКП 02 5116; II - код ОКП 02 5117; III - код ОКП 02 5119.

Настоящий стандарт распространяется на неэтилированные бензины, поставляемые на экспорт и российский рынок и предназначенные для использования в качестве моторного топлива на транспортных средствах с бензиновыми двигателями, сконструированными для работы на неэтилированном бензине.

Требования к бензинам марок Премиум Евро-95 и Супер Евро-98 согласно ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-2004) и классы испаряемости представлены в таблицах 1.30 и 1.31.

**Таблица 1.28 – Физико-химические характеристики автомобильных бензинов из газовых конденсатов**

Показатели	ТУ 51-106-83		ТУ 51-03-06-86	
	АГ-82	АГ-76	АГ летний	АГ зимний
Детонационная стойкость:				
октановое число по моторному методу не менее	72	76	76	76
Фракционный состав:				
– температура начала кипения, °С не ниже	-	-	35	Не норм.
пределы перегонки, °С, не выше				
для 10 %	55	55	70	55
50 %	100	100	115	100
90 % дистилята	140	130	145	145
конец кипения, °С, не выше	150	150	170	150
остаток в колбе, %, не более	1,5	1,5	1,0	1,0 1
остаток и потери, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0
Кислотность, мг КОН/100 мл, не более	1,0	1,0	3,0	3,0
Концентрация фактических смол, мг/100 мл, не более	3,0	3,0	5,0	5,0
Массовая доля серы, %, не более	0,1	0,1	од	0,1
Испытание на медной пластине	Выдерживает			
Водорастворимые кислоты и щёлочи	Отсутствие			
Механические примеси и вода	Отсутствие			
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	Не нормируется			

Таблица 1.25 – Физико-химические и эксплуатационные показатели автомобильных бензинов по ГОСТ 51105-97

Наименование показателя	Значение для марки					Метод испытания
	Нормаль-80 ОКП 02 5112 3701	Регуляр-91 ОКП 02 5112 3702	Регуляр-92 ОКП 02 5112 3705	Премиум-95 ОКП 02 5112 3703	Супер-98 ОКП 02 5112 3704	
1 Октановое число, не менее:						
по моторному методу	76,0	82,5	83,0	85,0	88,0	По ГОСТ 511 или приложению А [10, 32]
по исследовательскому методу	80,0	91,0	92,0	95,0	98,0	По ГОСТ 8226 или приложению А [9, 33]
2 Концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более			0,010			По ГОСТ 28828 или приложению А [12, 23]
3 Концентрация марганца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	50	18	-	-	-	По 7.2 и приложению А [13]
4 Концентрация фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более			5,0			По ГОСТ 1567 или приложению А [4, 20]
5 Индукционный период			360			По ГОСТ 4039 или приложению А [5, 34]
бензола, мин, не менее						По ГОСТ 19121 или ГОСТ Р 50442,]
6 Массовая доля серы, %, не более			0,05			По ГОСТ 29040 или приложению А [18, 11, 15, 24]
7 Объемная доля бензина, %, не более			5			По ГОСТ 6321 или приложению А [2, 25]
8 Испытание на медной пластинке				Выдерживает класс I		
9 Внешний вид				Чистый прозрачный		По 7.3
10 Плотность при 15 °C, кг/м <sup>3</sup>	700...750	725...780	725...780	725...780	725...780	По ГОСТ Р 51069

Примечания 1. Концентрацию марганца определяют только для бензинов, содержащих марганцевый антидегонатор (МЦТМ).

2. Автомобильные бензины, предназначенные для длительного хранения (5 лет) в Госрезерве и Министерстве обороны, должны иметь индукционный период не менее 1200 мин 3. Автомобильный бензин марки «Регуляр-91» разрешается поставлять до 1 января 2003 г. 4. Поставка автомобильных бензинов с марганцевым антидегонатором разрешается до 1 января 2003 г.

Таблица 1.26 – Характеристики испаряемости бензина по ГОСТ 51105-97

Наименование показателя	Значение для класса					Метод испытания
	1	2	3	4	5	
1 Давление насыщенных паров бензина, кПа, ДНП						По ГОСТ 1756 или ГОСТ 28781, или приложению А [3. 19, 21]
Мин.	35	45	55	60	80	
Макс.	70	80	90	95	100	
2 Фракционный состав:						По ГОСТ 2177 или приложению А [1, 26]
Температура начала перегонки, °C, не ниже пределы перегонки, °C, не выше:	35	35	35	Не нормируется		
10 %	75	70	65	60	55	
50 %	120	115	110	105	100	
90 %	190	185	180	170	160	
конец кипения, °C, не выше						
доля остатка в колбе, %, (по объему)						
остаток и потери, % (по объему)						
или объем испарившегося бензина, %, при температуре:						
70 °C мин.	10	15	15	15	15	
Макс.	45	45	47	50	50	
100 °C мин.	35	40	40	40	40	
Макс.	65	70	70	70	70	
180 °C, не менее	85	85	85	85	85	
доля остатка в колбе, %, (по объему)						
конец кипения, °C, не выше						
остаток в колбе, % (по объему), не более						
3 Индекс испаряемости, не более	900	1000	1100	1200	1300	По 7.4 или приложению А [22]

Таблица 1.27 – Характеристики бензинов по ТУ 38.401-58-171-96 и ТУ 38.301-25-41-97

Наименование показателя	ТУ 38.401-58-171-96				ТУ 38.301-25-41-97	
	АИ-80ЭК	АИ-92ЭК	АИ-95ЭК	АИ-98ЭК	ЯрМарка 92Е	ЯрМарка 95Е
Октановое число, не менее, по методу: моторному исследовательскому	76 80	83 92	85 95	88 98	83 92	85 95
Содержание свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более					0,010	
Фракционный состав: объем испарившегося бензина, %, при температуре: 70°C	10..50	15..50	15..50	15..50	15..50	15..50
100°C	35..70	40..70	40..70	40..70	40..70	40..70
180°C	85	85	85	85	85	85
конец кипения бензина при температуре, °C, не выше	215	215	215	215	215	215
доля остатка в колбе, % (по объему), не более	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Давление насыщенных паров бензина, кПа:						
летний с 1.04 по 1.10	35..70	35..70	35..70	35..70	35..70	35..70
зимний с 1.10 по 1.04					60..100	60..100
Индекс паровой пробки, не более: летний период зимний период	950 1250	950 1250	950 1250	950 1250	950 1250	950 1250
Содержание фактических смол на месте производства мг/100см <sup>3</sup> , не более					5,0	
Объемная доля, %, не более: – ароматических углеводородов					45	45
– в том числе бензола	3	3	5	5	3	3
Индукционный период бензина на месте производства, мин, не менее					360	
Массовая доля серы, %, не более					0,05	
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup> , не более					780	

Примечания. Для бензинов всех марок: 1. Испытание на медной пластинке - выдерживают. 2. Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды - отсутствуют.

Таблица 1.29 – Требования к автомобильным бензинам в странах ЕЭС

Показатели	Требования			
	Евро-2 1995 г.	Евро-3 2000 г.	Евро-4 2005 г.	Евро-5 2009 г.
Содержание бензола, не более, %	5,0	1,0	1,0	1,0
Содержание серы, %	0,05	0,015	0,005	0,001
Содержание ароматических углеводородов, %	-	42	35	35
Содержание олефиновых углеводородов, %	-	18	14	14
Содержание кислорода, %	-	2,3	2,7	2,7
Фракционный состав, %:				
до 100 °С перегоняется, не менее	-	46	46	46
до 150 °С перегоняется, не менее	-	75	75	75
Давление насыщенных паров, кПа, не более	-	лето 70 зима 90	лето 70 зима 90	лето 70 зима 90

Таблица 1.30 - Требования к бензинам марок Премиум Евро-95 и Супер Евро-98

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
Октановое число, не менее:		
- по исследовательскому методу	95,0*	По ГОСТ Р 52947 или ГОСТ 8226
- по моторному методу	85,0*	По ГОСТ Р 52946 или ГОСТ 511
Концентрация свинца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	Отсутствие	По ГОСТ Р ЕН 237 или ГОСТ Р 51942
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	720-775	По ГОСТ Р 51069 ГОСТ Р ИСО 3675
Концентрация серы, мг/кг, не более		
вид I	150>	По ГОСТ Р 52660 или ГОСТ Р ЕН ИСО 20846
вид II	50	По ГОСТ Р 52660 или ГОСТ Р ЕН ИСО 20846
вид III	10	По ГОСТ Р 52660 или ГОСТ Р ЕН ИСО 20846
Устойчивость к окислению, мин, не менее	360	
Концентрация смол, промытых растворителем, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	5	По ГОСТ 1567
Коррозия медной пластиинки (3 ч при 50 °С), единицы по шкале	Класс 1	По ГОСТ 6321

Продолжение таблицы 1.31

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
Внешний вид	Прозрачный и чистый	Визуальная проверка
Объемная доля углеводородов, %, не более:		По ГОСТ Р 52714 (метод Б), ГОСТ Р 52063
- олефиновых	18	
- ароматических		
вид I	42,0	
вид II	35,0	
вид III	35,0	
Объемная доля бензола, %, не более	1,0	По ГОСТ Р 52714 (метод Б), ГОСТ Р ЕН 12177, ГОСТ 29040
Массовая доля кислорода, %, не более	2,7	По ГОСТ Р ЕН 13132, ГОСТ Р ЕН 1601, ГОСТ Р 52256
Объемная доля оксигенатов, %, не более:		По ГОСТ Р ЕН 13132, ГОСТ Р ЕН 1601, или ГОСТ Р 52256
- метанола	Отсутствие	
- этанола	5	
- изопропилового спирта	10	
- изобутилового спирта	10	
- третбутилового спирта	7	
- эфиров (C <sub>5</sub> и выше)	15	
- других оксигенатов	10	
12 Объемная доля монометиланилина (N-метиланилина), %, не более:		По ГОСТ Р 54323
вид I и II	1,0	
вид III	Отсутствие	

\*Бензин марки Супер Евро-98 вырабатывают с октановым числом 98 по исследовательскому методу (88 - по моторному) и показателями качества, установленными в таблице. Примечание. В автомобильном бензине должны отсутствовать железо и марганец. За отсутствие железа (по ГОСТ Р 52530) принимают концентрацию менее 0,01 г/дм<sup>3</sup>, марганца (по ГОСТ Р 51925) - менее 0,25 мг/дм<sup>3</sup>, свинца - менее 2,5 мг/дм<sup>3</sup>, метанола - менее 0,17% масс. или 0,17% об.

Таблица 1.31- Классы испаряемости

Наименование показателя	Значение для класса						Метод испытания
	A	B	C и C1	D и D1	E и E1	F и F1	
Давление насыщенных паров (ДНП), кПа:							По ГОСТ 1756 или ГОСТ Р ЕН ИСО 13016-1
не менее	45,0	45,0	50,0	60,0	65,0	70,0	
не более	60,0	70,0	80,0	90,0	95,0	100,0	

Продолжение таблицы 1.31

Наименование показателя	Значение для класса						Метод испытания
	A	B	C и C1	D и D1	E и E1	F и F1	
Фракционный состав:							
- объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре:							
70°C (И70)	20,0 ... 48,0	20,0 ... 48,0	22,0 ... 50,0	22,0 ... 50,0	22,0 ... 50,0	22,0... 50,0	По ГОСТ 2177 (метод А)
100°C (И100)	46,0 ... 71,0	46,0 ... 71,0	46,0 ... 71,0	46,0 ... 71,0	46,0 ... 71,0	46,0... 71,0	
150°C (И150), не менее	75,0	75,0	750	75,0	75,0	75,0	
- конец кипения, °C, не выше	210	210	210	210	210	210	
- остаток в колбе, % (по объему), не более	2	2	2	2	2	2	
Максимальный индекс паровой пробки (ИПП)	A	B	C1	D1	E1	F1	
ИПП=10ДНП+7(И70)	-	-	1050	1150	1200	1250	

### Зарубежные автомобильные бензины

В большей части зарубежных стран автомобильные бензины выпускаются отдельными фирмами по своим техническим условиям (таблица 1.32). Наряду с фирменными условиями существуют общегосударственные стандарты для поставки на рынок бензинов.

В большинстве стран принято деление бензинов по сортам в зависимости от октанового числа. Во многих зарубежных странах выпускают два и три сорта, а в США и Германии четыре сорта бензина повышенного качества - «супер-бензин» - с очень высокой очисткой, очищенный бензин. В ряде стран весь автомобильный парк обеспечивается единым сортом бензина. В Англии используется своя классификация сорта бензинов - по числу звездочек, и применяется четыре сорта топлива. Октановые числа бензинов, выпускаемых в зарубежных странах, довольно высокие и составляют по исследовательскому методу 83...94 (регулярный), 95... 100 (повышенной очистки - премиальный) и выше 100 (супер-бензин).

Содержание серы в зарубежных бензинах, как правило, составляет сотые доли процента.

По фракционному составу и давлению насыщенных паров зарубежные автомобильные бензины имеют два принципиальных отличия от отечественных.

Первое состоит в том, что они, как правило, содержат больше низкокипящих фракций, чем бензины, выпускаемые в России. Бензины с

давлением насыщенных паров 600...700 мм.рт.ст и температурой перегонки 10% не выше 50°C успешно применяются во многих странах.

Вторая особенность фракционного состава бензинов западных стран заключается в том, что они имеют повышенную температуру конца кипения. Это связано с широким использованием бензинов каталитического риформинга, высококипящие компоненты которых имеют хорошие антидетонационные свойства.

Таблица 1.32 – Характеристики зарубежных автомобильных бензинов

Сорт бензина	ОЧИМ	ОЧММ	Содержание ТЭС, гр/кг	Давление насыщенных паров, мм.рт.ст.	Содержание серы	Фракционный состав				
						$t_{\text{н.к.}}$ , °C	$t_{10\%}$ , °C	$t_{50\%}$ , °C	$t_{90\%}$ , °C	$t_{\text{к.к.}}$ , °C
<b>США</b>										
Супер	102,4	94,6	1,5	510	0,01	32	49	101	162	197
Премиум	100,1	92,1	1,4	570	0,02	30	46	100	161	203
Обычный	94,2	86,3	1,3	565	0,04	31	46	94	162	209
<b>Англия</b>										
5-звездочек	100,5	89,3	1,2	500	0,02	36	50	101	157	192
4-звездочки	99,5	88,7	1,0	540	0,03	33	50	103	159	196
3-звездочки	96,7	86,9	0,9	470	0,04	35	52	99	157	192
2-звездочки	92,8	85,3	1,0	460	0,03	33	52	98	157	192
<b>Франция</b>										
Премиум	98,3	88,0	1,0	440	0,02	32	56	100	151	186
Обычный	90,5	85,0	1,0	440	0,02	33	51	86	150	186
<b>Германия</b>										
Премиум	99,3	89,5	0,9	520	0,04	32	54	102	160	188
Обычный	92,5	85,5	0,8	540	0,05	34	53	95	160	196
<b>Италия</b>										
Премиум	98,7	89,5	1,2	490	0,05	36	51	101	155	187
Обычный	88,0	83,0	1,4	490	0,05	35	50	86	158	187

Соответствие отечественных и некоторых зарубежных марок бензинов представлены в таблице 1.33.

Таблица 1.33 – Соответствие отечественных и некоторых зарубежных марок бензинов

Отечественный бензин		Зарубежный бензин		
Марка, ГОСТ, ТУ	Марка	Спецификация	Страна	
А-76 ГОСТ 2084-77	Обычный	ONORM C113	Австрия	
	Type 2	JIS K 2202-80	Япония	
		CAN-2-3,5-79	Канада	
АИ-92 ТУ 38.00165-97	A-93	БДС 8638-82	Болгария	
	Normal	DIN 51600	Германия	
		DIN 51607	Германия	
	Regular	ASTM D 439-83	США	
АИ-95 ТУ 38.1011279-89	Premium	BS 7070-85	Великобритания	
	Superbenzin	SNV 181162	Швейцария	
АИ-98 ГОСТ 2084-77	A-96	БДС 86 38-82	Болгария	
	4 star	BS 4040-78	Великобритания	
	Super	SHV 181161/1	Швейцария	

### 1.1.3 Газообразные топлива

Газообразные углеводородные топлива относятся к наиболее чистым в экологическом отношении моторным топливам. Выбросы токсичных веществ с отработавшими газами у газобаллонных автомобилей значительно ниже, чем у автомобилей с двигателями, работающими на бензине или дизельном топливе.

Преимуществами газообразных топлив являются:

- экономия нефтепродуктов, из которых изготавливаются бензины и дизельные топлива;
- улучшение топливной экономичности автомобиля за счет работы двигателя на более бедной горючей смеси;
- снижение токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания;
- снижение изнашивания цилиндро-поршневой группы и увеличение срока службы моторного масла (газовоздушная смесь не смывает масляную пленку со стенок цилиндров, не образует нагара на деталях цилиндро-поршневой группы и не разжижает масло в картере двигателя);
- высокая детонационная стойкость газообразных топлив (позволяет повысить степень сжатия двигателя и, следовательно, его мощность и топливную экономичность);
- исключение необходимости подогрева впускного трубопровода, что улучшает наполнение цилиндров и повышает, таким образом, мощность двигателя;
- улучшение равномерности распределения горючей смеси по цилиндрам.

В зависимости от физического состояния горючие газы делятся на сжатые и сжиженные. Если критическая температура газа ниже обычных температур эксплуатации автомобиля, его применяют, как правило, в сжатом виде (сжатый газ), а если выше - в сжиженном виде под давлением 1,5...2,0 МПа (сжиженный газ). Сжатый газ при глубоком охлаждении можно перевести в жидкое состояние.

Наиболее широко применяются и имеют перспективы расширения использования следующие газообразные углеводородные топлива:

- компримированный (сжатый) природный газ (КПГ) (метан);
- сжиженный природный газ (СПГ);
- газ сжиженный нефтяной (ГСН) (пропан-бутановая смесь).

Физико-химические и эксплуатационные свойства газообразных топлив существенно отличаются от бензинов и дизельных топлив. В таблице 1.34 приведены основные физико-химические свойства отдельных компонентов газообразных топлив и бензина.

К качеству топлив для газобаллонных автомобилей предъявляют такие основные эксплуатационные требования:

- хорошая смешиваемость с воздухом для образования однородной горючей смеси;
- высокая калорийность горючей смеси;
- отсутствие детонации при сгорании в цилиндрах двигателя;
- минимальное содержание смолистых веществ и механических примесей, способствующих образованию нагара на деталях двигателя;
- минимальное содержание веществ, вызывающих коррозию поверхностей деталей, окисление и разжижение масла в картере двигателя;
- минимальное образование токсичных и канцерогенных веществ в продуктах сгорания;
- сохранение стабильного состава и свойств по времени и объему;
- сохранение избыточного давления насыщенных паров 0,1...1,6 МПа в интервале температур от -30 до +45°C (для ГСН);
- хорошая испаряемость без образования жидкого осадка при понижении давления в газовой системе питания двигателя (для ГСН).

### Свойства сжиженных газов

Газ сжиженный нефтяной в качестве топлива для автомобилей представляет собой смесь пропана, нормального бутана, изобутана, пропилена, этана, этилена и других углеводородов. Его получают как продукт переработки нефти, а также при добыче нефти или природного газа в виде отдельной жидкой фракции. Основные компоненты сжиженных газов, как современного топлива для двигателей - это пропан  $C_3H_8$ , бутан  $C_4H_{10}$  и их смеси.

Так как каждый из компонентов имеет определенную температуру кипения, давление паровой фазы смеси сжиженных газов зависит как от

температуры, так и от компонентного состава. Давление смеси газов можно определить по значению составляющих (парциальных) давлений углеводородных газов, входящих в состав смеси, пропорционально концентрациям.

Свойства сжиженных газов определяются по параметрам отдельных углеводородов, входящих в смесь. Ввиду того, что пропан и бутан имеют при атмосферном давлении соответственно температуры кипения  $-42,1^{\circ}\text{C}$  и  $-0,5^{\circ}\text{C}$  и критические температуры  $+96,8^{\circ}\text{C}$  и  $+126^{\circ}\text{C}$ , это позволяет хранить их в сжиженном состоянии в диапазоне эксплуатационных температур от  $-40$  до  $+45^{\circ}\text{C}$  при относительно низком давлении (до 1,6 МПа). Так как критические температуры пропана ( $+97^{\circ}\text{C}$ ) и бутана ( $+126^{\circ}\text{C}$ ) выше обычных температур окружающего воздуха, то оба углеводорода при небольшом давлении (без охлаждения) можно перевести в сжиженное состояние. Например, пропан при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  сжижается при давлении 0,716 МПа, а бутан - при 0,103 МПа.

Давление насыщенных паров сжиженных газов изменяется от 0,27 МПа при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  до 1,6 МПа при температуре  $+45^{\circ}\text{C}$ .

Сжиженный газ характеризуется большим коэффициентом объемного расширения. Давление в значительной степени зависит не от количества газа в баллоне, а от температуры. Повышение температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  увеличивает давление в газовом баллоне на 0,6...0,7 МПа, что может привести к его разрушению. Поэтому, чтобы этого не случилось, в баллоне предусматривают паровую подушку (фазу). Степень заполнения (полезная емкость) автомобильных газовых баллонов должна быть в пределах 80...85%. Арматура автомобильных газовых баллонов имеет специальное устройство, автоматически прекращающее заправку баллона при достижении предельного уровня топлива.

Плотность паровой фазы газа оказывает влияние на массовый заряд газо-воздушной среды, поступающей в цилиндры двигателя, а следовательно, и на мощность и топливную экономичность. В зимнее время года, когда плотность газо-воздушной смеси достигает максимальных значений, двигатель имеет наилучшие эксплуатационные показатели. Некоторые зарубежные двигатели имеют устройство для отключения подогрева впускного коллектора для увеличения плотности газа.

Компоненты газового топлива имеют пределы воспламенения, значительно смещенные в сторону бедных смесей, что дает дополнительные возможности повышения топливной экономичности.

Топливо из сжиженных газов обладает плохими пусковыми свойствами. Пуск холодного двигателя возможен на зимней марке топлива (ПА) при температуре окружающего воздуха от  $-5$  до  $-7^{\circ}\text{C}$ . При более низких температурах в условиях безгаражного хранения необходимо использовать различные способы подогрева. Если они отсутствуют, то допускается пуск двигателя на резервном бензине что ведет к дополнительному расходу бензина и снижает экономическую эффективность применения газобаллонного оборудования.

Таблица 1.34 – Основные физико-химические свойства отдельных компонентов газообразных топлив и бензина

Параметры свойств	Компоненты сжатого газа			Компоненты сжиженного газа			Бензин
	Метан CH <sub>4</sub>	Этан C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>			
Молекулярная масса	16	30	44	58	114,2		
Плотность жидкой фазы при температуре кипения и давления 100 кПа, кг/м <sup>3</sup>	416	546	584	600	735		
Плотность газовой фазы при нормальных условиях (температура +15 °С, давление 760ммрт. ст.), кг/м <sup>3</sup>	0,717	1,356	2,019	2,703	5,18		
Относительная плотность газа в газообразном состоянии по отношению к воздуху, кг/м <sup>3</sup>	0,554	1,048	1,562	2,091	3,78		
Критическое давление (абсолютное), МПа	4,58	4,88	4,20	3,60	—		
Температура кипения при давлении 100 кПа, °С	-161,5	-88,5	-42,1	-0,5	35...180		
Критическая температура кипения, °С	-82,0	32,3	96,8	152,9	—		
Температура воспламенения топлива в воздухе при атмосферном давлении, °С	680...750	508...605	510...580	475...550	470...530		

Продолжение таблицы 1.34

Параметры свойств	Компоненты сжиженного газа	Компоненты сжиженного газа			Бензин
	Метан CH <sub>4</sub>	Этан C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Пропан C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
Теплота сгорания (низшая) удельная, МДж/кг	49,7	47,1	45,85	45,43	43,93
Теплота сгорания (низшая) объемная, МДж/м <sup>3</sup>	33,8	59,94	85,63	111,59	213,18
Теплота сгорания горючей смеси при коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1$ , МДж/м <sup>3</sup>	3,22	3,40	3,46	3,49	3,56
Теоретически необходимое количество воздуха при сгорании топлива в газообразном состоянии, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	9,52	16,66	23,91	30,95	58,61
Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания топлива в газообразном состоянии, кг/кг	17,24	16,8	15,7	15,48	14,9
Пределы воспламенения объемные, %:					
нижний	5,3	3,2	2,4	1,9	1,5
верхний	14,0	12,5	9,5	8,5	6,0
Октановое число по моторному методу	110	108	105	94	80-90

Все компоненты газообразных сжиженных топлив первоначально не имеют цвета и запаха, поэтому для обнаружения утечек и обеспечения безопасности при использовании этих видов топлива на автомобилях их дезодорируют, т.е. предают особый запах. В качестве такого дезодоранта используют этилмеркаптан  $C_2H_5SH$  (температура кипения  $37^{\circ}C$ ), обладающий специфическим резким неприятным запахом в количестве  $0,2\ldots0,3$  г на  $1000\text{ m}^3$  газа. Его ощущают уже при минимальной концентрации -  $0,19$  г на  $1000\text{ m}^3$  воздуха или газа, хотя норматив на ощущение запаха составляет более  $0,5\%$  от объема газа в воздухе. В некоторых случаях утечку газа можно определить на слух или с помощью специальных приборов. Сжиженные газы пожаро- и взрывоопасны, но меньше, чем пары бензина.

По степени воздействия на организм человека они относятся к 4 классу.

Основные компоненты сжиженного топлива - пропан, бутан и этан - тяжелее воздуха. Таким образом, они, скапливаясь на полу помещений, представляют большую опасность.

Сжиженные газы хранят в баллонах емкостью 250 л, рассчитанных на рабочее давление  $1,6\text{ MPa}$ . В таких условиях даже чистый пропан находится в жидком виде, что позволяет эксплуатировать автомобили на сжиженном газе круглогодично на всей территории страны, кроме южных районов в летнее время года, где температура выше  $+48,5^{\circ}C$ .

Промышленность выпускает газобаллонные автомобили двух типов: со специальными двигателями, работающими на газе, но в которых предусмотрена резервная система питания для кратковременной работы на бензине (мощность таких двигателей не уступает мощности базовых двигателей, а топливная экономичность выше, чем при работе на бензине); с универсальными двигателями, допускающими работу как на сжиженном газе, так и на бензине (в этом случае мощность автомобильного двигателя снижается до 10%).

Эксплуатационные свойства автомобилей с газовыми двигателями, в сравнении с бензиновыми оцениваются следующим образом:

- пусковые качества до температуры окружающего воздуха до  $-5^{\circ}C$  равнозначны. При более низких температурах пуск двигателя, работающего на сжиженном газе, затруднен;
- ухудшаются на  $5\ldots8\%$  динамические качества автомобиля;
- увеличивается мощность и топливная экономичность газовых двигателей, так как в связи с высокими антидetonационными свойствами сжиженных газов (их ОЧ превышает 100 единиц) в газовых двигателях можно применять более высокие степени сжатия, хотя теплотворная способность сжатого газа на единицу объема и меньше, чем у бензина;
- при правильной регулировке и нормальном оптимальном режиме работы системы подачи газового топлива значительно снижается токсичность отработавших газов: по окиси углерода - в  $3\ldots4$  раза, по окислам азота в  $1,2\ldots2$  раза, по углеводородам в  $1,2\ldots1,4$  раза и более; увеличивается

в 2...2,5 раза продолжительность работы масла между заменами, из-за улучшения процессов испарения и смесеобразования жидкого топлива, исключения смывания смазки с зеркала цилиндров двигателя, уменьшения разжижения и загрязнения масла различными примесями;

• повышается надежность и ресурс двигателей до ремонта в 1,4...2 раза, за счет снижения износов деталей цилиндро-поршневой группы, улучшения условий работы свечей зажигания и уменьшения нагарообразования;

• автомобили, работающие на сжиженном газе, имеют такой же запас хода, как и автомобили, работающие на бензине;

• увеличивается на 3...5% трудоемкость работ по обслуживанию и ремонту газобаллонных автомобилей [3].

### **Свойства сжатых газов**

Основные компоненты сжатых газов - метан  $\text{CH}_4$ , окись углерода  $\text{CO}$  и водород  $\text{H}_2$  - получают из горючих газов различного происхождения (природных, попутных, нефтяных, коксовых и др.). В попутных газах в зависимости от месторождения нефти содержание метана может находиться в пределах 40...82%.

Из всех углеводородных газов метан содержит максимум водорода на один атом углерода и поэтому обладает высокой теплотворностью, достаточно широкими пределами воспламеняемости, низким содержанием токсичных веществ ( $\text{CO}$  и  $\text{OH}$ ) в продуктах сгорания. Он характеризуется наивысшей критической температурой  $-82^\circ\text{C}$  и поэтому при нормальных температурах даже при высоком давлении он не может быть сжижен, так как для этого нужны низкие температуры.

Метан имеет высокую детонационную стойкость, что обеспечивает «мягкую» работу двигателя при использовании природного газа и позволяет форсировать двигатель по степени сжатия. Сжатый газ воспламеняется при температуре  $635\text{...}645^\circ\text{C}$  в камере сгорания двигателя (в 3 раза выше температуры воспламенения бензина), что затрудняет запуск двигателя, особенно при пониженных температурах окружающего воздуха. При снижении давления метана в газовом редукторе высокого давления температура резко снижается (эффект Джоуля - Томсона). Например, при снижении давления с 10,0 до 1,0 МПа падение температуры газа составит около  $30^\circ\text{C}$ . Поэтому, даже в летний период времени влага, содержащаяся в газе, может образовывать кристаллы льда и препятствовать при подаче газа в двигатель.

Таким образом, важными мероприятиями для надежной работы двигателей на сжатом газе являются: очистка (осушение) газа от воды при заправке на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях; своевременная замена фильтров в системе питания двигателя; эффективный подогрев газа перед снижением давления в редукторе, особенно в зимний период времени года.

Для метана доминирующим является давление заправки. Для сжатого газа применяют газобаллонные установки (баллоны, арматура, редуктор,

газопроводы и др.), рассчитанные на работу при высоком давлении 19,6 МПа. По мере расходования газа из баллона рабочее давление в нем непрерывно уменьшается до предельного значения.

По токсичности сжатый газ характеризуется вредным воздействием на центральную нервную систему, вызывает раздражение кожных покровов, слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей. Метан намного легче воздуха и поэтому при утечках он улетучивается, скапливаясь в верхних частях помещения. Предельно допустимая концентрация газа на рабочих местах установлена до 300 мг/м<sup>3</sup> (в пересчете на углерод).

По опасности воспламенения сжатые газы значительно безопаснее бензина. Определенные концентрации газа с воздухом взрывоопасны: верхний предел воспламенения смеси газа с воздухом по объему должен быть 15%, а нижний - 4%.

В качестве преимуществ использования сжатого природного газа как автомобильного топлива при сравнении с бензином следует отметить следующие:

- увеличивается в 2...3 раза продолжительность работы масла между заменами из-за отсутствия его разжижения и уменьшения загрязнения и, как следствие этого, расход масла снижается на 30...40%;
- увеличивается в среднем на 35...40% ресурс двигателя вследствие отсутствия нагара на деталях цилиндро-поршневой группы;
- увеличивается на 40% срок службы свечей зажигания;
- увеличивается в 1,5 раза межремонтный ресурс двигателей;
- снижается до 90% выброс с отработавшими газами вредных веществ, особенно окиси углерода СО.

• Наряду с преимуществами использования сжатого природного газа как автомобильного топлива следует отметить следующие его недостатки:

- увеличивается на 7...8% трудоемкость обслуживания и ремонта, а также в среднем на 27% цена автомобиля из-за наличия дополнительной газобаллонной аппаратуры;
- снижается на 18...20% мощность двигателя и, как следствие этого, ухудшаются тягово-динамические и эксплуатационные характеристики автомобилей: увеличивается время разгона на 24...30%; уменьшается максимальная скорость автомобиля на 5...6%; уменьшаются предельные углы преодолеваемых подъемов на 30...40%; затрудняется эксплуатация автомобиля с прицепом; уменьшается дальность ездки на одной заправке газом, которая не превышает 200...250 км;
- снижается на 9...14% грузоподъемность автомобилей в связи с применением тяжелых стальных баллонов высокого давления.

### **Ассортимент газообразных топлив**

Компонентный состав сжиженного нефтяного газа регламентируется ГОСТ 27578-87 «Газы сжиженные нефтяные. Топливо для газобаллонных автомобилей. Технические условия» [43].

Стандарт предусматривает две марки газа: зимнюю - ПА (пропан автомобильный) и летнюю - ПБА (пропан-бутановая смесь автомобильная). В табл. 1.35 представлены основные физико-химические показатели углеводородных сжиженных газовых автомобильных топлив. На автомобильные газонаполнительные станции часто поступает сжиженный газ зимней и летней марок по ГОСТ 20448-90 «Газы углеводородные сжиженные для коммунально-бытового и промышленного потребления. Технические условия» [44]. Этот стандарт имеет более широкие допуски на содержание компонентов, в том числе вредных с точки зрения воздействия на двигатель и топливную аппаратуру (сера и ее соединения, непредельные углеводороды и др.) [3].

**Таблица 1.35 – Характеристики сжиженного нефтяного газа, выпускаемого по ГОСТ 27578-87**

<b>Наименование показателя</b>	<b>Марка газового топлива</b>	
	<b>Зимнего ПА</b>	<b>Летнего ПБА</b>
Массовая доля компонентов, %:		
Пропан	90± 10	50± 10
непредельные углеводороды, не более	6	6
Избыточное давление насыщенных паров, МПа при температуре:		
+45°C, не более	1,6	1,6
-35°C, не менее	0,07	-
-20°C, не менее	-	0,07
Массовая доля серы и сернистых соединений, %, не более:	0,01	0,01
в том числе сероводорода, %, не более	0,003	0,003
Содержание свободной воды и щелочи	Отсутствуют	

По этим техническим условиям сжиженные газы поступают двух марок: смесь пропанобутановая зимняя (СПБТЗ) и смесь пропанобутановая летняя (СПБТЛ), показатели которых представлены в табл. 1.36.

В сжиженных газах, поставляемых для автомобильного транспорта, по техническим причинам может содержаться некоторое количество масла, поступающего из компрессоров и насосов.

Таблица 1.36 – Характеристики сжиженного газа, выпускаемого в соответствии с ГОСТ 20448-90

Наименование показателя	Марка газового топлива	
	СПБТЗ	СПБТЛ
Массовая доля компонентов, %:		
пропан и пропилен, не менее	75	34
бутаны и бутилен, не более	20	60
метан, этан, этилен, не более	4	6
Избыточное давление насыщенных паров, МПа при температуре:		
+45°C, не более	1,6	1,6
-20°C, не менее	0,16	-
Содержание сероводорода, %, не более	5	5
Содержание общей серы, %, не более	0,015	0,015
Жидкий остаток, %, при температуре 20 °C, не более	1	2
Запах должен ощущаться при содержании газа, %	0,5	0,4

Сжатый (компримированный - КПГ) природный газ отпускается на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) по ГОСТ 27577-2000 «Газ природный топливный сжатый для газобаллонных автомобилей» [45]. Основные характеристики компримированных газов, установленные при температуре +20 °C и давлении 0,1013 МПа, приведены в табл. 1.37.

Таблица 1.37 – Характеристики природного топливного сжатого газа для автомобилей, выпускаемого в соответствии с ГОСТ 27577-2000

Наименование показателя	Численное значение
Теплота сгорания объемная, МДж/м <sup>3</sup>	32,6...36,0
Относительная плотность газа в газообразном состоянии по отношению к воздуху, кг/м <sup>3</sup>	0,56...0,62
Расчетное октановое число (ОН), не менее	105
Концентрация сероводорода, г/м <sup>3</sup> , не более	0,02
Концентрация меркаптановой серы, г/м <sup>3</sup> , не более	0,036
Масса механических примесей, мг/м <sup>3</sup> , не более	1,0
Суммарная объемная доля негорючих компонентов, включая кислород, %, не более	7,0
Содержание воды, мг/м <sup>3</sup> , не более	9,0

Переход с жидкого топлива на газовое увеличивает срок службы двигателя и продолжительность работы (до замены) моторного масла и свечей зажигания. Кроме того, в 2...5 раз снижается суммарная токсичность отработавших газов. Однако применение газового топлива имеет и

недостатки. Один из них - затрудненный пуск двигателя на газовом топливе при низких температурах из-за образования ледяных пробок в топливной системе.

## 1.2 Смазочные материалы

Автомобильная техника различного назначения с двигателями внутреннего сгорания является основным потребителем смазочных материалов.

Современные отечественные и, конечно, зарубежные автомобили требуют использования высококачественных смазочных материалов. В настоящее время отечественная промышленность выпускает широкий ассортимент смазочных материалов, отвечающий высоким требованиям современной техники. С другой стороны, российский рынок насыщен маслами практически всех зарубежных фирм-производителей. Например, только моторных масел на нашем рынке насчитывается более 100 наименований. К сожалению, имеющаяся информация о смазочных материалах носит, в основном, рекламный характер, поэтому потребителю бывает трудно разобраться в обилии номенклатуры масел, особенно при недостатке или отсутствии профессиональных знаний и навыков, а также при трудностях с пониманием иностранных языков и специфичной маркировки масел.

Между тем для грамотной эксплуатации и продления срока службы автомобиля подбирать и использовать смазочные материалы следует осознанно. Экономия может обойтись дороже. В то же время цены на нефтепродукты, а значит, и на смазочные материалы растут. Это связано, в том числе, с совершенствованием методов переработки нефти, использованием нетрадиционных способов получения так называемых синтетических смазочных материалов, что повышает их качество и расширяет возможности применения.

В отдельных случаях тип двигателя или ходовой части автомобиля требует разработки специальных видов масел. Например, для смазки шестерен с гипоидным зацеплением (такие применяются в задних мостах заднеприводных автомобилей) требуются трансмиссионные масла с особыми свойствами.

Важную роль в производстве смазочных материалов играют присадки, содержание которых в современных маслах может превышать 20 %.

За последние годы совершенствование конструкции автомобилей и улучшение качества моторных масел позволили снизить расход топлива в среднем на 10...15 % и увеличить ресурс двигателей на 30...40 %, в результате чего уменьшились затраты на ремонт и запасные части. При этом срок службы масел возрос в полтора раза, а их расход снизился в 2...3 раза.

## **Назначение и виды смазочных материалов**

Смазочные материалы предназначены для уменьшения интенсивности изнашивания и сил сопротивления в узлах трения, а также для обеспечения нормального функционирования систем, содержащих смазки.

Смазочные материалы – подразделяются на: минеральные, органические и синтетические.

**Минеральные масла** (более 90%) получают при переработке нефти (нефтяные масла), при переработке смол каменного угля, сланца, торфа (смоляные масла).

По способу получения масла бывают дистиллятными, остаточными и смешанными.

По способам очистки: кислотно-контактные и селективные.

Минеральные масла по степени назначения делятся на группы:

- 1) моторные;
- 2) индустриальные,
- 3) турбинные, компрессорные и для паровых машин;
- 4) трансмиссионные;
- 5) минеральные различного назначения.

В сельском хозяйстве используют и органические смазочные материалы: растительные масла (касторовое масло, сурепное, горчичное, хлопковое и др.).

**Органические масла** обладают высокой маслянистостью.

Наиболее часто растительные масла используют в смеси с минеральными для повышения маслянистости последних, в этом случае получают компаундированные масла.

С развитием химической промышленности органические смазочные материалы заменяют **синтетическими**.

Преимущество перед нефтяными: их вязкость меньше зависит от температуры, они имеют низкие температуры застывания, обладают хорошей химической и термической стойкостью. Однако они пока дороже нефтяных смазочных материалов.

### **1.2.1 Моторные масла**

На надежность и долговечность автомобильных двигателей большое влияние оказывает качество применяемых моторных масел.

Условия работы масел в двигателях внутреннего сгорания постоянно ужесточаются. Форсирование нагрузочных и скоростных режимов двигателей, уменьшение удельной емкости системы смазки приводит к росту температуры основных деталей и, как следствие, к ускорению окисления масел.

Основная функция моторного масла - снижение трения и износа трущихся поверхностей деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки. Одновременно моторные масла должны обеспечивать:

- уплотнение зазоров в сопряжениях работающего двигателя и, в первую

очередь, деталей цилиндро-поршневой группы;

- эффективный отвод тепла от трущихся поверхностей деталей, удаление из зон трения продуктов износа и других посторонних веществ;
- надежную защиту рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозионного воздействия продуктов окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение образования всех видов отложений (нагары, лаки, зольные отложения, шламы) на деталях двигателя при его работе на различных режимах;
- высокую стабильность при окислении, механическом воздействии и обводнении, т.е. сохранение первоначальных свойств как в многообразных условиях применения, так и при длительном хранении;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы масла до замены без ущерба для надежной работы двигателя.

Для выполнения этих функций моторные масла должны удовлетворять следующим эксплуатационным требованиям:

- обладать оптимальными вязкостными свойствами, обеспечивающими надежную и экономичную работу двигателей на всех эксплуатационных режимах;
- иметь хорошую смазывающую способность для предотвращения интенсивного изнашивания трущихся поверхностей деталей;
- обладать достаточной химической стойкостью, обеспечивающей минимальное изменение свойств смазочного материала в процессе применения, а также небольшое образование коррозионно-активных продуктов и вредных отложений, что позволяет увеличить продолжительность работы смазочных материалов при минимальном коррозионно-механическом изнашивании сопряжений двигателя;
- обладать устойчивостью к испарению, вспениванию и образованию эмульсий, а также к выпадению присадок;
- надежно защищать трущиеся поверхности и другие металлические детали от атмосферной коррозии.

### **Свойства моторных масел**

Важнейшими эксплуатационными свойствами моторных масел являются: вязкостно-температурные (вязкость, индекс вязкости, температура застывания), противоизносные, противоокислительные, диспергирующие (моющие), коррозионные и др.

**Вязкостью** называется свойство жидкости оказывать сопротивление при перемещении ее слоев под действием внешней силы. Это свойство является следствием трения, возникающего между молекулами жидкости. Различают динамическую и кинематическую вязкость. Динамическая вязкость измеряется в пуз (пз) и сотых долях пузаз – сантипуз (спз), кинематическая вязкость измеряется в стоксах (Ст) и сантостоксах (сСт).

Вязкость существенно меняется с изменением температуры. С понижением температуры взаимодействие между молекулами усиливается, и вязкость масла увеличивается. Так, например, при изменении температуры на 100°C вязкость масла может изменяться в 250 раз. На рисунке 1.6 на сетке с логарифмическими координатами показана зависимость вязкости от температуры.

Учитывая линейный характер зависимости, можно по номограмме определить вязкость масла при любой температуре.

С повышением давления вязкость масла возрастает. Величины давления в масляной пленке, заключенной между трущимися поверхностями, могут быть значительно выше, чем сами нагрузки на эти поверхности. В масляной пленке коренного подшипника коленчатого вала двигателя величина давления достигает 500 МПа.

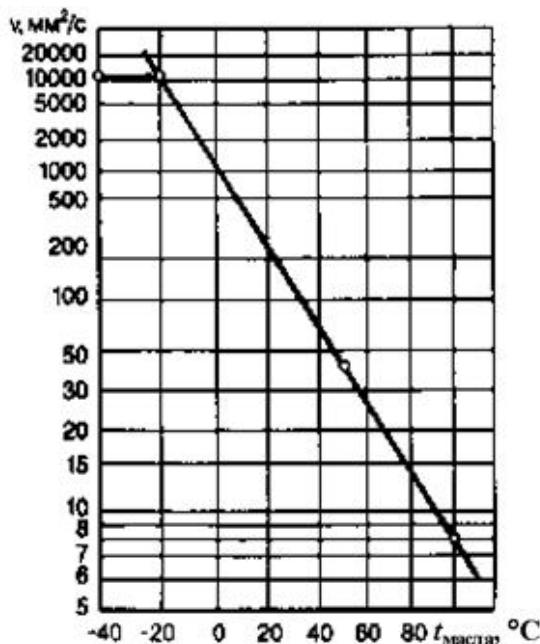


Рисунок 1.6 – Номограмма для определения вязкости масла при различных его температурах в двигателе

Кривой характеризуется масло и тем лучше его вязкостно-температурные свойства. Из двух масел с одинаковой вязкостью при температуре +100°C, но с разными ИВ, одно можно применять только в теплое время, так как при низких температурах оно теряет подвижность, а другое - всесезонно, так как оно обеспечит легкий пуск двигателя при низких температурах воздуха и жидкостное трение при рабочих температурах.

Учитывая то обстоятельство, что вязкость масла и индекс вязкости определяют работоспособность узла трения, то в стандартах на масла эти параметры нормируются в количественном выражении.

Для автомобильных масел ИВ должен быть не менее 90.

**Застывание** - свойство, определяющее потерю текучести масла. При понижении температуры до определенной величины текучесть масла

снижается, а при дальнейшем понижении оно застывает. С увеличением вязкости масла из него выделяются наиболее высокоплавкие углеводороды (парафин, церезин), а при полной потере текучести масла микрокристаллы твердых углеводородов (парафина) обратит пространственную кристаллическую решетку, отзывающую все масло в единую неподвижную массу. Температуру, при которой масло теряет текучесть, называют температурой застывания.

**Противоизносные (смазывающие) свойства** характеризуют способность масла препятствовать износу поверхностей трения. Образующаяся на трущихся поверхностях прочная пленка исключает непосредственный контакт деталей. Высокие противоизносные свойства масла особенно востребованы при небольших частотах вращения коленчатого вала, когда высоки удельные нагрузки, а также когда геометрические формы или размеры деталей имеют существенные отклонения, что чревато задирами, схватыванием и разрушением трущихся поверхностей.

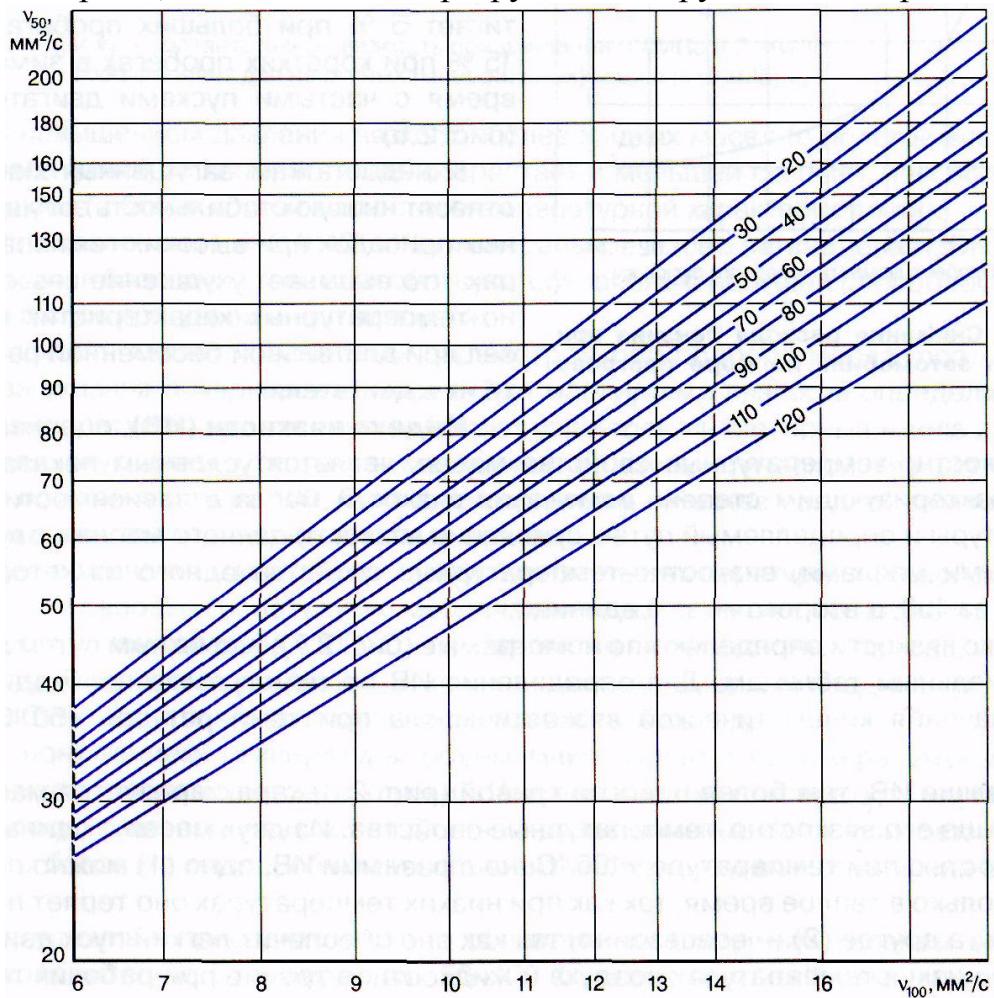


Рисунок 1.7 – Номограмма для определения индекса вязкости моторных масел

Противоизносные свойства масла зависят от его вязкости, вязкостно-температурной характеристики, смазывающей способности, чистоты масла.

С повышением температуры масла адсорбционный слой ослабляется, а при достижении критической температуры 150-200°C, на грани прочности пленки и сухого трения, разрушается. Масла с высокими противоизносными

свойствами способны формировать для предупреждения изнашивания такой режим трения, который исключает непосредственный контакт трущихся поверхностей металлов. Поэтому возможное в данном случае изнашивание вызывается цикличностью нагрузок на отдельных участках поверхностей трения и усталостными разрушениями металла (усталостные трещины в галтелях коленчатых валов).

**О смазывающей способности («маслянистости») масла** судят по его химическому составу, вязкости, наличию присадок. На маслянистость влияют содержащиеся в маслах и обладающие высокими поверхностно-активными свойствами смолистые вещества, высокомолекулярные кислоты, сернистые соединения

**Противоокислительные свойства** характеризуются стойкостью масла к окислению и полимеризации в процессе работы двигателя, а также разложению при хранении и транспортировании.

Продолжительность работы масла в двигателе зависит от его **химической стабильности**, под которой понимается способность масла сохранять свои первоначальные свойства и противостоять внешнему воздействию при нормальных температурах.

На стабильность моторных масел оказывают влияние следующие факторы: химический состав, температурные условия, длительность окисления, катализитическое действие металлов и продуктов окисления, площадь поверхности окисления, присутствие воды и механических примесей. Повышенное давление воздуха ускоряет процесс окисления масла, так как усиливается процесс его взаимной диффузии с воздухом.

На процесс окисления решающее влияние оказывает температура. Масла, хранящиеся при температуре 18-20°C, сохраняют свои первоначальные свойства в течение 5 лет. Начиная с 50-60°C, скорость окисления удваивается с увеличением температуры на каждые 10°C. Поэтому высокая тепловая напряженность деталей форсированных двигателей, с которыми приходится контактировать моторному маслу, и взаимодействие с прорывающимися в картер газами из камер сгорания (на такте сжатия их температура составляет около 150-450°C для бензиновых двигателей и около 500-700°C для дизелей) резко ухудшают условия их работы.

Повышение тепловой напряженности моторных масел связано также с отдельными конструктивными решениями: использование наддува; применение герметизированной системы охлаждения (увеличивает температуру поршня на 10-20°C); уменьшение объема системы смазки двигателя; масляное охлаждение поршней и др.

Термоокислительную стабильность определяют как устойчивость масла к окислению в тонком слое при повышенной температуре методом оценки прочности масляной пленки.

Для замедления реакций окисления и уменьшения образования отложений в двигателе в масла вводят противоокислительные присадки.

**Детергентно - диспергирующим (моющим) свойством** масла называют его способность препятствовать слипанию углеродистых частиц и

удерживать их в состоянии устойчивой суспензии, что значительно снижает процессы образования лаковых отложений и нагара на горячих поверхностях деталей двигателя.

При использовании масел с хорошими диспергирующими свойствами детали двигателей выглядят чистыми, как бы вымытыми, отсюда и появление термина «моющие».

Диспергирующие свойства масел оценивают в баллах от 0 до 6 по методу ПЗВ. Образование лаковых отложений на деталях двигателя, работающего на маслах с моющими присадками, уменьшается в 3...6 раз, т.е. с 3...4,5 до 0,5...1,5 балла.

**Моющие присадки** бывают зольными и беззольными. Зольные присадки содержат бариевые и кальциевые соли сульфи-кислот (сульфонаты), а также алкилфеноляты щелочноземельных металлов бария и кальция. Масла с зольными присадками в количестве 2...10%, сгорая, образуют золу, прилипающую к поверхности деталей. Беззольные моющие присадки не образуют золы при сгорании масел, так как не содержат металлов.

**Коррозионные свойства** масел зависят от наличия в них органических кислот, перекисей и других продуктов окисления, сернистых соединений, неорганических кислот, щелочей и воды.

Коррозионность свежего масла, в котором присутствуют природные органические кислоты и сернистые соединения, незначительна, но резко возрастает в процессе эксплуатации. Присутствие в свежих маслах органических (нафтеновых) кислот связано с их неполным удалением в процессе очистки.

Коррозионное действие масел связано также с содержанием в них 15...20 % сернистых соединений в виде сульфидов и компонентов остаточной серы, которые при высоких температурах приводят к выделению сероводорода, меркаптанов и других активных продуктов. В условиях высоких температур сернистые соединения особенно агрессивны по отношению к серебру, меди, свинцу. В процессе использования масла содержание кислот в нем возрастает в 3...5 раз, что зависит от его химической стабильности, содержания антиокислителей и условий работы.

Оценку коррозионной стойкости производят по кислотному числу, которое для свежих масел не превышает 0,4 мг КОН на 1 г масла. В коррозионном отношении эта концентрация практически не опасна.

Коррозионные процессы в двигателях замедляют нейтрализацией кислых продуктов путем введения антикоррозионных присадок; замедлением процессов окисления путем добавления в масла антиокислительных присадок; созданием на поверхности металла (при изготовлении деталей) стойкой защитной пассивированной пленки из органических соединений, содержащих серу и фосфор.

## **Классификация отечественных и зарубежных моторных масел**

Руководства по эксплуатации автомобилей допускают применение моторных масел различных фирм-производителей, объединенных общей классификацией по вязкостным и эксплуатационным свойствам.

На упаковке с названием фирмы-изготовителя обязательно присутствуют буквенные и цифровые обозначения,

Маркировка моторных масел российского производства производится по ГОСТ 17479.1-85 [46]. В соответствии с этим стандартом моторные масла по вязкости делятся на три класса (зимние, летние и всесезонные), а по эксплуатационным свойствам - на шесть групп, обозначаемых буквами А, Б, В, Г, Д и Е.

Зимние масла нормируются значением кинематической вязкости при температурах +100°C и -18°C, летние - при температуре +100°C. Всесезонные масла обозначаются дробью, в числителе которой указывается класс вязкости зимнего, а в знаменателе - летнего масла (таблица 1.38). Кинематическая вязкость при температуре -18 °C определяется по номограмме до введения в действие стандарта на определение динамической вязкости при температуре ниже 0°C.

Рекомендуемые для применения в автомобильных двигателях группы моторных масел отечественного производства в зависимости от эксплуатационных свойств представлены в таблице 1.39.

Структура обозначений моторных масел включает набор букв и цифр. Буква «М» указывает на принадлежность к моторным маслам. Следующие через дефис цифры характеризуют класс кинематической вязкости. При обозначении дробными цифрами в числителе указывается класс вязкости масла при температуре -18°C, а в знаменателе - класс вязкости при температуре +100°C. Прописные буквы после цифр указывают на принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам. Индекс «1» у букв обозначает масла для карбюраторных двигателей, а «2» - для дизелей.

В необходимых случаях применяют дополнительные индексы: «з» - масло, содержащее загущающую присадку; «цл» - для циркуляционных и лубрикаторных смазочных систем; «рк» - рабоче-консервационные масла; «20», «30» - значение щелочного числа, «к» для двигателей автомобилей КамАЗ и комбайновые двигатели и т.д.

Так, в обозначении масла отечественного производства М-8В, буква «М» означает вид смазочного материала (моторное масло); цифра «8»- класс вязкости (летнее); буква с индексом «В,» означает, что по эксплуатационным свойствам масло относится к группе «В» и предназначено для смазывания среднефорсированных карбюраторных двигателей.

В обозначении масла отечественного производства М-10Г<sub>2</sub>к буква «М» означает моторное масло; цифра «10» - класс вязкости (летнее); буква «Г» с индексом «2» означает, что по эксплуатационным свойствам масло относится к группе «Г» и предназначено для смазывания высокофорсированных

дизелей без наддува; буква «к» свидетельствует о том, что масло используется для автомобилей КамАЗ.

Таблица 1.38 – Классы вязкости моторных масел (ГОСТ 17479.1-85)

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре	
	100°C	-18°C, не более
3 <sub>3</sub>	13,8	1250
4 <sub>3</sub>	14,1	2600
5 <sub>3</sub>	15,6	600
6 <sub>3</sub>	15,6	10400
6	С 5,6 до 7,0 вкл.	-
8	7,0 до 9,3	-
10	9,3 до 11,5	-
12	11,5 до 12,5	-
14	12,5 до 14,5	-
16	14,5 до 16,3	-
20	16,3 до 21,9	-
24	21,9 до 26,1	-
3 <sub>3</sub> /8	7,0 до 9,3	1250
4 <sub>3</sub> /6	5,6 до 7,0	2600
4 <sub>3</sub> /8	7,0 до 9,3	2600
4 <sub>3</sub> /10	9,3 до 11,5	2600
5 <sub>3</sub> /10	9,3 до 11,5	6000
5 <sub>3</sub> /12	11,5 до 12,5	6000
5 <sub>3</sub> /14	12,5 до 14,5	6000
6 <sub>3</sub> /10	9,3 до 11,5	10400
6 <sub>3</sub> /14	12,5 до 14,5	10400
6 <sub>3</sub> /16	14,5 до 16,3	10400

Таблица 1.39 – Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1-85)

Группа		Рекомендуемая область применения
A		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Б <sub>1</sub>	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	Б <sub>2</sub>	Малофорсированные дизели
B	В <sub>1</sub>	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
Группа		Рекомендуемая область применения
	В <sub>2</sub>	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений
Г	Г <sub>1</sub>	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии

Продолжение таблицы 1.39

	Г2	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Д <sub>1</sub>	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел группы Г <sub>1</sub>
	Д <sub>2</sub>	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антакоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	Е <sub>1</sub>	Высокофорсированные бензиновые двигатели и дизели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжелых, чем для масел групп Д <sub>1</sub> и Д <sub>2</sub> .
	Е <sub>2</sub>	Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

В обозначении масла отечественного производства **М-6<sub>3</sub>/10В** буква «М» означает моторное масло; индекс «6<sub>3</sub>/10» - класс вязкости (всесезонное), буква «з» означает, что масло имеет загущенную присадку, улучшающую вязкостно-температурные свойства масла, и предназначено для применения в качестве всесезонного сорта; буква «В» без индекса означает, что по эксплуатационным свойствам это масло универсальное и предназначено для смазывания карбюраторных и дизельных двигателей.

Основные характеристики отечественных моторных масел по ГОСТ 10541-78 и ОСТ 38-01-370-84 для карбюраторных автомобильных двигателей приведены в таблице 1.40, а для дизелей по ГОСТ 8581-78 - в таблице 1.41.

**Таблица 1.41 – Характеристики отечественных моторных масел для дизельных двигателей**

Наименование показателей	Марки моторных масел							
	М-8Б <sub>2</sub>	М-10Б <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2</sub>	М-10Г <sub>2</sub>	М-8Г <sub>2</sub> к	М-10Г <sub>2</sub>	М-8ДМ	М-10ДМ
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с								
при 100°C, не более	7,5... 8,5	10,5... 11,5	7,5... 8,5	10,5... 11,5	7,5... 8,5	10,5... 11,5	8,0... 8,5	Не менее 1,1
при 0°C	1200	-	1200	-	1200	-	-	-
Индекс вязкости, не менее	90	85	85	85	95	95	102	90
Щелочное число, мг KOH на 1г масла, не менее	3,5	3,5	6,0	6,0	6,0	6,0	8,5	8,2
Температура вспышки в открытом тигле, °C, не ниже	200	205	200	205	210	220	195	220
Температура застывания, °C, не выше	-25	-15	-25	-15	-30	-18	-30	-18
Зольность сульфатная, %., не более	-	1,3	1,65	1,65	1,15	1,15	1,5	1,5

Таблица 1.40 – Характеристики отечественных моторных масел для карбюраторных двигателей

Наименование показателей	Марки моторных масел							
	М-8А	М-8Б <sub>1</sub>	М-8В <sub>1</sub>	М-12Г <sub>1</sub>	М-8Г <sub>1</sub>	М-6 <sub>3</sub> /10Г <sub>1</sub>	М-43/6Г <sub>1</sub>	М-6 <sub>3</sub> /10В
Вязкость кинематическая, $\text{ММ}^2/\text{с.}$								
при 100°C	7,5...8,5	7,5...8,5	7,5...8,5	11,5...12,5	7,5...8,5	9,5...10,5	9,5...10,5	9,5...10,5
при 0°C, не более	1200	1200	1200	Не норми.	Не норми.	1000	1000	-
Индекс вязкости, не менее	90	90	90	95	100	125	120	140
Целочное число, МГ KOH на 1г масла, не менее	1,2	3,4	4,0	8,5	8,5	10,5	-	5,5
Температура вспышки в открытом типле, °C, не ниже	200	200	200	220	210	210	170	165
Температура застывания, °C, не выше	-25	-25	-25	-20	-30	-32	-36	-42
Зольность сульфатная, %, не более	-	1,0	0,95	1,3	1,3	1,65	-	-
Массовая доля механических примесей, %, не более	-	-	-	-	-	0,015	0,015	-
Плотность при температуре +20 °C, кг/м <sup>3</sup> , не более	900	900	900	900	900	-	-	-

В США и странах Западной Европы моторные масла маркируют в соответствии с их вязкостью (по классификации SAE - Общества американских автомобильных инженеров). Эксплуатационные свойства моторных масел определяются по классификациям, разработанным API (Американский нефтяной институт) и ACEA (Ассоциация европейских производителей автомобилей), которая в 1996 г. заменила CCMC (Комитет изготовителей автомобилей Общего рынка).

По классификации SAE моторные масла делят на летние, зимние и всесезонные. В зависимости от вязкостно-температурных показателей моторных масел классификация SAE J-300 включает 5 летних и 6 зимних классов (таблица 1.42).

**Таблица 1.42 – Классификация моторных масел по вязкости - SAE J-300 (декабрь 1995 г)**

Класс вязкости	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		При высокой скорости сдвига МПа с, min, при 150 °C и 10 <sup>6</sup> с <sup>-1</sup>
	Поворачиваемость МПа с, max, при температуре, °C	Прокачиваемость МПа с, max, при температуре, °C	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при 100 °C	min	
Зимние:					
0W	3250 при -30	6000 при -40	3,8		
5W	3500 при -25	6000 при -35	3,8		
10W	3500 при -20	6000 при -30	4,1		
15W	3500 при -15	6000 при -25	5,6		
20W	4500 при -10	6000 при -20	5,6		
25W	6000 при -5	6000 при -15	9,3		
Летние:					
20	-	-	5,6	≤9,3	2,6
30	-	-	9,3	≤12,5	2,9
40	-	-	12,5	≤16,3	2,9(0W,5W,10W)
40	-	-	12,5	≤16,3	3,7(15W,20W,25W)
50	-	-	16,3	≤21,9	3,7
60	-	-	21,9	≤26,1	3,7

Масла маркируют следующим образом: летние - SAE 20, 30, 40, 50, 60 (цифра означает вязкость в секундах Сейболта при температуре +98,9°C); зимние - SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W (цифра означает вязкость в секундах Сейболта при температуре -17,8°C, а «W» - первая буква от слова «Winter» - зима); всесезонные (загущенные) масла обозначаются двойной нумерацией. Например, SAE 10W-50 означает, что данное масло при температуре -17,8°C соответствует по SAE вязкости 10, а при температуре +98,9°C соответствует по SAE вязкости 50.

Чем выше число, входящее в обозначение класса, тем выше вязкость масел, относящихся к нему. Масла, имеющие класс вязкости больше, чем 60W, в автомобильных двигателях не применяются.

Таблица 1.43 – Классификация API моторных масел по эксплуатационным свойствам

Классификационные категории двигателей		
Бензиновые двигатели (категория S)		
Группа масел	Рекомендуемая область применения	Годы выпуска автомобилей
SA	Двигатели, работающие в легких условиях	-
SB	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках	-
SC	Двигатели, работающие с повышенными нагрузками (модели выпуска до 1964 г.)	1964-1967
SD	Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1968 г.)	1968-1971
SE	Двигатели, работающие в тяжелых условиях (модели выпуска до 1972 г.)	1972-1980
SF	Двигатели автомобилей иностранного производства выпуска 1980-1989 г., все отечественные автомобили	1981-1988
SG	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска 1989-1993 г., японских с 1989-95 г.	1989-1993
SH	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска 1993-1996 г., японских с 1995 г.	с 1993
SJ	Двигатели европейских, американских автомобилей выпуска с конца 1996 г.	с 1996
SL	(Действующая). API планировал разрабатывать проект PS-06 как следующую категорию API SK, но один из поставщиков моторных масел в Корее использует сокращение "SK" как часть своего корпоративного имени. Для исключения возможной путаницы буква "K" будет пропущена для следующей категории "S". - стабильность энергосберегающих свойств;- пониженная летучесть;- удлиненные интервалы замены;	с 2001
SM	Введена в ноябре 2004. Тенденции развития техники направлены на повышение их экологической безопасности, увеличение интервалов техобслуживания при сохранении надежности работы. Естественно, это вносит свои корректиры в процесс совершенствования двигателей, отображаясь и на качествах смазывающих материалов. Следуя данным тенденциям, в ноябре 2004 года в классификации API появился класс на моторные масла для бензиновых двигателей - SM, предполагающий, по сравнению с SL, повышенные требования к смазывающим материалам относительно стойкости к окислению, защите от отложений, износа и т.д. С октября 2006 года пополнилась категория и для дизельных масел классом CJ-4.	с 2004

Продолжение таблицы 1.43

Классификационные категории двигателей		
Дизельные двигатели (категории С)		
CA	Дизели, работающие при умеренных нагрузках на малосернистом топливе	1940-1950
CB	Дизели без наддува, работающие при повышенных нагрузках на сернистом топливе	1949-1960
CC	Дизели, в том числе с умеренным надувом, работающие в тяжелых условиях	с 1961
CD	Дизели легковых автомобилей с одним турбонаддувом (модели до 1993 г.)	с 1955
CD II	То же с учетом специфических требований двухтактных дизелей	с 1955
CE	Дизели грузовых автомобилей, с надувом (модели выпуска до 1983 г.), работающие в тяжелых условиях (высокие нагрузки, малая частота вращения вала)	с 1987
CF	Дизели легковых автомобилей с одним или двумя турбонаддувами «битурбо», выпуска с 1993 г.	с 1994
CF-2	Улучшенные характеристики CD II для двухтактных двигателей	с 1994
CF-4	Высоконагруженные дизели грузовых автомобилей выпуска до 1994 г.	с 1990
CG-4	Высоконагруженные дизели грузовых автомобилей выпуска с 1994 г. Улучшенные характеристики и ужесточенные требования к токсичности отработавших газов	с 1995
CH-4	Введена в 1998 году. Для быстроходных четырехтактных двигателей, удовлетворяющих требования по токсичности выхлопных газов, введенных в США с 1998 года. Масла CH-4 позволяют использовать топливо с содержанием серы вплоть до 0,5% от массы. Можно использовать вместо CD, CE, CF-4 и CG-4 масел.	с 1998
CI-4	Введена в 2002 году. Для быстроходных четырехтактных двигателей, проектируемых для удовлетворения нормам по токсичности отработавших газов, осуществляемым в 2002 году. Масла CI-4 допускают использование топлива с содержанием серы вплоть до 0,5% от массы, а также применяются в двигателях с системой рециркуляции отработанных газов (EGR). Заменяет CD, CE, CF-4, CG 4 и CH-4 масла. В 2004 году была введена дополнительная категория API CI-4 PLUS. Ужесточены требования к сажеобразованию, отложениям, вязкостным показателям, ограничение значения TBN.	с 2002

Классификационные категории двигателей		
CJ-4	Введена в 2006. Для быстроходных четырехтактных двигателей, проектируемых для удовлетворения норм по токсичности отработавших газов 2007 года на магистральных дорогах. Масла CJ-4 допускают использование топлива с содержанием серы вплоть до 500 ррт (0,05% от массы). Однако работа с топливом, в котором содержание серы превышает 15 ррт (0,0015% от массы), может сказаться на работоспособности систем очистки выхлопных газов и/или интервалах замены масла. Масла CJ-4 рекомендованы для двигателей, оборудованных дизельными сажевыми фильтрами и другими системами обработки выхлопных газов. Масла со спецификацией CJ-4 превышают рабочие свойства CI-4, CI-4 Plus, CH-4, CG-4, CF-4 и могут применяться в двигателях, которым рекомендуются масла этих классов.	с 2006

Классификация по условиям эксплуатации API подразделяет масла на две категории: S - категория «Сервис» (для бензиновых двигателей), C - коммерческая категория (для дизельных двигателей).

Маркировка моторных масел складывается из букв латинского алфавита: S или C обозначают категорию масла применительно к типу двигателя (бензиновый или дизельный), а вторая буква обозначает уровень эксплуатационных свойств. Например, масла с обозначениями API SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ, SL, SM предназначены для бензиновых двигателей, а масла API CA, CB, CC, CD, CE, CF, CG-4, CH-4, CI-4, CJ-4 - для дизельных. Чем ближе к началу латинского алфавита вторая буква в маркировке масла, тем меньшим требованиям отвечает данное масло и наоборот. **Универсальные масла** для бензиновых двигателей и дизелей имеют обозначения обеих категорий, например API SG/CD, API SJ/CF. **Классы дизельных масел** подразделяются дополнительно для **двуихтактных** (CD-2, CF-2) и **четырехтактных** дизелей (CF-4, CG-4, CH-4). В настоящее время API сертифицирует моторные масла классов SJ, SL, CF, CF-2, CF-4, CG-4, CH-4. Масла остальных классов по API, отмененных в США, следует использовать, если они допущены производителями автомобилей.

Уровень эксплуатационных свойств, характеризуемый второй буквой в маркировке масла по классификации API, определяется по таблице 1.43.

Европейская классификация эксплуатационных свойств ACEA (1996 г.), предъявляя более жесткие требования к маслам, содержит 9 категорий и делит масла по назначению: A - для бензиновых двигателей легковых автомобилей (A1-96, A2-96 и A3-96); B - для дизелей легковых автомобилей (B1-96, B2-96 и B3-96); E - для дизелей грузовых автомобилей (E1-96, E2-96 и E3-96). Эксплуатационные свойства указанных категорий двигателей приведены в таблице 1.44.

Таблица 1.44 – Классификация эксплуатационных свойств моторных масел по ACEA (1996 г.)

Категория масла	Характеристики	Назначение
<b>«A» - бензиновые двигатели легковых автомобилей</b>		
A1-96	Предотвращение образования отложений на поршне и шлама, стойкость к высокотемпературному окислению, защита от износа	Масло с максимальным стандартом для моторных масел с низким значением вязкости при 150 С (без турбонаддува)
A1-98	То же, что и A1-96	То же, что и A1-96, но с лучшими энергосберегающими характеристиками
A2-96	То же, что и A1-96, но с лучшей защитой подшипников	Стандартный класс для двигателей современных и перспективных автомобилей, используемых на скоростных автострадах (с турбонаддувом и без него)
A3-96	То же, что и A2-96, но с лучшей стойкостью к высокотемпературному окислению, чем A1-96 и A2-96	Экстра-класс для двигателей скоростных автомобилей, предъявляющие особые требования к противоокислительным, вязкостным и противоизносным свойствам масла (с турбонаддувом и без него)
A3-98	То же, что и A3-96, но с лучшей стойкостью к пенообразованию и высокотемпературному окислению	Экстра-класс для двигателей скоростных автомобилей, предъявляющие особые требования к противоокислительным, вязкостным и противоизносным свойствам масла (с турбонаддувом и без него)
<b>«B» - дизельные двигатели легковых автомобилей</b>		
B1-96	Предотвращение образования отложений на поршне, диспергирование сажи (загущение масла), защита кулачков распределительного вала от износа	Масло с максимальным стандартом для моторных масел с низким значением вязкости при 150 С (без турбонаддува)
B2-96	То же, что и B1-96, но с лучшей защитой подшипников	Стандартный класс, дизели легковых автомобилей с турбонаддувом и без него
B2-98	То же, что и B2-96, но с лучшими эксплуатационными свойствами	Дизели легковых автомобилей с турбонаддувом и без него

Продолжение таблицы 1.44

Категория масла	Характеристики	Назначение
B3-96	То же, что и B1-96, но с лучшей защитой кулаков распределительного вала от износа, способность диспергировать сажу и сохранять вязкостную характеристику	Экстра-класс, дизели с турбонаддувом для легковых автомобилей
B3-98	То же, что и B3-96, но с лучшими эксплуатационными свойствами	То же, что и B3-96
B4-98	То же, что и B3-98, но с лучшими эксплуатационными свойствами	То же, что и B3-98
<b>«E» - дизельные двигатели грузовых автомобилей</b>		
E1-96	Лучшие характеристики, чем для Е1-96, по тем же показателям	Стандартный класс, двигатели с высоким наддувом и без него, работающие в легких и тяжелых условиях, по свойствам (чистота и износ) лучше, чем Е1-96
E3-96	Лучшие характеристики, чем для Е2-96, по тем же показателям. Дополнительно контролируется способность диспергировать сажу и сохранять вязкостную характеристику	Экстра-класс, с отличной способностью диспергировать сажу, двигатели с высоким наддувом, работающие в особо тяжелых условиях
E4-98	Лучшие характеристики, чем для Е3-96, по тем же показателям	Класс для нового поколения быстроходных дизелей грузовых автомобилей
E5-98	То же, что Е4-98, но с увеличенным интервалом замены	Для быстроходных дизелей грузовых автомобилей нового поколения с увеличенным интервалом замены масла

В 1998, 1999, 2002, 2004, 2007, 2008, 2010 г. были приняты новые измененные редакции классификации моторных масел по ACEA (таблица 1.45).

**Таблица 1.45 – Даты действия всех вводившихся ранее спецификаций ACEA Sequences**

<b>Год выхода</b>	<b>Принимаются первые заявки</b>	<b>Заявки на соответствие обязательны</b>	<b>Масла с этой заявкой на соответствие могут продаваться до...</b>
1996	1 марта 1996	1 марта 1999	1 марта 2000
1998	1 марта 1998	1 марта 2000	1 марта 2002
1999	1 сентября 1999	1 февраля 2003	1 февраля 2004
2002	1 февраля 2002	1 ноября 2005	1 ноября 2006
2004	1 ноября 2004	1 ноября 2005	31 декабря 2009
2007	1 февраля 2007	1 февраля 2008	23 декабря 2010
2008	22 декабря 2008	22 декабря 2009	22 декабря 2012
2010	22 декабря 2010	22 декабря 2011	22 декабря 2014
2012	14 декабря 2012	14 декабря 2013	...

Современная редакция классификации "ACEA 2012" состоит из трех классов по типу двигателей: А/В, С и Е (соответственно бензиновые, легкие дизельные и тяжело нагруженные дизельные двигатели) (таблица 1.46).

Каждый класс подразделяется на категории различного уровня эксплуатационных свойств:

Четыре для бензиновых и легких дизельных двигателей (A1/B1, A3/B3, A3/B4, A5/B5);

Четыре специально для бензиновых и легких дизельных двигателей, оборудованных каталитическими системами доочистки (C1, C2, C3, C4);

Четыре для тяжелонагруженных дизельных двигателей (E4, E6, E7, E9).

Таблица 1.46 Классификация эксплуатационных свойств моторных масел по ACEA (2012 г.)

Категория	Описание
	<i>Для бензиновых и дизельных двигателей легковых автомобилей, фургонов, микроавтобусов</i>
<b>A1/B1</b>	Энергосберегающие масла. Стойкие к механической деструкции, предназначены для применения с увеличенными интервалами замены в бензиновых и дизельных двигателях легковых и легких грузовых транспортных средств, разработанных для применения маловязких масел, снижающих трение, с вязкостью НТНС 2,6 мПа·с для SAE xW-20 и от 2,9 до 3,5 мПа·с для прочих классов вязкости. Эти масла могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей. Необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации производителя.
<b>A3/B3</b>	Масла категории «Stay-in-grade». Масла с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях легковых и легких грузовых транспортных средств. Могут быть использованы в двигателях с увеличенными интервалами замены масла в соответствии с рекомендациями производителей двигателей.
<b>A3/B4</b>	Масла категории «Stay-in-grade». Масла с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях с непосредственным впрыском топлива, также пригодные для применения согласно спецификации A3/B3.
<b>A5/B5</b>	Энергосберегающие масла. Стойкие к механической деструкции, предназначены для применения с увеличенными интервалами замены в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях легковых и легких грузовых транспортных средств, разработанных для применения маловязких масел, снижающих трение, с вязкостью НТНС 2,6 мПа·с для SAE xW-20 и от 2,9 до 3,5 мПа·с для прочих классов вязкости. Эти масла могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей. Эти масла могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей. Необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации производителя.
	<i>Для бензиновых и дизельных двигателей легковых автомобилей, фургонов, микроавтобусов, оснащенных специальными системами очистки выхлопных газов</i>
<b>C1</b>	Энергосберегающие масла с низким содержанием серы, фосфора и малой сульфатной зольностью (Low SAPS). Совместимы с катализаторами нейтрализации отработанных газов. Предназначены для применения в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств, в которых требуется использование маловязких масел, снижающих трение, и вязкостью НТНС минимум 2,9 мПа·с. Отличаются наиболее жесткими требованиями среди масел Low SAPS по содержанию серы (<0,2%), фосфора (<0,05%) и сульфатной золы (<0,05%). Эти масла увеличивают срок службы сажевых фильтров (DPF) и трехкомпонентных катализаторов (TWC), а также обеспечивают экономию топлива. Данные типы масел имеют низкий показатель SAPS и могут быть непригодными для использования в некоторых видах двигателей. Необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации производителя.

Продолжение таблицы 1.46

Категория	Описание
<b>C2</b>	Энергосберегающие масла с низким содержанием серы, фосфора и малой сульфатной зольностью (Low SAPS). Совместимы с катализаторами нейтрализации отработанных газов. Предназначены для применения в бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств, в которых требуется использование маловязких масел, снижающих трение, и вязкостью НТНС минимум 2,9 мПа·с. Эти масла увеличивают срок службы сажевых фильтров (DPF) и трехкомпонентных катализаторов (TWC) и обеспечивают экономию топлива. Данные типы масел имеют низкий показатель SAPS и могут быть непригодными для использования в некоторых видах двигателей. Необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации производителя.
<b>C3</b>	Масла категории «Stay-in-grade» с низким содержанием серы, фосфора и малой сульфатной зольностью (Low SAPS). Совместимы с катализаторами нейтрализации отработанных газов. Предназначены для применения в бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств. Наиболее популярная категория среди масел Low SAPS. Данные типы масел имеют низкий показатель SAPS и могут быть непригодными для использования в некоторых видах двигателей. Необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации производителя.
<b>C4</b>	Масла категории «Stay-in-grade» с низким содержанием серы, фосфора и малой сульфатной зольностью (Low SAPS). Совместимы с катализаторами нейтрализации отработанных газов. Категория впервые введена в редакции 2008 года, отличается наиболее жесткими требованиями среди масел Low SAPS по испаряемости (<11%), содержанию серы (<0.2%) и сульфатной золы (<0.05%). Эти масла увеличивают срок службы сажевых фильтров (DPF) и трехкомпонентных катализаторов (TWC). Данные типы масел имеют низкий показатель SAPS и могут быть непригодными для использования в некоторых видах двигателей. Необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации производителя.
	<i>Для тяжелонагруженных дизельных двигателей</i>
<b>E4</b>	Масла категории «Stay-in-grade» с расширенными интервалами замены. Обеспечивают более высокий, чем для ACEA E7 контроль над чистотой поршней, снижение износа и сажеобразования и стабильность смазывающих свойств. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизельных двигателях, удовлетворяющих требованиям Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV и Euro V, которые работают в особо тяжелых условиях эксплуатации, например, значительно увеличенных интервалах замены масла в соответствии с рекомендацией автопроизводителя. Масла применимы для двигателей без сажевых фильтров, а также для некоторых двигателей, оборудованных системой рециркуляции отработанных газов (EGR) и системой избирательного катализического восстановления (SCR) для снижения уровня оксидов азота NOx в выхлопных газах. Как правило, масла этой категории качества не имеют прямого соответствия категории API. В отдельных случаях могут быть допущены на категорию качества API CI-4 (указывается производителем масел).

Продолжение таблицы 1.46

Категория	Описание
E6	<p>Масла категории «Stay-in-grade» с пониженным содержанием серы, фосфора и малой сульфатной зольностью, а также с расширенными интервалами замены там, где рекомендует производитель. Разработаны для применения в самых современных высокооборотных дизельных двигателях, оснащенных сажевыми фильтрами, эксплуатируемых на малосернистом топливе. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизельных двигателях, удовлетворяющих требованиям Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV и Euro V. Масла применимы для большинства двигателей, оборудованных системой отработанных газов (EGR) и системой избирательного каталитического восстановления (SCR) для снижения уровня оксидов азота NO<sub>x</sub> в выхлопных газах. Прямого соответствия с современными категориями качества API не имеет. В отдельных случаях могут быть допущены на категорию качества CI-4 (указывается производителем масел).</p>
E7	<p>Масла категории «Stay-in-grade». Масла с высокими эксплуатационными свойствами, обеспечивающие высокий контроль над чистотой поршней и полировкой стенок цилиндров. Масла также обеспечивают улучшенную защиту от износа и сажеобразования и стабильность смазывающих свойств. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизельных двигателях, удовлетворяющих требованиям Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV и Euro V. Масла применимы для двигателей без сажевых фильтров, а также для некоторых двигателей, оборудованных системой рециркуляции отработанных газов (EGR) и системой избирательного каталитического восстановления (SCR) для снижения уровня оксидов азота NO<sub>x</sub> в выхлопных газах. Заменяет масла категории ACEA E3 и E5 в более старых двигателях. Как правило, масла этой категории качества имеют соответствие категории API CI-4.</p>
E9	<p>Масла категории «Stay-in-grade» с пониженным содержанием серы, фосфора и малой сульфатной зольностью. Предназначены, в основном, для дизельных двигателей, оснащенных сажевыми фильтрами и эксплуатирующихся на малосернистом топливе. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизельных двигателях, удовлетворяющих требованиям Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV и Euro V. Масла применимы для большинства двигателей, оборудованных системой рециркуляции отработанных газов (EGR) и системой избирательного каталитического восстановления (SCR) для снижения уровня оксидов азота NO<sub>x</sub> в выхлопных газах. Как правило, масла этой категории качества имеют соответствие категории API CJ-4.</p>

В маркировку современных моторных масел входит также «одобрение» заводов-производителей автомобилей. Оно изображается фирменным знаком или кодом (таблица 1.47) и означает одобрение применения данного масла на автомобилях этого изготовителя.

Маркировка моторного масла для европейского рынка должна содержать 4 параметра: вязкость (по SAE), эксплуатационные свойства по американской (API) и европейской (ACEA) классификациям, одобрение фирм-производителей автомобилей.

**Таблица 1.47 – Коды одобрения некоторых фирм-производителей автомобилей**

Коды одобрения	Характеристика эксплуатационных свойств моторных масел
BMW	Только для всесезонных масел (на основе испытаний)
Mercedes-Benz(MB)	MB 226.0 – сезонное масло для легковых автомобилей; MB 226.1 – всесезонное масло для легковых автомобилей; MB 226.3 – сезонное масло с увеличенным интервалом замен для легковых автомобилей; MB 226.5 – сезонное масло с еще более увеличенным интервалом замен для легковых автомобилей; MB 229.1 – масло для новых двигателей легковых автомобилей с 1997 г. выпуска (с интервалом замены 30000 км)
Volkswagen – Audi (VW)	VW 500.00 – всесезонное; VW 501.01 – всесезонное; VW 505.00 – для двигателей с турбонаддувом; VW T4 – спецификация, характеризующая увеличение интервала замены
Porsche	Только синтетические и полусинтетические масла с увеличенными интервалами замен, так как Porsche обеспечивает минимальный интервал замены 20000 км

Пример маркировки моторного масла: **SAE 5W-50; API SJ/CF; ACEA A3-96, B3-96; MB 229.1, BMW, VW 501.01/505.00, Porsche.**

Указанная маркировка означает:

- по вязкостно-температурным свойствам SAE 5W-50 данное моторное масло относится к всесезонным маслам, сочетающим в себе зимний (SAE 5W) и летний (SAE 50) классы вязкости;
- эксплуатационные свойства API SJ/CF по американской классификации API свидетельствуют, что масло может быть использовано для бензиновых двигателей легковых автомобилей, выпускаемых с конца 1996 г. (SJ), а также для дизелей легковых автомобилей, выпускаемых с 1993 г. (CF);

эксплуатационные свойства ACEA A3-96 и B3-96 по европейской классификации ACEA свидетельствуют, что это масло экстракласса для бензиновых двигателей скоростных легковых автомобилей, предъявляющих особые требования к противоокислительным, вязкостным и противоизносным свойствам (A3-96), а также масло экстракласса для легковых дизельных двигателей с турбонаддувом (B3-96);

- коды одобрения фирм-производителей автомобилей MB 229.1, BMW, VW 501.01/505.00 и Porsche указывают, что масло может быть использовано

для двигателей легковых автомобилей фирмы Mercedes-Benz выпуска до 1999 г. (MB 229.1), одобрено к применению для двигателей BMW и Porsche, используется как всесезонное масло (VW 501.01) для двигателей автомобилей Volkswagen и Audi и двигателей с турбонаддувом (VW 505.00) этих же заводов-изготовителей.

Отечественные масла, имеющие маркировку по ГОСТ 17479.1-85, стали дополнительно маркироваться и по международной классификации.

Ориентировочное соответствие моторных масел по классам вязкости и группам условий эксплуатации по ГОСТ 17479.1-85, системе SAE и системе API можно определить по таблице 1.48.

**Таблица 1.48 – Соответствие классов вязкости моторных масел и групп условий эксплуатации по ГОСТ 17479.1-85, системам SAE и API**

ГОСТ 17479.1-85	Система SAE	ГОСТ 17479.1-85	Система API
Класс вязкости		Группа условий эксплуатации	
<i>Зимние:</i>			
3 <sub>3</sub>	5W	A	B
4 <sub>3</sub>	10W	Б	SC/CA
5 <sub>3</sub>	15W	Б <sub>1</sub>	SC
6 <sub>3</sub>	20W	Б <sub>2</sub>	CA
<i>Летние:</i>			
6	20	В <sub>1</sub>	SD
8	20	В <sub>2</sub>	CB
10	30	Г <sub>1</sub>	SE/CC
12	30	Г <sub>1</sub>	SE
14	40	Г <sub>2</sub>	CC
16	40	Д	CD
20	50	Е	SG
<i>Всесезонные:</i>			
3 <sub>3</sub> /8	5W20	-	CE
4 <sub>3</sub> /6	10W20	-	SG
4 <sub>3</sub> /8	10W20	-	-
4 <sub>3</sub> /10	10W30	-	-
5 <sub>3</sub> /10	15W30	-	-
5 <sub>3</sub> /12	15W30	-	-
6 <sub>3</sub> /10	20W30	-	-
6 <sub>3</sub> /12	20W30	-	-
6 <sub>3</sub> /14	20W40	-	-
6 <sub>3</sub> /16	20W40	-	-

### **Ассортимент моторных масел, их применение и взаимозаменяемость**

Имея информацию о физико-химических свойствах масел, зная, к какому классу по эксплуатационным свойствам оно относится (классификация по ГОСТ 17479.1-85, системам SAE и API), можно подобрать масло другой фирмы-производителя, пригодное для замены. Возможно, заменитель не будет полным эквивалентом, что связано с

различиями, встречающимися в классификациях по вязкости (разное число и границы классов) и эксплуатационными свойствами (разные методы испытаний).

В общем случае для подбора прямых аналогов масел различных фирм необходимо проведение моторных испытаний заменителей в аналогичных условиях. В таблице 1.49 приведены данные по взаимозаменяемости моторных масел отечественного производства и некоторых зарубежных фирм.

**Таблица 1.49 – Соответствие марок моторных масел отечественных и зарубежных фирм**

Марка отечеств. масла	Класс вязкости по SAE	Группа свойств по API	Группа свойств по ACEA	Фирма-производитель импортного масла	Марка импортного масла
<i>Масла для бензиновых двигателей</i>					
	10W-20	SD	Super Visco-	Shell static 5W20	X-100 SAE 10W20
М-5 <sub>3</sub> /10Г,	15W-30	SE		Shell Mobil BP	X-100 Multigrade Special 15W30 10W40, 10W30
М-6 <sub>3</sub> /12Г,	20W-30	SE		Texaco Shell Castrol Mobil BP	Ursatex 20W30 SAE 20W40 Deusol CRX Multigrade HD SAE 20W30, Special 20W50, Super 15W40, Super 15W50 HD (SE)
М-8Г,				BP Shell Mobil	HD20W SAE 20W SAE 20W20
М-12Г,				BP Shell Mobil	HD 30 SAE 30, Super Plus SAE 30
<i>Масла для дизелей</i>					
М-8Г <sub>р</sub>	20	CC		Shell Mobil	Protella TX 20W20 Delvas 1220
М-10Г <sub>2</sub>	30	CC		Shell Mobil	Protella TX 30 Delvas 1230
М-8Г <sub>рК</sub>	20	CC		BP	Energol HD 20W
М-10Г <sub>2К</sub>	20	CC		BP	Energol HD 20W
М-10Г <sub>2И</sub>	20	CC		Castrol	Deusol CRB 30
М-8ДМ	20	CD		Shell Mobil	Rimula CT 20 Delvas 1320
М-10ДМ	30	CD		BP	Vanelus C3 30
<i>Масла универсальные (для бензиновых двигателей и дизелей)</i>					
М-8В	20	SD-SB		Shell BP	X-100 SAE 20W20 Energol HD 20W

Продолжение таблицы 1.49

Марка отечеств. масла	Класс вязкост и по SAE	Группа свойст в по API	Группа свойств по ACEA	Фирма-производитель импортного масла	Марка импортного масла
М-6 <sub>3</sub> /10В	20W-30	SD-SB	-	Shell BP	X-100 SAE 20W30 Wanellus M SAE 20W30
М-6 <sub>3</sub> /12Г	15W-30	SE/CC	-	-	-
М-5 <sub>3</sub> /12Г	10W-30	SF/CC	-	-	-
М-6 <sub>3</sub> /14Г	15W-40	SJ/CF-4 SJ/CE/CG-4 SF/CC SG/CE/CF-4 SH/C D SJ/CF SF/CE SG/C D	A2-96, B2-96, E2-96 A3-98, B3-98, E2-96 - A2-96, B2-98 E2-96 A2-96, B2-96 A2-98, B2-98	JB German Oil Liqui Moly Liqui Moly , Liqui Moly Motoroil Liqui Moly Texaco SCT SCT	Evolution F3 High-Tech Touring High Tech Motoroil Motoroil Super HD Nova Super HD- MOS2 — Leichtlauf Super Motoroil Havoline Premium Universal Standard
М-10Ги	20W-30	SF/CC			

Эти материалы позволяют легко подобрать зарубежные эквиваленты (таблица 1.50) российским маслам, а также определить российских заменителей зарубежных нефтепродуктов.

Таблица 1.50 – Эксплуатационные свойства моторных масел зарубежных фирм-производителей

Фирма-производитель	Марка масла	Класс вязкости по SAE	Группа свойств по ACEA	Вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при $100^\circ\text{C}$	Температура застывания, $^\circ\text{C}$
<b>Синтетические масла высшего качества</b>					
Shell	Helix Ultra	5W50	SH/CD	14,2	-50
Mobil	1 Rally Formula	5W50	SH/CD	17,8	-54
Esso	Ultron	5W50	SH/CD	15,0	-54
BP	Visco 5000	5W40	SH/CD	13,8	-52
Valvoline	Syn Power	5W50	SH/CD		
Castrol	TXT	5W50	SG/CD	12,8	-54
Castrol	Formula RS	10W60	SG/CD	24,8	-42

Продолжение таблицы 1.50

Фирма-производитель	Марка масла	Класс вязкости по SAE	Группа свойств по ACEA	Вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при 100°C	Температура застывания, °C
Total	Quartz 9000	5W40	SG/CD	14,5	-
Total	Quartz 9000	10W50	SG/CD	18,0	-
Motul	300 V Power	5W40	SG/CD	14,0	-52
Motul	300 V Competition	15W50	SG/CD	18,0	-30
Quaker State	Synquest	5W40	SH/CD	14,1	-
Quaker State	Synquest	5W50	SH/CD	18,3	-
Elf	Synthese	5W50	SG/CD	18,0	-50
Texaco	Havoline Synthetic	5W40	SH/CE	14,2	-
<b>Полусинтетические масла высокого качества</b>					
Mobil	Super XHP	10W40	SH/CD	14,2	-40
Shell	Helix Plus	10W40	SG/CD	14,4	-39
Shell	Helix Standart	10W40	SG/CD	14,2	-36
Esso	Ultra Oil	10W40	SG/CD	14,2	-39
BP	Visco 2000 Plus	10W40	SG/CD	12,0	-37
Castrol	GTX3 Lightes	10W40	SG/CD	14,1	-36
Motul	Synergie Turbo	10W40	SG/CE	14,0	-35
Motul	Synergie Turbo	15W50	SG/CE	19,0	-29
Motul	2100	10W40	SG/CD	13,0	-35
Motul	2100	15W50	SG/CD	19,0	-29
Elf	Competitions	10W50	SG/CD	14,5	-36
Total	Quartz 7000	10W40	SG/CD	14,9	-
Total	Quartz 7000	15W50	SG/CD	19,5	-
Valvoline	Syn Gard	10W40	SH/CE	-	-
Texaco	Havoline X1	10W40	SH/CE	14,0	-
<b>Минеральные масла общего пользования</b>					
Shell	Super Plus	10W40	SG/CD	14,2	-36
Mobil	Super	15W40	SG/CD	14,2	-29
Mobil	Special	15W40	SF/CC	14,5	-29
Esso	мне	15W40	SG/CD	14,2	-30
Esso	Super	15W40	SG/CD	14,2	-30
BP	Visco 2000	15W40	SG/CC	14,5	-27
Castrol	GTX3	15W40	SC/CD	16,0	-33
Castrol	GTX	15W40	SF/CC	15,5	-27
Motul	HP 200	15W40	SG/CD	14,0	-29
Elf	Sporti Super	15W40	SG/CC	14,3	-30
Elf	Sporti	20W50	SF/CC	17,4	-25
Elf	Sporti	15W40	SF/CC	14,0	-30

Продолжение таблицы 1.50

Фирма-производитель	Марка масла	Класс вязкости по SAE	Группа свойств по ACEA	Вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при 100°C	Температура застывания, °C
Elf	Sporti	10W30	SF/CC	11,0	-33
Texaco	Havoline	15W40	SG/CE	14,1	-
Texaco	Multigrade Havoline	15W40	SF/CE	13,9	-
Quaker State	Deluxe	5W30	SH/CD	10,0	-
Quaker State	Deluxe	10W40	SH/CD	15,2	-
Quaker State	Super Blend	10W30	SH/CD	12,1	-
Quaker State	Super Blend	15W40	SH/CD	14,2	-
Quaker State	Performance	20W40	SH/CD	20,1	-
Total	Quartz 5000	15W40	SG/CD	14,5	-
<b>Масла для дизелей грузовых автомобилей</b>					
Total	Quartz 3000	15W40	SF/CC	14,5	-
Total	Quartz 3000	20W50	SF/CC	17,0	-
Valvoline	Turbo V	15W40	SH/CE	-	-
Valvoline	All-Climate Plus	10W40	SH/CE	-	-
Valvoline	All-Climate	5W30	SF/CC	-	-
Valvoline	All-Climate	10W40	SF/CC	-	-
<b>Масла для дизелей легковых автомобилей</b>					
Shell	Super Diesel T	10W40	CD/SE	14,2	-36
BP	Visco Diesel	15W40	CE	14,5	-30
Elf	Turbo Diesel	5W40	CD	15,5	-30
Texaco	Diesel TEX	15W40	CG/CE	14,1	-
Total	Quartz Diesel 7000	10W40	CD	14,5	-
Total	Quartz Diesel 5000	15W40	CD	14,5	-
Total	Quartz Diesel 3000	15W40	CD	14,5	-
Valvoline	Special Diesel	10W40	SF/CE	-	-
Quaker State	HDX Universal Fleet	15W40	SG/CF-4	15,1	-
<b>Масла для дизелей грузовых автомобилей</b>					
Shell	Rimula X	10W30	CF-4	11,5	-33
Shell	Rimula X	15W40	CF-4	14,0	-30
Shell	Rotella TX	10W30	CD/SF	11,5	-33
Shell	Rotella TX	15W40	CD/SF	14,0	-30

Продолжение таблицы 1.51

Фирма-производитель	Марка масла	Класс вязкости по SAE	Группа свойств по ACEA	Вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при $100^\circ\text{C}$	Температура застывания, $^\circ\text{C}$
Mobil	Dilvac 1300 Super	15W40	CE/SG	14,0	-29
BP	Vanellus C3 Multigr	15W40	CD	14,4	-27
Motul	Traffic X (Synt)	15W40	CE/SF	14,0	-30
Motul	HP 40	15W40	CF-4/SF	14,0	-27
Elf	Performance Trophy	15W40	CE/SE	15,0	-30
Elf	Performance Super	15W40	CF-4/SF	14,5	-30
Texaco	Ursa Super LA	JOW	SG/CD	6,3	
Texaco	Ursa Super LA	30W	SG/CD	11,3	-
Texaco	Ursa Super LA	40W	SG/CD	15,0	-
Texaco	Ursa Super TD	15W40	CE	14,3	-
Total	RubiaTirXLD	15W40	CE	14,5	-
Total	Rubia XT	15W40	CF-4/SG	14,5	-
Valvoline	All Fleet Plus	15W40	SF/CE	-	-
Valvoline	All Fleet Extra	15W40	SF/CF-4	-	-

### 1.2.2 Трансмиссионные масла

Основное назначение трансмиссионных масел - смазка высоконагруженных зубчатых механизмов силовых передач, подшипников и других деталей и узлов автомобилей. Масла для гидродинамических и гидрообъемных передач также относят к трансмиссионным, хотя условия их работы несколько специфичны. Так, в гидродинамических передачах масло служит и средством передачи мощности, и одновременно средой, которая заполняет регулирующие системы.

Доля трансмиссионных масел в общем потреблении смазочных материалов составляет 0,3-0,5% в зависимости от параметров автомобиля. Однако, несмотря на относительно малую долю потребления, значение трансмиссионных масел для обеспечения оптимальных условий эксплуатации автомобилей чрезвычайно велико.

По уровню напряженности работы зубчатых передач трансмиссионные масла делятся на следующие группы:

- универсальные, обеспечивающие работу всех типов зубчатых

- передач и других трущихся деталей агрегатов трансмиссии;
- общего назначения - для цилиндрических, конических и червячных передач автомобилей;
  - для гипоидных передач, сочетающих высокие скорости относительного скольжения профилей зубьев с высокими давлениями, что обуславливает очень неблагоприятные условия трения и вызывает необходимость применения масел с высокоэффективными противозадирными присадками;
  - масла для гидромеханических передач;
  - масла для гидрообъемных передач.

### **Эксплуатационные требования к качеству трансмиссионных масел**

Условия работы трансмиссионных и моторных масел существенно отличаются друг от друга температурным режимом, скоростью относительного скольжения трущихся поверхностей и удельным давлением в зоне их контакта. Существенны также вид и конструктивные особенности механизма трансмиссии (прямозубая, косозубая, цилиндрическая, коническая или гипоидная передача), металл, использованный для изготовления шестерен (марка стали), вид поверхностного упрочнения (термическое, химико-термическое), вид окончательной обработки зубьев (шлифование) и др.

К наиболее важным эксплуатационным требованиям, которым должны удовлетворять трансмиссионные масла, относятся:

- уменьшение интенсивности изнашивания и величины износа всех деталей трансмиссии;
- снижение потерь энергии, передаваемой от двигателя к ходовой части автомобиля;
- отвод тепла и удаление из зон трения продуктов износа и других загрязняющих масло примесей;
- отсутствие коррозионной агрессивности по отношению к деталям трансмиссии;
- снижение вибрации и шума шестерен и защита их от ударных нагрузок (при движении автомобиля на режиме «разгон - накат - разгон»);
- отсутствие вспенивания и стабильность свойств масла при работе смазываемых им механизмов.

Для соответствия этим требованиям трансмиссионные масла должны обладать следующими свойствами: пологой вязкостно-температурной кривой и сравнительно малой вязкостью в области отрицательных температур; высокими противоизносными, противозадирными (демпфирующими) и противопиттинговыми (препятствующими вырыванию металла из зоны контакта) свойствами; хорошей термоокислительной стабильностью; способностью предотвращать коррозионно-механический и водородный износ; стойкостью к

образованию эмульсий с водой; высокой физической стабильностью в условиях длительного хранения; минимальным воздействием на резинотехнические и уплотнительные материалы, лаки, краски и пластмассы.

Общим требованием для всех трансмиссионных масел является надежное разделение контактирующих зубьев шестерен, защита поверхностей от износа, снижение потерь на трение.

Физико-химические и эксплуатационные свойства трансмиссионных масел отечественного производства приведены в таблице 1.51.

**Таблица 1.51 – Характеристики отечественных трансмиссионных масел**

Наименование показателей	Общего назначения для цилиндрических, конических, спирально-конических и червячных передач				Универсальные		Для гипоидных передач грузовых автомобилей	
	ТМ-2-18	ТМ-3-9	ТМ-3-18	ТМ-3-18	ТМ-5-18	ТМ-5-12	ТМ-4-18	ТМ-4-9
Вязкость кинематическая, $\text{мм}^2/\text{с}$ : при 100°C	Не менее 15	Не менее 10	14...16	Не менее 15	Не менее 17,5	Не менее 17,5	Не менее 14	9
при 50°C	130...140		130...140	95...105	110...120		95...105	35...40
Индекс вязкости, не менее	80	90	80	90	100	140	90	120
Температура вспышки, °C, не ниже	180	128	180	180	200		180	160
Температура застывания, °C, не выше	-18	-40	-20	-25	-25	-40	-50	-20
Эксплуатация при температуре, °C, не ниже	-25		-25		-30		-30	-50
Содержание активных элементов, %: кальций								

Продолжение таблицы 1.51

Наименование показателей	Общего назначения для цилиндрических, конических, спирально-конических и червячных передач				Универсальные		Для гипоидных передач грузовых автомобилей	
	ТМ-2-18	ТМ-3-9	ТМ-3-18	ТМ-3-18	ТМ-5-18	ТМ-5-12	ТМ-4-18	ТМ-4-9
Фосфор	0,06	—	—	—	0,1	0,1	—	—
Цинк	0,05	—	—	—	—	—	—	—
хлор	—	—	—	—	—	—	0,5	2,8
сера	—	—	—	1,2... 1,9	2,7... 3,0	2,4... 3,0	—	—
суммарное	0,11	—	—	1,2... 1,9	2,8... 3,1	2,5...3,1	0,5	2,8
Класс вязкости по SAE	90	75W	90	90	90	80W/85	90W	75 W
Группа свойств по API	GL-2	GL-4	GL-4	GL-4	GL-5	GL-5	GL-4	GL-4

Рекомендации по применению отечественных трансмиссионных масел по типам передач, группам автомобилей, условиям эксплуатации, а также возможным отечественным заменителям указаны в таблице 1.52.

### **Классификация отечественных и зарубежных трансмиссионных масел**

Согласно ГОСТ 17479.2-85 [47] трансмиссионные масла в зависимости от эксплуатационных свойств делятся на 5 групп, определяющих области их применения (таблица 1.53) и на 4 класса по вязкости (таблица 1.54). Маркировка трансмиссионных масел, например, ТМ-2-9, осуществляется следующим образом: ТМ - трансмиссионное масло; 2 - группа масла по эксплуатационным свойствам; 9 - класс вязкости.

Классы вязкости трансмиссионных масел в соответствии с SAE приведены в таблице 1.55.

В соответствии с классификацией API трансмиссионные масла подразделяют по уровню их противоизносных и противозадирных свойств. Масла классов GL-1 применяют при невысоких давлениях и скоростях скольжения в зубчатых зацеплениях. Они не содержат присадок. Масла классов GL-2 содержат противоизносные присадки, а масла класса GL-3 - противозадирные присадки и обеспечивают работу спирально-конических передач, в том числе гипоидных.

Масла класса GL-4 применяют для гипоидных передач среднего нагружения и трансмиссий, работающих в условиях экстремальных скоростей и ударных нагрузок, а также на режимах высоких скоростей

вращения и малых крутящих моментов или низких скоростей вращения и больших крутящих моментов.

Масла класса GL-5 используют для высоконагруженных гипоидных передач легковых автомобилей, а также коммерческих, оснащенных трансмиссиями, работающими в режимах ударных нагрузок при высоких частотах вращения, и, кроме того, в режимах малых крутящих моментов при высоких частотах вращения или больших крутящих моментов при низких частотах вращения. Ориентировочное соответствие трансмиссионных масел по классам вязкости и группам условий эксплуатации по ГОСТ 17479.2-85, системе SAE и системе API приведены в таблице 1.55.

Ввиду специфических требований к маслам для автоматических гидравлических передач эти масла иногда называют жидкостями ATF (Automatic Transmission Fluids).

Крупнейшие производители гидромеханических коробок передач разработали спецификации для автоматических трансмиссионных жидкостей. Наиболее распространены требования General Motors и Ford.

Классификации General Motors соответствуют масла под маркой DEXRON (DEXRON II, DEXRON HE, DEXRON III).

Масла фирмы Ford обозначаются маркой MERCON (V2C 1380CJ, M2C 166H).

**Таблица 1.52 – Рекомендации по применению отечественных трансмиссионных масел**

Марка масла	Возможные заменители	Тип масла, рекомендуемая область применения
ТМ-2-18	ТМ-3-18	Прямозубые и червячные передачи; всесезонное, работоспособно до -20°C
ТМ-3-18	ТМ-5-12В, ТМ-5-12рк	Прямозубые, спирально-конические и червячные передачи; всесезонное, работоспособно до -25°C
ТМ-3-9	ТМ-5-12В, ТМ-5-12рк	В агрегатах трансмиссии автомобилей при температуре воздуха до -45°C; всесезонное для северных районов, зимний сорт для северной полосы
ТМ-5-12	—	Всесезонное для холодной климатической зоны и зимнее для средней полосы. Масло универсальное. Температурный диапазон работоспособности масла от -40°C до 140°C
ТМ-4-18	ТМ-5-18, ТМ-5-12В, ТМ-5-12рк	Гипоидные передачи грузовых автомобилей, всесезонное для умеренной климатической зоны, работоспособно до -30°C
ТМ-5-18	ТМ-5-12В, ТМ-5-12рк	Агрегаты трансмиссии с гипоидными передачами, коробки передач и рулевое управление легковых автомобилей; всесезонное, работоспособно до -30°C
ТМ-4-9	ТМ-5-12В, ТМ-5-12рк	Агрегаты трансмиссии автотракторной техники, в том числе с гипоидными главными передачами при эксплуатации в холодной климатической зоне до температуры -50°C

Таблица 1.53 – Группы трансмиссионных масел по содержанию присадок, эксплуатационным свойствам и области их применения

Группа	Наличие присадок в масле	Рекомендуемая область применения, контактные напряжения и температура масла в объеме
1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла в объеме до 90°C
2	Минеральные масла с противоизносными присадками	То же при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме до 130°C
3	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме до 150°C
4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150°C
5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150°C

Таблица 1.54 – Классы вязкости трансмиссионных масел в соответствии с ГОСТ 17479.2-2015

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при температуре +100°C	Температура, °C, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с
9	6,0...10,99	-45
12	11,00...13,99	-35
18	14,00...24,99	-18
34	25,00...41,00	-

Таблица 1.55 – Соответствие классов вязкости и групп трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам по ГОСТ 17479.2-2015, системам SAE и API

ГОСТ 17479.2-2015 Система SAE		ГОСТ 17479.2-2015 Система API		Область применения в соответствии с условиями эксплуатации
Класс вязкости		Группа условий эксплуатации		
9	75 W	TM-1	GL-1	Механизмы, в которых используются масла с депрессорными и антипенными присадками
12	80W/85W	TM-2	GL-2	Механизмы, в которых используются масла с антифрикционными присадками
18	90	TM-3	GL-3	Ведущие мосты со спиральноконическими передачами; слабые противозадирные присадки
34	140	TM-4	GL-4	Гипоидные передачи; противозадирные присадки средней активности
-	250	TM-5	GL-5	Гипоидные передачи грузовых и легковых автомобилей; активные противозадирные и противоизносные присадки
-	-	-	GL-6	Гипоидные передачи, работающие в очень тяжелых условиях; высокоэффективные противозадирные и противоизносные присадки

#### Ассортимент трансмиссионных масел, их применение и взаимозаменяемость

В таблице 1.56 приведены данные по взаимозаменяемости трансмиссионных масел отечественного производства и некоторых зарубежных фирм. Эти материалы позволяют легко подобрать зарубежные эквиваленты (таблица 1.57) российским трансмиссионным маслам, а также решить обратную задачу по определению российских заменителей зарубежных нефтепродуктов.

Таблица 1.56 – Применение и эксплуатационные свойства трансмиссионных масел зарубежных и отечественных фирм-производителей

Назначение масла	Фирма-производитель	Марка масла	Класс вязкости no SAE	Группа свойств no API	Вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при $100^\circ\text{C}$	Температура застывания, $^\circ\text{C}$
<b>Синтетические масла высшего качества</b>						
Для всех видов трансмиссий	Castrol	TAF-X	75W-90	GL-5	14,4	-45
Для всех видов трансмиссий	Motul	Gear 300	75W-90	GL-5	14,0	-36
Для всех видов трансмиссий	Quaker State	Synquest EP Gear (Lubricant) 100%	75W-90	> GL-5	17,4	
<b>Полусинтетические масла высокого качества</b>						
Для всех видов трансмиссий	Motul	Motulqear	75W-90	GL-5	19,0	-30
<b>Минеральные масла общего пользования</b>						
Для КПП	Castrol	EP	80W	GL-4	10,5	-32
Для КПП	Castrol	EP	90W	GL-4	14,5	-26
Для гипоидных передач	Castrol	EPX	90W	GL-5	10,4	-34
Для гипоидных передач	Castrol	EPX	90W	GL-5	15,8	-25
Для всех видов трансмиссий	Mobil	Mobiludw-HD-90	85W-90	GL-5	17,7	-26
По инструкции производителя	Mobil	Mobilude-SHC-25	5W-90	GL-5	15,2	-54
По инструкции производителя	Mobil	Mobilude GX-80W	80W	GL-4	10,4	-26
Для всех видов трансмиссий	Quaker State	High Performance Gear Lubricant	80W-90	> GL-5	13,8	-
Для всех видов трансмиссий	Motul	Gear Box	80W-90	GL-5	18,0	-18
Кроме гипоидных передач	Valvoline	Trans Gear Oil X-18 MD	80W-90	GL-4	-	-
Для всех видов трансмиссий	Valvoline	HighPerformance Gear X-18 MD	80W-90	GL-5	-	-
Для КПП	Texaco	Geartex EP-C	80W-90	GL-5	15,1	-27
Для гипоидных передач	Texaco	Geartex EP-C	85W-140	GL-5	26,1	-15

Продолжение таблицы 1.56

Назначение масла	Фирма-производитель	Марка масла	Класс вязкости по SAE	Группа свойств по API	Вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при $100^\circ\text{C}$	Температура застывания, $^\circ\text{C}$
<b>Масла для ГМП</b>						
Синтетические	Castrol	Transmas S	Dexron II D 7,1	-60	-	-
Минеральные	Castrol	TQ	Dexron II D 7,4	-42	-	-
Минеральные	Valvoline	ATF Type D	Dexron II D -	-	-	-
Минеральные	Motul	Dexron II D	Dexron II D 7,0	-40	-	-
Минеральные	Quaker State	Dexron II D	Dexron II D 6,95	-	-	-
Минеральные	Quaker State	Mercon Multi- Purp Automatictrans-Mission Fluid Mobil AFT	Dexron II D 7,0	-44	-	-
Минеральные	Texaco	Texamatic 4261	Dexron II D 7,42	-48	-	-
Минеральные	Texaco	Texamatic 9330	Dexron II D 8,4	-45	-	-

Таблица 1.57 – Соответствие марок трансмиссионных масел отечественных и зарубежных фирм-производителей

Марка отечественного масла	Класс вязкости по SAE	Группа свойств по API	Фирма-производитель импортного масла	Марка импортного масла
TM-2-18	90	GL-2	Shell	Shell Spirax 90 EP
			Mobil	Mobilube C 90
TM-3-9	80	GL-4	Shell	Shell Spirax 80 EP
			Mobil	Mobilube CX SAE 80
			BP	BP Multi Gear Oil 80/90 EP
			Esso	Esso Gear Oil CP 80
TM-3-18	90	GL-4	Shell	Shell Spirax 90 EP
			Mobil	Mobilube C 90
			BP	BP Gear Oil EPSAE 90

Продолжение таблицы 1.57

Марка отечественного масла	Класс вязкости по SAE	Группа свойств по API	Фирма-производитель импортного масла	Марка импортного масла
			Esso	Esso Gear Oil EP 90
ТМ-4-93	80W	GL-4	Shell	Shell Spirax EP 75W
			BP	BP Gear Oil 75W EP
			Esso	Esso Gear Oil EP 75W
ТМ-4-18	90W	GL-4	Shell	Shell Spirax EP SAE 90
			Mobil	Mobilube HD 90
			BP	BP Multi Gear SAE 90 EP
			Esso	Esso Gear Oil 90 EP
ТМ-5-18	90	GL-5	Shell	Shell Spirax 90 HD
			Mobil	Mobil CX 90
			BP	BP Hypogear SAE 90
			Esso	Esso Gear Oil CX SAE 90

### 1.2.3 Масла для гидравлических систем

Гидравлические масла служат рабочим телом в гидравлических системах, передавая мощности и приводя в действие различные исполнительные агрегаты и механизмы, а также предохраняя трущиеся детали от износа, отводя от них избыточное тепло и удаляя продукты износа и загрязнения.

Гидравлические масла работают при больших перепадах температур (от -40 до +80°C), давлениях в 10...15 МПа, скоростях скольжения до 20 м/с, в контакте с черными и цветными металлами, резиновыми и полимерными уплотнениями и шлангами.

#### Эксплуатационные требования к гидравлическим маслам

В соответствии с назначением гидравлические масла должны иметь: хорошие низкотемпературные свойства (их температура застывания должна быть ниже на 5...10°C температуры окружающего воздуха в начальный период работы гидравлической системы); хорошие вязкостно-температурные свойства (для быстрого срабатывания гидроузла вязкость не должна быть высокой, однако она должна иметь достаточный уровень) для обеспечения плавности хода и предотвращения износа; хорошие смазывающие свойства и свойства, не допускающие коррозии металлов и сплавов, а также разрушения уплотнений; хорошие антипенные свойства (способность жидкости выделять воздух без образования пены); хорошую стабильность при эксплуатации и хранении, отсутствие воды и механических примесей.

## **Классификация, маркировка и свойства масел для гидравлических систем**

По кинематической вязкости гидравлические масла делят на 10 классов согласно ГОСТ 17479.3-85 [48] (таблица 1.58), а в зависимости от эксплуатационных свойств на 3 группы (таблица 1.59).

Таблица 1.58 – Классы вязкости гидравлических масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при температуре $+40^\circ\text{C}$	Класс вязкости	Кинематическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при температуре $+40^\circ\text{C}$
5	4,14...5,06	32	28,80...35,20
7	6,12...7,48	46	41,40...50,60
10	9,00...11,00	68	61,20...74,80
15	13,50...16,50	100	90,00...110,00
22	19,80...24,20	150	135,00...165,00

Обозначение гидравлических масел состоит из трех групп знаков: букв МГ (минеральное гидравлическое); цифр, характеризующих класс кинематической вязкости; буквы, указывающей на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам. Например, МГ-15-В: буквы МГ обозначают масло гидравлическое; 15 - класс вязкости; В - группа масла по эксплуатационным свойствам.

Таблица 1.59 – Группы гидравлических масел по эксплуатационным свойствам и области их применения

Группа масел	Состав масел	Рекомендуемая область применения, контактные напряжения и температура масла в объеме
А	Минеральные масла без присадок	Гидросистемы с шестеренными поршневыми насосами, работающие при давлении до 15 МПа и температуре масла в объеме до $80^\circ\text{C}$
Б	Минеральные масла с антиокислительными и противокоррозионными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла в объеме более $80^\circ\text{C}$
В	Минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными противоизносными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении выше 25 МПа и температуре масла в объеме более $90^\circ\text{C}$

Отечественная классификация гидравлических масел по группам в зависимости от эксплуатационных свойств имеет обозначения зарубежных аналогов, представленные в таблице 1.60.

**Таблица 1.60 – Соответствие групп гидравлических масел отечественного производства зарубежным аналогам**

Группа масел по ГОСТ 17479.3-85	А	Б	В
Группа масел по ISO 6074/4-1982 /Е/	НН	Н	НМ

Физико-химические и эксплуатационные свойства гидравлических масел отечественного производства приведены в таблице 1.61.

**Таблица 1.61 – Характеристики отечественных гидравлических масел**

Наименование показателей	Марка масла					
	МГ-15-Б	МГ-15-В	МГ-22-А	МГ-22-Б	МГ-46-Б	МГ-46-В
Вязкость кинематическая, $\text{мм}^2/\text{с}$ : при $+50^\circ\text{C}$ 10 при $-40^\circ\text{C}$ 1250	10 1900	10 13000	12...14 13000	11...14	27...33 4000 (при $-15^\circ\text{C}$ )	41,4...50,6 (при $40^\circ\text{C}$ ) 4000 (при $-15^\circ\text{C}$ )
Индекс вязкости	–	130	85	–	25	25
Температура вспышки, $^\circ\text{C}$ , не ниже	92	135	163	145	190	190
Температура застывания, $^\circ\text{C}$ , не выше	-70	-60	-45	-45	-30	-30
Плотность при $20^\circ\text{C}$ , не более	850	865	890	–	885	–
Кислотное число, $\text{мг KOH/g масла}$	0,05	0,05	0,07	0,3-0,6	0,06	–

**Примечания.** 1. МГ-15-В применяется в гидравлических системах автомобилей, работающих при температуре до  $-50^\circ\text{C}$ , МГ-22-А - до  $-30^\circ\text{C}$  (кратковременно при  $+125^\circ\text{C}$ , оптимальный режим  $50...60^\circ\text{C}$ ), МГ-46-Б - до  $-17^\circ\text{C}$ . 2. МГ-46-В применяется в гидрообъемных передачах

## 1.2.4 Пластичные смазки

Пластичные смазки используют для уменьшения трения и износа узлов, в которых либо нецелесообразно (невозможно) создать принудительную циркуляцию масла, либо масло не удерживается, либо невозможно обеспечить непрерывное пополнение его запаса. Легко проникая в зону контакта труящихся деталей, смазки удерживаются на труящихся поверхностях, не стекая с них, как это происходит с маслом. Смазки применяются также в качестве защитных или уплотнительных материалов.

При малых нагрузках пластичные смазки проявляют свойства твердого тела, которые придает им наличие структурного каркаса. Когда нагрузки малы, структурный каркас и сама смазка не разрушаются, а упруго деформируются. Это обусловлено размером, формой и характером сцепления частиц загустителя. В то же время структурный каркас смазки не отличается значительной прочностью. С ростом нагрузок он разрушается, и смазка деформируется. Благодаря этому смазку используют в узлах трения и наносят на защищаемые от коррозии поверхности. При критической нагрузке смазка начинает пластично деформироваться (течь, как жидкость). Однако процесс разрушения структурного каркаса пластичных смазок обратим. После снятия нагрузки течение смазки прекращается, структурный каркас мгновенно восстанавливается, и смазка вновь приобретает свойства твердого тела.

Смазка состоит из трех компонентов: масляной основы, твердого загустителя и добавок.

В качестве масляной основы смазок используют масла нефтяного и синтетического происхождения. В составе большинства смазок на долю жидкого масла приходится 70...90 % массы. От масляной основы зависят многие свойства смазок, хотя важнейшие их характеристики определяются типом загустителя.

Загустителями, образующими твердые частицы размерами 0,1...10 мкм, служат вещества органического и неорганического происхождения (мыла жирных кислот, парафин, силикагель, бентонит, сажа, органические пигменты и т. п.). Они создают пространственный каркас смазки, а их количество составляет 8...20% массы смазки.

Добавки необходимы для улучшения эксплуатационных свойств смазок. К ним относятся:

присадки - маслорастворимые поверхностно-активные вещества (преимущественно те же, что используются в моторных, трансмиссионных и других маслах). Присадки составляют 0,1...5% массы смазки;

наполнители, улучшающие антифрикционные и герметизирующие свойства. Это твердые вещества, как правило, неорганического происхождения, не растворимые в масле (дисульфид молибдена, графит, слюда и др.). Наполнители составляют 1...20% массы смазки;

модификаторы структуры, способствующие формированию более прочной и эластичной структуры смазки. Они представляют собой поверхностно-активные вещества (кислоты, спирты и др.) и составляют 0,1...1% массы смазки.

### **Эксплуатационные свойства смазок и методы их оценки**

К основным эксплуатационным характеристикам пластичных смазок относятся: пенетрация (проникновение), предел прочности, эффективная вязкость, коллоидная стабильность, температура каплепадения, механическая стабильность, водостойкость, термоупрочнение, испаряемость, химическая стабильность, противокоррозионные и защитные свойства.

**Пенетрация (проникновение)** - характеризует консистенцию (густоту) смазки по глубине погружения в нее конуса стандартных размеров и массы. Пенетрация измеряется при различных температурах и численно равна количеству миллиметров погружения конуса, умноженному на 10.

**Предел прочности** соответствует минимальному удельному напряжению, при котором происходит разрушение каркаса смазки в результате сдвига одного ее слоя относительно другого.

Этот показатель характеризует способность смазок удерживаться в узлах трения, противостоять сбросу с движущихся деталей под влиянием инерционных сил и удерживаться на наклонных и вертикальных поверхностях, не стекая и не сползая. При напряжении сдвига выше предела прочности смазки начинают течь.

Предел прочности смазки зависит от температуры (с ее повышением он чаще всего снижается) и скорости приложения силы. При невысоком пределе прочности смазки плохо удерживаются в негерметизированных узлах трения, а при высоком - не поступают к трущимся поверхностям даже при достаточном количестве смазочного материала в механизме.

При рабочей температуре узла предел прочности не должен превышать 300...500 Па, а минимальное его значение при наибольшей температуре в рабочей зоне должно быть не ниже 100...200 Па. При температуре 20°C предел прочности должен быть равен 300...1500 Па.

Предел прочности определяют на приборе, называемом пластомером.

**Вязкость** пластичных смазок из-за значительной зависимости показателя вязкости от скорости деформации определяется показателем «эффективная вязкость», которая подразумевает способность Ньютоновской жидкости оказывать при данном режиме течения такое же сопротивление сдвигу, как и смазка.

Когда смазка начинает течь подобно жидкости (после разрушения связей структурного каркаса) при постоянной температуре с увеличением скорости течения, которая измеряется в  $\text{с}^{-1}$ , вязкость смазки понижается в 100...1000 раз. Вязкость и вязкостно-температурные характеристики пластичных смазок определяют при скорости течения  $10\text{с}^{-1}$ .

Вязкостные характеристики относятся к важнейшим эксплуатационным показателям пластичных смазок. Пусковые характеристики механизмов,

потери при работе различных узлов трения во многом зависят от вязкости смазок, которая в условиях минимальной рабочей температуры и скорости деформации не должна превышать 15...20 МПа с.

Вязкостные свойства смазок при температурах от -70°C до 100°C определяют на автоматических капиллярных вискозиметрах АКВ, в которых смазка при помощи пружины продавливается с переменной скоростью через капилляр.

**Коллоидная стабильность** - это способность смазки сопротивляться отделению (опрессовыванию) жидкого масла при хранении и в процессе применения.

Опрессовывание масла из смазки увеличивается и ускоряется с повышением температуры, с ростом одностороннего давления на смазку, под действием центробежных сил, в сужениях мазепроводов на входе в фильтры и в других аналогичных местах.

Для оценки коллоидной стабильности смазок используют приборы, в которых смазка опрессовывается под действием постоянного груза или сжатого воздуха.

**Температура каплепадения** соответствует температуре, при которой падает первая капля смазки, помещенной в капсюле специального прибора, нагреваемого в стандартных условиях. Она зависит в основном от типа загустителя и в меньшей степени от его концентрации.

Во избежание вытекания смазки из узла трения температура каплепадения должна превышать температуру трущихся деталей на 15...20°C.

**Механическая стабильность** характеризует тиксотропные свойства, т.е. способность смазок практически мгновенно восстанавливать свою структуру (каркас) после выхода из зоны непосредственного контакта трущихся деталей. Благодаря этому уникальному свойству смазка легко удерживается в негерметизированных узлах трения.

Смазки с низкой механической стабильностью быстро разрушаются, разжижаются и вытекают из узлов трения. Это опасно особенно в тех узлах, где в процесс деформирования вовлекается весь запас смазки (подшипники скольжения, шарниры, плоские опоры и т.п.). Механически нестабильные смазки достаточно хорошо работают только в надежно герметизированных узлах трения, если их вытеканию из узла препятствуют специальные уплотнительные устройства или капиллярные силы.

Полноценная смазка не должна значительно изменять свои свойства ни в процессе работы (деформации), ни при последующем отдыхе. Если смазка при отдыхе после разрушения сильно затвердевает, то она перестает поступать к рабочим поверхностям, и работа узла трения затрудняется.

Механическую стабильность смазки определяют на тиксотометре, измеряя пределы ее прочности до и после разрушения смазки.

**Водостойкость** смазки определяется: устойчивостью к растворению в воде, способностью поглощать влагу, проницаемостью смазочного слоя парами влаги, смываемостью водой со смываемых поверхностей и др.

Растворимость смазки в воде зависит в основном от природы загустителя. Наилучшей водостойкостью обладают смазки с углеводородным загустителем, водостойкость кальциевых смазок удовлетворительна, и только смазки на натриевых и калиевых мылах хорошо растворимы в воде.

Растворимость смазок определяют только качественно по изменению внешнего вида комка смазки в холодной (при 20°C в течение 24 ч) и кипящей (в течение 1 ч) воде. Если температура плавления смазки ниже 100°C, испытания в кипящей воде не проводятся.

**Термоупрочнение** характеризует изменение свойств смазок при нагревании и последующем охлаждении.

Большинство смазок после нагрева до температуры на 50...60°C ниже температуры их плавления и последующего охлаждения не меняют свои свойства. Однако у некоторых смазок после кратковременного нагрева и последующего охлаждения предел прочности повышается в 10...100 раз. Такие смазки перестают поступать к рабочим поверхностям.

Склонность смазки к термоупрочнению определяют на приборе прочномере СК путем измерения ее пределов прочности до и после выдержки при повышенных температурах.

**Испаряемость** смазок, определяемая летучестью жидкой среды, достаточно высокая, хотя давление их насыщенных паров при обычных эксплуатационных температурах невелико.

Из-за увеличения скорости испарения жидкой среды повышается вязкость смазки и ухудшаются низкотемпературные свойства, а при высыхании - уменьшается адгезия к металлу.

Испаряемость оценивают потерей массы смазки в нормированных условиях.

**Химическая стабильность** оценивается стойкостью смазки к окислению кислородом воздуха.

Окисление приводит к изменению кислотного числа и уменьшению предела прочности на сдвиг, как правило, при повышенных температурах (более 100°C). Кроме того, смазки окисляются из-за возможной коррозии металлических поверхностей деталей узла трения.

Оценку химической стабильности смазки производят по увеличению ее кислотного числа. Для этого смазку толщиной слоя 1 мм окисляют на медной пластине при повышенной температуре 120°C.

**Противокоррозионные свойства** смазок характеризуют их коррозионное воздействие на металлические поверхности деталей узла трения. Если свежие смазки обладают устойчивыми противокоррозионными свойствами, то в процессе их применения или после длительного хранения их свойства ухудшаются.

Для оценки противокоррозионных свойств металлические пластинки погружают в смазку и затем осматривают их поверхности после выдержки в течение определенного времени при повышенной температуре.

**Защитные (консервационные) свойства** определяют способность смазки предохранять трещищиеся металлические поверхности от коррозионного воздействия внешней среды (вода, растворы солей и др.).

Консервационные свойства смазок определяются и зависят от следующих факторов: способности удерживаться на поверхности металла, не стекая; коллоидной и химической стабильности; водостойкости и воздухопроницаемости. Пленка консервационной смазки толщиной около 0,01 мм может предотвращать коррозию металла в условиях 100-процентной относительной влажности в течение многих месяцев, а иногда и лет.

При оценке защитных свойств смазок по ГОСТ 9.054-75 металлические пластиинки, покрытые слоем смазки, выдерживают в определенных условиях над водой в эксикаторе или в камере влажности.

### **Классификация и маркировка пластичных смазок**

Пластичные смазки по консистенции занимают промежуточное положение между маслами и твердыми смазочными материалами (графитами).

Несмотря на отсутствие единой классификации пластичных смазок, некоторые их российские и зарубежные производители указывают в документации на них не только принятное ими же обозначение и маркировку, но и уровень пенетрации.

Пластичные смазки делятся по типу масла (основы), природе загустителя, области применения и консистенции (густоте).

Смазки в зависимости от типа основы бывают на минеральных, синтетических и растительных маслах, а также на смесях, в основном, минерального и синтетического происхождения.

По природе загустителя смазки делят на мыльные, углеводородные, органические и неорганические. По области применения пластичные смазки в соответствии с ГОСТ 23258-78 [49] подразделяются на группы: антифрикционные, консервационные, уплотнительные и канатные. Каждая из групп разбита на подгруппы (таблица 1.62).

Классификация смазок по консистенции (густоте) разработана Национальным институтом смазочных материалов США (NLGI).

Согласно этой классификации смазки делятся на классы в зависимости от уровня пенетрации - чем выше численное значение пенетрации, тем мягче смазка.

Классификация NLGI пластичных смазок по консистенции приведенная в таблице 1.63, соответствует маркировке по сортам по DIN 51818, принятой институтом стандартов в Германии (DIN).

Следует отметить, что как отечественные, так и зарубежные производители пластичных смазок обозначают и маркируют их произвольно. Поэтому при выборе смазки лучше руководствоваться рекомендациями завода-изготовителя автомобиля.

Таблица 1.62 – Классификация пластичных смазок в соответствии с ГОСТ 23258-78

Подгруппа	Индекс	Область применения
<b>Антифрикционные</b>		
Общего назначения для обычных температур	С	Узлы трения с рабочей температурой до 70°C
Общего назначения для повышенных температур	О	Узлы трения с рабочей температурой до 110°C
Многоцелевые	М	Узлы трения с рабочей температурой - 30...+130°C в условиях повышенной влажности среды; в достаточно мощных механизмах сохраняют работоспособность до -40°C
Термостойкие	Ж	Узлы трения с рабочей температурой > 150°C
Низкостойкие (морозостойкие)	Н	Узлы трения с рабочей температурой < -40°C
Противозадирные и противоизносные	И	Подшипники качения при контактных напряжениях более 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках а 15 кПа; содержат противозадирные и противоизносные присадки или твердые добавки
Химически стойкие	Х	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивными средами
Приборные	П	Узлы трения приборов и точных механизмов
Редукторные (трансмиссионные)	Т	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
Приработанные пасты	Д	Сопряжение поверхности с целью облегчения сборки, предотвращения задиров и ускорения приработки
Узкоспециализированные (отраслевые)	У	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т.д.)
Брикетные	Б	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазки в виде брикетов
Консервационные	З	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и случаев, требующих использования консервационных масел или твердых покрытий

Продолжение таблицы 1.62

<b>Уплотнительные</b>		
Арматурные	A	Запорная арматура и сальниковые устройства
Резьбовые	P	Резьбовые соединения
Вакуумные	B	Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
<b>Канатные</b>		
Канатные	K	Стальные канаты, органические сердечники канатов

Примечание. Смазку, относящуюся одновременно к двум или более группам (подгруппам), относят к той группе подгруппе, которая наиболее типична для ее использования

Таблица 1.63 – Классификация пластичных смазок NLGI по консистенции

Класс	Диапазон пенетрации	Визуальная оценка консистенции
000	445...475	Очень мягкая, аналогичная очень вязкому маслу
00	400...430	Очень мягкая, аналогичная очень вязкому маслу
0	355...385	Мягкая
1	310...340	Мягкая
2	265...295	Вазелинообразная
3	220...250	Почти твердая
4	175...205	Твердая
5	130...160	Твердая
6	85...115	Очень твердая, мылообразная

**Примечание.** Пластичные смазки для легковых автомобилей относятся, как правило, ко 2 классу,

В классификационном обозначении смазок, принятой в России, указывают:

- тип загустителя;
- рекомендуемый температурный диапазон применения;
- тип жидкого масла;
- консистенцию (густоту).

*Тип загустителя* обозначают первыми двумя буквами входящего в состав мыла металла: Ка - кальциевое, На - натриевое, Ли - литиевое, Ли-Ка - смешанное (литиево-кальциевое).

*Рекомендуемый тепловой диапазон применения* указывают дробью: в числителе - уменьшенная в 10 раз без знака минус минимальная температура применения, в знаменателе - уменьшенная в 10 раз максимальная температура применения. Температурный диапазон имеет ориентировочное значение, так как он зависит от конструкции сопряжений и условий работы.

Таблица 1.64 – Основные эксплуатационные свойства пластичных антифрикционных смазок

Марка смазки	Цвет	Смазки общего назначения						Возможные заменители
		Temperatura karbidejena, °C	Temperatura rasstroika, °C	Temperatura rasstroika 10-1	Temperatura lipn 25 °C	Temperatura lipn 20 °C, III-a	Temperatura lipn, °C	
Солидол-С	От светло- желтого до темно-коричневого	85...105	2000	250...310	1...5	37	-20...+65	Солидол Литол-24, Ж, Зимол
Смазка графитовая YccA	черный с серебристым отливом	77...90	1500...4000	250...270	0,5...0,4	6,5	-20...+60	Солидол С и 10 % графита
Для повышенных температур								
Смазка 1-13	От светло- желтого до темно- желтого	≥130	6000	250...290	10...20	15...40	-25...+90	Литол-24, Зимол
Консталин-1	От светло- желтого до светло- коричневого	≥130	2500...5000	225...275	-	-	-20...+120	Литол-24
Консталин-2	От светло- желтого до светло- коричневого	≥150	2500...5000	175...225	-	-	-20...+120	Литол-24
Автомобильная ЯНЗ-2	Коричневый или желтый	160-170	2000	250	2...5	5...20	-30...+100	Литол-24, Зимол

Продолжение таблицы 1.64

Марка смазки	Цвет	Возможные заменители					
		Temperatura upn 25 °C, °C	Temperatura upn 10-1, °C	Temperatura upn 20 °C, °C	Temperatura upn 25 °C, °C	Temperatura upn 0 °C, °C	Temperatura upn 10-1, °C
Смазка АМ-карданская	Светло- или темно-коричневый	130-150	3000...6000	220...270	10...15	10...25	-20...+120
Смазка №158	Синий	140-160	≤4000	305	8...15	2,4	-40...+120
<b>Многопрелевые</b>							
Литол-24	Коричневый	185...195	≤2800	240...265	15...20	5...12	-40...+130
Фиол-1	От светло- до темно-коричневого	185...200	≤2000	310...340	15...20	3...5	-40...+120
Фиол-2	Коричневый	188...200	≤2500	265...295	10...15	7...9,5	-40...+120
Фиол-2М	Серебристо-черный	180...195	≤2500	265...295	10...15	7...8	-40...+130
Фиол-2У	Серебристо-черный	185...195	≤1500	265...295	7...11	6,5	-40...+130
Фиол-3	Зеленый	190...200	≤2800	220...260	8...12	6...12	-40...+130
Смазка ЛСЦ-15	Светло-желтый	185...200	≤2800	250...280	10...15	7,0	-40...+140
							Литол-24, Смазка №158
							Литол-24
							Литол-24, Смазка №158

Продолжение таблицы 1.64

Марка смазки	Цвет	Возможные заменители					
		Temperatura рабочая, °C	Temperatura хранения, °C	Минимальная рабочая температура, °C	Максимальная рабочая температура, °C	Коэффициент вязкости, %	Температура испарения при 20 °C, °C
Смазка ПРБ-4	Темно-коричневый	185...240	800...1600	265...295	4...10	3,4	-40...+130
<b>Термостойкие</b>							
Униол-3	Серебристо-черный	220...260	700...900	290...320	5...12	12	-60...+120
ЦИАТИМ-221	Белый или светло-коричневый	200...220	800...1600	280...360	-	2,5...7	-60...+150
<b>Низкостойкие (морозостойкие)</b>							
ЦИАТИМ-201	Желтый или светло-коричневый	175...190	800...1700	290...320	16...30	7...12	-60...+90
Лита	От светло- до темно-коричневого	185...200	1600...3500	220...250	7...12	6...12	-50...+100
Зимол	Коричневый	190...200	1000...2600	240...290	16...20	3...10	-40...+130
							-

Тип жидкого масла и присутствие твердых добавок обозначают строчными буквами: у- синтетические углеводороды, к- кремнийорганические жидкости, г- добавка графита, д- добавка дисульфида молибдена. Смазки на нефтяной основе индекса не имеют.

Консистенцию смазки обозначают условным числом от 0 до 7.

### **Ассортимент смазок, их применение и взаимозаменяемость**

Наибольшее применение при эксплуатации автомобилей находят антифрикционные и консервационные смазки.

Среди антифрикционных смазок широко используются смазки общего назначения, для повышенных температур, многоцелевые, термостойкие и низкостойкие (морозостойкие).

Смазки общего назначения, известные под названием «Солидолы», наиболее массовые и дешевые.

Основные эксплуатационные свойства пластичных антифрикционных смазок приведены в таблице 1.64.

## **1.3 Технические жидкости**

### **1.3.1 Охлаждающие жидкости**

Двигатель внутреннего сгорания необходимо охлаждать для обеспечения нормального теплового режима работы его узлов и деталей. Наиболее распространены системы охлаждения с принудительной циркуляцией жидкости. В процессе работы она может нагреваться до 100°C и иногда выше, а на стоянке остывать до температуры окружающего воздуха. От свойств жидкости во многом зависит эффективность системы охлаждения, надежность и долговечность двигателя. Она должна иметь высокую теплоемкость, теплопроводность, температуру кипения, подвижность, а также низкую температуру кристаллизации и коэффициент объемного расширения. Охлаждающая жидкость не должна вызывать коррозию металлов, разрушать резину уплотнений и вспениваться в процессе работы.

Вода как охлаждающая жидкость обладает наибольшей охлаждающей способностью, имеет максимальную теплоемкость, пожаробезопасна, нетоксична и относительно дешевая. Но вода имеет сравнительно низкую температуру кипения и относительно быстро испаряется, при температуре ниже 0°C вода замерзает и превращается в лед (кристаллизуется) со значительным, до 10%-ным увеличением объема. Это приводит к «размораживанию» двигателя - разрушению его основных деталей и узлов.

Поэтому ее нельзя использовать в холодное время года без слива из образованию накипи в системе охлаждения двигателя, которая забивает каналы радиатора и значительно ухудшает отвод тепла. Образование накипи связано с жесткостью воды, которая определяется содержанием в ней ионов кальция  $\text{Ca}^{2+}$  и магния  $\text{Mg}^{2+}$ .

Общая жесткость воды подразделяется на карбонатную (временную) и некарбонатную (постоянную). Причем карбонатная жесткость составляет до 70...80% от общей жесткости. Обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (до 70%); однако в отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50...60%.

Карбонатная (временная) жесткость. Образуется при растворении в воде бикарбонатов кальция и магния -  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . При нагреве такой воды неустойчивые бикарбонаты снова переходят в нерастворимую форму - карбонаты -  $\text{CaCO}_3 \downarrow$ , и  $\text{MgCO}_3 \downarrow$ , образуется накипь (котельный камень). Данный тип жесткости почти полностью устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной жесткостью.

Некарбонатная (постоянная) жесткость связана с содержанием в ней хлоридов или сульфатов  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ , а также силикатов  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{MgSiO}_3$ . Гипс  $\text{CaSO}_4$  обладает отрицательной растворимостью - при повышении температуры выпадает в осадок, участвуя в образовании накипи. Остальные соли выпадают в осадок в случае увеличения их концентрации в результате испарения воды.

По величине общей жесткости различают воду мягкую (до 2 мг-экв/л), средней жесткости (2...10 мг-экв/л) и жесткую (более 10 мг-экв/л). В целом, жесткость поверхностных вод меньше жесткости вод подземных. Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период половодья, когда обильно разбивается мягкой дождевой и талой водой. Морская и океанская вода имеют очень высокую жесткость (десятки и сотни мг-экв/дм<sup>3</sup>).

**Низкозамерзающие охлаждающие жидкости** (антифризы: *freeze* - замерзать, *anti-* против). Низкозамерзающие охлаждающие жидкости могут быть на основе солей, спиртов, глицерина и гликолов.

**Солевые антифризы.** Если добавить в воду около 23% обычной поваренной соли ( $\text{NaCl}$ ), то этот раствор не замерзнет при температуре до минус 21°C, если добавить 30%  $\text{CaCl}_2$ , то вода не замерзнет до минус 55°C, а добавление приблизительно 20%  $\text{MgCl}_2$  снижает температуру замерзания воды до минус 33°C. На этом принципе разрабатывались солевые антифризы типа "Асол". Однако они вызывают сильную коррозию, а при постепенном выкипании воды вся соль остается на стенках системы охлаждения.

**Спиртовые антифризы.** Соотношение температуры замерзания раствора в зависимости от концентрации спирта (таблица 1.65).

Спиртовые антифризы обладают высокой испаряемостью, низкой температурой кипения (метанол - 64,5°C, этанол - 78°C, изопропанол - 82,7°C) и высокой пожароопасностью. В настоящее время эти антифризы практически не применяются.

Первые антифризы появились в 1920-е годы XX века. Изготавливались они на основе глицерина (температура кипения 290°C), а потому кроме низкой температуры замерзания обладали также высокой вязкостью и низкой текучестью, что ухудшает их прокачиваемость и соответственно отвод тепла.

Глицерин (от греч. *glykeros* - сладкий) - простейший трёхатомный спирт  $\text{CH}_2\text{OH}$  -  $\text{CHOH}$  –  $\text{CH}_2\text{OH}$ . Ранее производился глицериновый антифриз ВГ 40.

**Таблица 1.65 - Соотношение температуры замерзания раствора в зависимости от концентрации спирта**

Концентрация спирта	Температура замерзания, $^{\circ}\text{C}$		
	Метанол $\text{CH}_3\text{OH}$	Этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Изопропанол $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$
10	-5	-3	-2
20	-12	-7	-7
30	-20	-12	-12
40	-34	-21	-18
50	-43	-30	-22
60		-40	-23
70		-52	-26
80		-67	-32

Иногда производители разрешают смешение концентрата этиленгликоля с несмягченной водой.

В наибольшем количестве в этиленгликоловые антифризы добавляют ингибиторы коррозии, которые условно можно разделить на 3 группы: 1) на основе азота, фосфора и бора, 2) на основе метасиликатов и 3) на основе карбоксилатов.

К первой группе относятся амины  $\text{RN}(\text{H})_x$ , нитриты  $\text{NaNO}_2$ , бензатризол  $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3$ , фосфаты ( $\text{NaHPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ), бораты  $\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2$ , декстрин и другие неорганические ингибиторы на основе N, P и B. Эти ингибиторы коррозии являются самыми старыми и токсичными и в настоящее время используются для производства более низкосортных антифризов.

Неорганические ингибиторы коррозии на основе метасиликатов  $\text{MeSiO}_3$ , в частности  $\text{NaSiO}_3$  образуют на поверхности металла защитный слой, достигающий порой 0,5 мм. Защищая металл от коррозии, этот слой одновременно значительно ухудшает теплоотвод (до 50%) за счет своей низкой теплопроводности. В данном случае он работает как изолятор, ухудшающий теплопередачу. Кроме того присутствие метасиликатов в антифризе способствует образованию осадка из окиси кремния (кварцевый песок), закупоривающего узкие каналы системы охлаждения двигателя и вызывающего ускоренный износ подшипников водяного насоса.

Органические карбоксилатные ингибиторы коррозии  $\text{R}_2\text{Me}(\text{OCOR})_2$  - охлаждающие жидкости, CoolStream, в частности, обладают повышенной эффективностью охлаждения двигателя. Они образуют защитный слой только в местах образования коррозии толщиной 0,0006 мм (60 ангстрем). При этом на остальной внутренней поверхности не образуется защитный

слой, ухудшающий теплоотвод. Эти ингибиторы коррозии являются самыми современными.

Антифризы, производимые по карбоксилатной технологии, стабильны практически весь период эксплуатации. За счет «адресной» защиты расход присадок происходит гораздо медленнее нитритных или силикатных, поэтому, например, ресурс эксплуатации у марки антифриза CoolStream Premium составляет 250000 км или 5 лет эксплуатации; антифризы с силикатными ингибиторами - 100000 км или 3 года эксплуатации, с нитридными - 60000 км или 2 года.

Карбоксилатные антифризы не агрессивны по отношению к пластиковым, эластомерным, резино-силиконовым и другим материалам, использующимся в системе охлаждения двигателей автомобилей. Карбоксилатные антифризы не образуют засоров и отложений в системе охлаждения двигателя в процессе всего периода эксплуатации. Карбоксилатные антифризы обладают высокой стабильностью свойств и не образуют в процессе эксплуатации осадков.

Основной причиной износа водяного насоса является физический процесс - гидродинамическая кавитация. Этот процесс представляет собой образование и схлопывание пузырьков газа охлаждающей жидкости у поверхности движущихся лопастей насоса. При схлопывании пузырьков происходят гидродинамические микроудары по поверхности лопасти, вырывающие молекулы, а при длительном воздействии происходит образование каверн (раковин) и разрушение лопастей. К сожалению ни одна из существующих охлаждающих жидкостей не может химическим способом полностью предотвратить данное физическое явление. Однако, в отличие от традиционных охлаждающих жидкостей, карбоксилатные антифризы, благодаря «адресной» защите, снижают воздействие кавитации и увеличивают срок эксплуатации водяного насоса до 50%.

**Нормативные документы.** В России ГОСТ 28084-89 “Жидкости охлаждающие низкозамерзающие. Общие технические условия” [50] нормирует основные показатели охлаждающей жидкости на основе этиленгликоля (концентрата, ОЖ-40, ОЖ-65): внешний вид, плотность, температуру начала кристаллизации, коррозионное воздействие на металлы, вспениваемость, набухание резины и т.д. Но он не оговаривает состав и концентрацию присадок, а также смешиаемость жидкостей, а также цвет охлаждающей жидкости (синий, зеленый, желтый и т.п.) выбирает изготавитель.

Технические требования к зарубежным концентратам охлаждающей жидкости для легковых автомобилей и легких грузовиков отражены в ASTM D 3306 («Технические условия для охлаждающей жидкости на основе этиленгликоля для автомобиля с легкими условиями эксплуатации»), а для грузовых автомобилей и тяжелой техники - в ASTM D 4985 («Технические условия для охлаждающей жидкости на основе этиленгликоля с низким содержанием силиката для двигателей с тяжелыми условиями эксплуатации»), требующие начального введения дополнительной добавки к

охлаждающей жидкости Supplemental Coolant Additive (SCA).

Кроме общих стандартов, многие изготовители автомобилей применяют свои спецификации, с дополнительными требованиями. Например, нормы General Motors USA - Antifreeze Concentrate GM 1899-M, GM 6038-M, или система нормативов G концерна Volkswagen:

G 11 - для легковых автомобилей или легких грузовиков (присадки неорганические, допускается присутствие силикатов);

G 12, G 12 plus - для тяжелой техники или новой автомобильной техники (присадки органические, включают карбоксилатные соединения, силикаты отсутствуют).

Мировые производители автомобильной техники в большинстве уже перешли на антифризы нового поколения и запретили или существенно ограничили использование традиционных антифризов в своих автомобилях. Запреты на использование определенных видов ингибиторов сформулированы в спецификациях автопроизводителей на охлаждающие жидкости вместе с перечнем испытаний, которые должна пройти охлаждающая жидкость для получения допуска к применению (approval). Так, спецификация Ford WSS-V97B44-D запрещает использование силикатов, фосфатов и боратов, а спецификация Hyundai MS 591-08 запрещает также амины и нитриты, оставляя дорогу только антифризам нового поколения. В спецификации Toyota TSK2601G антифризы с разными видами ингибиторов разделены на классы, причем к высшему классу (8A и 8B) с максимальным разрешенным пробегом относятся карбоксилатные антифризы нового поколения. Международный стандарт на охлаждающие жидкости для грузовиков ASTM D 4985-03 ставит ограничение на количество силикатов 125 ppm, оставляя возможность только для бессиликатных или низкосиликатных (гибридных) технологий. На этот стандарт ссылаются производители двигателей Caterpillar, Cummins.

Столь жесткие требования связаны с прямой зависимостью между свойствами охлаждающей жидкости и ресурсом работы двигателя, элементов системы охлаждения, мощностью, расходом топлива. С введением новых норм к экологическим требованиям (Евро-4, Евро-5), карбоксилатные охлаждающие жидкости получили еще большее распространение.

Специальных требований к цвету антифризов различных групп не существует. Охлаждающие жидкости первой (нитритной) группы окрашиваются обычно в синий или голубой цвета, антифризы силикатной группы имеют чаще всего зеленый цвет, а в антифризы карбоксилатной группы добавляются красители красного или фиолетового цветов. Антифризы карбоксилатной группы нельзя смешивать с антифризами других групп, и при замене антифриза необходимо руководствоваться предписаниями автопроизводителей.

Положительные свойства водно-этиленгликолевых антифризов: низкая температура замерзания, высокая температура кипения, хорошие вязкостные свойства, негорючесть. Недостатки этих антифризов: высокий коэффициент объемного расширения при нагревании, способность разрушать резиновые

шланги и вызывать коррозию металла, что делает необходимым добавление присадок (декстрина и бинатрийфосфата). Кроме того, имеется опасность пищевого отравления этиленгликолем при попадании его в организм даже в небольшом количестве.

Для грузовых автомобилей выпускаются антифризы марок «40», «65» и концентрат марки «40к».

Антифриз марки «40» имеет температуру застывания  $-40^{\circ}\text{C}$  и содержит не менее 52% этиленгликоля (остальное вода). Он окрашен в светло-желтый цвет.

Антифриз марки «65» замерзает при температуре  $-65^{\circ}\text{C}$ , он содержит не менее 64% этиленгликоля и окрашен в оранжевый цвет.

Концентрат «40к» желтого цвета. Один литр концентрата смешивают с 0,73 литра воды и получают охлаждающую жидкость марки «40».

Для легковых автомобилей отечественного производства выпускается низкозамерзающая охлаждающая жидкость Тосол, имеющая такой же состав, как и рассмотренные выше марки антифризов, но с добавками антикоррозийной и антипенной присадок.

Выпускаются три марки этих антифризов, окрашенных в голубой цвет: Тосол А-40, Тосол А-65 и Тосол А. Тосол А-40 имеет температуру замерзания  $-40^{\circ}\text{C}$ , а Тосол А-65 замерзает при температуре  $-65^{\circ}\text{C}$ . При разбавлении водой концентрата Тосол А в соотношении 1:1 получают антифриз, застывающий при  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Марку Тосола можно определить по его плотности при  $20^{\circ}\text{C}$ , которая должна находиться в следующих пределах:

- Тосол А-40 - 1,075... 1,085 г/см<sup>3</sup>;
- Тосол А-65 - 1,085... 1,095 г/см<sup>3</sup>.

В антифризе и тосоле содержатся этиленгликоль, он ядовит (смертельная доза при приеме внутрь - 50 мл), поэтому в настоящее время получают распространение антифризы на основе пропиленгликоля  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$ .

Пропиленгликоль представляет собой бесцветную густую жидкость без запаха со сладким вкусом. Плотность пропиленгликоля немного выше плотности воды и составляет 1,03 г/л при  $20^{\circ}\text{C}$ , температура застывания:  $-60^{\circ}\text{C}$ . Водные растворы с концентрацией пропиленгликоля 60% замерзают при температуре около  $-70^{\circ}\text{C}$ . Точное определение температуры замерзания затруднено из-за высокой вязкости и склонности растворов к переохлаждению. Пропиленгликолевые водные растворы по сравнению с этиленгликолевыми при одной и той же концентрации имеют несколько более высокую температуру замерзания. В отличии от этиленгликоля, диэтиленглиоля и некоторых других гликолов пропиленгликоль в малых и средних дозах безопасен для организма и может применяться в пищевой промышленности. Пропиленгликоль в отличие от многих других гликолов нетоксичен, не опасен даже при длительном вдыхании паров и не вызывает отравления при случайном приеме внутрь. Практически во всех странах пропиленгликоль признан безопасным для использования в составе в

продуктах питания (ему присвоен код Е-1520), лекарственных, парфюмерных и косметических средствах.

ЛЮКСОЙЛ антифриз произведенный Американской компанией «Cool Part inc.» на основе высококачественного пропиленгликоля с пакетом органических присадок Eko-Pro. Абсолютно не токсичен и не причиняет вреда здоровью человека и окружающей среде. ЛЮКСОЙЛ антифриз обладает высокой стабильностью, что обеспечивает более длительный ресурс работы в экстремальных режимах. Наличие пакета присадок Eko-Pro исключает выпадение гелеобразного осадка. При соответствующем разведении дистиллированной водой можно довести температуру замерзания до -70°C. Имеет высокие смазывающие, антикоррозийные и теплопроводные свойства. Пропиленгликоловые антифризы не совместимы с этиленгликоловыми.

Антифриз "Экосол" и его модификации "Экосол-65", "Экосол-40", "Экосол-30", "Экосол-20", "Экосол-10", изготовлены на основе этилкарбитола - малотоксичного вещества. По степени воздействия на человека "Экосол" относится к веществам безопасным. Но у "Экосола" есть и другие достоинства: он не оказывает коррозионного воздействия на различные металлы, пожароопасен и взрывобезопасен, его теплофизические свойства лучше, чем у других антифризов. Кроме того, безводный "Экосол" замерзает при температуре -70°C, а кипит - при 106°C. В чистом виде и смесях с водой он маловязок, в том числе и при низких температурах. Более того, при понижении температуры он уменьшается в объеме, что исключает вероятность разрыва трубок и блока двигателя даже при его замерзании.

### **1.3.2 Тормозные жидкости**

Основное назначение тормозной жидкости - передача энергии от главного тормозного цилиндра к колесным цилиндрам, которые прижимают тормозные накладки к тормозным дискам или барабанам.

Рабочее давление в гидроприводе тормозов достигает 10 МПа, а температура тормозной жидкости в дисковых тормозах поднимается до 150...190 °C. В результате постоянных колебаний температуры в тормозную систему через резиновые уплотнения проникает атмосферная влага. При этом тормозная жидкость «увлажняется», и, соответственно, снижается ее температура кипения.

Если в процессе эксплуатации температура кипения тормозной жидкости становится ниже 150°C, то при высоких скоростях движения и интенсивных торможениях создается опасность ее «закипания». При этом в жидкости выделяются пузырьки газа и пара, образуя паровые пробки, что может привести к отказу тормозов и возможности аварии.

Температура кипения тормозной жидкости - важнейший показатель, определяющий предельно допустимую рабочую температуру гидропривода тормозов.

При эксплуатации вследствие обводнения температура кипения

тормозной жидкости неизбежно снижается, поэтому наряду с температурой кипения «сухой» тормозной жидкости определяют температуру кипения «увлажненной» жидкости, содержащей 3,5 % воды.

Температура кипения «увлажненной» жидкости косвенно характеризует температуру, при которой жидкость будет «закипать» через 1,5...2 года ее работы в гидроприводе тормозов автомобиля.

В последние годы основным направлением в улучшении качества тормозных жидкостей являлось увеличение температуры кипения, особенно в «увлажненном» состоянии. Это следует из данных, приведенных в таблице 1.66.

Тормозные жидкости должны обладать хорошими вязкостно-температурными характеристиками, антисорбционными, смазывающими свойствами, достаточной совместимостью с резиновыми уплотнениями, стабильностью при высоких и низких температурах.

**Таблица 1.66 - Температуры кипения «сухих» и «увлажненных» тормозных жидкостей**

Марка жидкости	Температура кипения, «сухой» жидкости, °C	Температура кипения «увлажненной» °C
«Нева»	195	138
«Томь» (ДОТ-3)	220	155
«Роса» (ДОТ-4)	260	165

Современные тормозные жидкости представляют собой смеси различных эфиров с низкомолекулярными полимерами с добавлением антисорбционных и антиокислительных присадок.

**Тормозная жидкость «Нева»** (ТУ 6-01-1163-78) - композиция на основе этилкарбитола, содержит загущающую и антисорбционные присадки. Работоспособна при температуре окружающего воздуха -40...+45°C. Применяют в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей грузовых и легковых автомобилей (выпускало 1985 г.). Срок службы - не более одного года.

**Тормозная жидкость «Томь»** (ТУ 6-01-1276-82) разработана взамен жидкости «Нева». Композиция на основе этилкарбитола и борсодержащего полиэфира, содержит загущающую и антисорбционную присадку. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем «Нева», более высокую температуру кипения. Совместима с «Невой» при смешивании в любых соотношениях.

Работоспособность при температуре окружающего воздуха от -40 до +45°C. Применяют в гидроприводе тормозов и сцеплений всех моделей грузовых и легковых автомобилей, за исключением переднеприводных автомобилей ВАЗ. Срок службы жидкости «Томь» - 2 года.

**Тормозные жидкости «Роса ДОТ-4», «Роса-3» и «Роса»** (ТУ 2451 - 004-10488057-94) - высокотемпературные жидкости, представляющие собой композиции на основе борсодержащего полиэфира, содержат

антиокислительные и антакоррозионные присадки.

Жидкости «Роса» и «Роса-3» отличаются от жидкости «Роса ДОТ-4» наличием в составе различных пластификаторов, однако из-за отсутствия сырья эти марки практически не выпускают. Жидкости имеют высокие значения температуры кипения (260°C) и температуры кипения «увлажненной» жидкости (165°C). Работоспособность в диапазоне температур окружающего воздуха от -40 до +45°C. Применяются в тормозных системах современных грузовых и легковых автомобилей, в том числе переднеприводных автомобилей ВАЗ.

Таблица 1.67 - Основные характеристики гидротормозных жидкостей

Стандарт	Значение характеристик				
	Минимальная температура кипения, °C, min ERBP*	Температура кипения влажненной жидкости (3,5% воды), °C, min	Кинематическая вязкость при 100°C, mm <sup>2</sup> /s, min	Кинематическая вязкость при 50°C, mm <sup>2</sup> /s, min	Кинематическая вязкость при minus 40°C, mm <sup>2</sup> /s, max
Жидкости на касторовой основе: OIL RICHT BSK	115	—	—	9,0	2500
Жидкости на основе гликолов: ISO 4925	205	140	1,5	5	1500
SAE J 1703	205	140	1,5	5	1800
FMVSS 116 DOT 3	205	140	1,5	5	1500
FMVSS 116 DOT 4	230	155	1,5	5	1800
FMVSS 116 DOT 5.1	260	180	1,5	5	1900
Жидкости на силиконовой основе: DOT 5/SAE J 1705	260	180	1,5	5	900

Совместимы с тормозными жидкостями «Томь» и «Нева» в любых соотношениях. Срок службы - 3 года.

**Тормозная жидкость БСК** (ТУ 6-101533-75) - смесь равных частей

касторового масла и бутанола. За счет органического красителя окрашена в оранжево-красный цвет. Работоспособность при температуре окружающего воздуха от -20 до +30°C. Применяют в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей грузовых и легковых автомобилей, за исключением автомобилей ВАЗ.

Для автомобилей, эксплуатируемых в районах Крайнего Севера, необходима специальная жидкость, у которой кинематическая вязкость при -55°C должна быть не менее 1500 мм<sup>2</sup>/с. Такая жидкость в России не вырабатывается, поэтому практикуется разбавление жидкостей «Нева» и «Томь» 18-20% (массовая доля) этилового спирта. Такая смесь работоспособна до -60°C, однако имеет низкую температуру кипения и не обеспечивает герметичности резиновых уплотнений. Поэтому разбавление жидкости спиртом - вынужденная мера, и по окончании зимней эксплуатации такую смесь следует заменить.

Зарубежными аналогами жидкостей «Нева» и «Томь» являются жидкости, соответствующие международной классификации DOT-3, которые имеют температуру кипения более 205°C, а аналогами жидкости «Роса»- жидкости DOT-4 с температурой кипения более 230°C.

Основными стандартами, определяющими характеристики синтетических тормозных жидкостей на гликоловой и силиконовой основе являются:

**116 DOT** (Американское Бюро Департамента Транспорта по Безопасности на Шоссе)

В настоящее время действительны три спецификации DOT: DOT 3, DOT 4, DOT 5.

**SAE J 1703** (Общество Американских Автомобильных Инженеров). С тех пор, как спецификации DOT 3 и DOT 4 получили широкое применение среди изготавителей автомобилей, ссылка на спецификацию SAE J 1703 стала реже.

**ISO 4925** (Международная Организация Стандартизации). Этот стандарт очень напоминает DOT 3, но, тем не менее, на него тоже можно найти ряд ссылок.

Жидкости класса DOT 5.1, не содержащие силикона, иногда обозначают, как DOT 5.1 NSBBF, а силиконовые DOT 5, DOT 5 SBBF. Аббревиатура NSBBF означает “non silicon based brake fluids” (“тормозная жидкость, не основанная на силиконе”), а SBBF - “silicon based brake fluids” (“тормозная жидкость, основанная на силиконе”).

Тормозные жидкости на касторовой, гликоловой и силиконовой основах взаимно не совместимы, что необходимо иметь в виду при эксплуатации автомобилей.

На рынке Республики Татарстан имеется большая гамма тормозных жидкостей различных видов и фирм, например: Shell Donax YB (DOT 4), Shell Donax B (DOT 3), РОС DOT 4, Нева DOT 3, Томь DOT 3, Роса DOT 4, Торса DOT 4 и многие другие.

### 1.3.3 Амортизационные жидкости

Амортизаторы, установленные на автомобилях, предназначены для гашения колебаний кузова на упругих элементах подвески, они делают ход автомобиля плавным даже при движении по бездорожью. Амортизаторные жидкости являются рабочей средой в гидравлических амортизаторах рычажно-кулачкового и телескопического типа, а также в телескопических стойках. Основным показателем амортизаторных жидкостей является кинематическая вязкость при положительных и отрицательных температурах. Так, при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  вязкость не должна превышать  $800\text{мм}^2/\text{с}$ . При более высокой вязкости работа амортизаторов резко ухудшается и происходит блокировка подвески.

Амортизаторные жидкости должны обладать хорошими смазывающими свойствами, обеспечивая достаточную износостойкость амортизаторов, не должны быть склонны к пенообразованию, так как это снижает энергоемкость амортизатора и нарушает условия смазывания пар трения. Также важными характеристиками амортизаторных жидкостей являются стабильность против окисления, механическая стабильность, испаряемость и совместимость с резиновыми уплотнениями.

Амортизаторные жидкости представляют собой маловязкую нефтяную основу, содержащую, как правило, вязкостную, депрессорную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки.

Выпускают несколько марок амортизаторных жидкостей: АЖ-12Т, ГРЖ-12 и МГП-12 (под торговой маркой «Славол-АЖ»).

**Амортизаторная жидкость АЖ-12Т** (ГОСТ 23008-78 [51]) - смесь нефтяного масла глубокой селективной очистки из сернистого сырья и полиэтилсилоксановой жидкости с противоизносной и антиокислительной присадками. Применяют в качестве рабочей жидкости в амортизаторах грузовых автомобилей и специальной техники

**Амортизаторная жидкость МГП-12 («Славол-АЖ»)** (ТУ 38.301- 29-40-97) разработана взамен жидкости МГП-Ю (ОСТ 38.1.54-74). Это маловязкая низкозастывающая нефтяная основа, в которую введены депрессорная, диспергирующая, противоизносная, антиокислительная и антипенная присадки.

Применяют в качестве рабочей жидкости в телескопических стойках и амортизаторах грузовых и легковых автомобилей.

**Амортизаторная жидкость ГРЖ-12 (ТУ 0253-048-05767-924-96)** - смесь очищенных трансформаторного и веретенного дистиллятов с добавлением депрессорной, антиокислительной, противоизносной и антипенной присадок.

Применяют в амортизаторах и телескопических стойках автомобильной техники. В таблице 1.68 приведены показатели амортизаторных жидкостей.

Таблица 1.68 - Характеристики амортизаторных жидкостей

Показатели	АЖ-12Т	МГП-12 («Славол- АЖ»)	ГРЖ-12
Кинематическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$ , при 40 °C, не менее	-	-	16...20
50 °C, не менее	12,0	12,0	-
100 °C, не менее	3,6	3,8	3,9
-20 °C, не более	-	800	800
-40 °C, не более	6500	-	-
Температура, °C вспышки, не ниже застывания, не выше	165 -52	140 -50	140 -50
Плотность при 20 °C, $\text{кг}/\text{м}^3$ , не более	-	917	917
Стабильность против окисления осадок после окисления, %	Отсутствие	-	-
кислотное число до (после) окисления, мг	0,04 (0,1)	-	-
Содержание механических примесей и воды, % Испытание на коррозию	-	Отсутствие Задерживает	

### 1.3.4 Пусковые жидкости

Пусковые жидкости, впрыскиваемые в топливную систему двигателей внутреннего горения, предназначены для облегчения их пуска при низких температурах. Характеризуются высокой испаряемостью и образуют в цилиндрах двигателей горючую смесь. Получают смешиванием диэтилового эфира с низкокипящими углеводородами (петролейным эфиром и др.), изопропилнитратом и небольшим количеством (до 10% по массе) смазочного масла. Пусковые жидкости обладают высоким давлением паров, низкой температурой самовоспламенения и широкими пределами воспламеняемости.

В обоих случаях применяется этиловый эфир, который способен снизить температуру воспламенения горючей смеси до 190...220°C. Наибольший эффект можно было бы получить от применения этого вещества в чистом виде, однако в этом случае резко повысится давление в цилиндрах, что может привести к поломке двигателя. Во избежание этого в пусковых жидкостях содержание этилового эфира ограничено и обычно не превышает 60...70%.

Аналогичный состав имеют и импортные пусковые жидкости, разница чаще всего в применяемых низкокипящих углеводородах. У одних фирм это смесь на основе петролейного эфира, у других- пропанобутановая смесь. Иногда в составе пусковых жидкостей присутствует также ацетон, целесообразность применения которого представляется весьма сомнительной, особенно в соприкосновении с алюминиевыми деталями двигателя.

## **Механизм действия пусковых жидкостей**

В дизельном двигателе сначала самовоспламеняется этиловый эфир пусковой жидкости, а затем уже само дизельное топливо. Для того, чтобы обеспечить постепенное и последовательное воспламенение рабочей смеси, в пусковые жидкости для дизелей вводят изопропилнитрат и низкокипящие углеводороды. Изопропилнитрат воспламеняется чуть позже этилового эфира, но раньше основного топлива. Смесь низкокипящих углеводородов, целиком испаряясь в цилиндре, воспламеняется позже изопропилнитрата, но тоже раньше основного топлива. Такая последовательная тепломассообменная цепь обеспечивает оптимальный режим подготовки основного топлива к воспламенению и началу видимого сгорания, что существенно уменьшает скорость нарастания. Эти же вещества, входят в состав пусковых жидкостей для бензиновых двигателей с принудительным зажиганием, выполняют следующие задачи: низкокипящие углеводороды обеспечивают образование горючей смеси, способной воспламениться от искры при низкой температуре, поэтому их в эти жидкости вводят намного больше, чем в пусковые жидкости для дизелей. Моторное масло с противозадирными и противоизносными присадками вводят в состав пусковых жидкостей для того, чтобы воспрепятствовать повышенному износу трущихся деталей двигателя в момент холодного пуска.

Пусковая жидкость подается непосредственно в цилиндры двигателя вместе с основным топливом или с помощью специальных приспособлений во впускной трубопровод. Второй способ удобнее и экономичнее. Работа устройств для подачи пусковой жидкости во впускной трубопровод основана на пневматическом или механическом распыливании жидкости и ее дальнейшем испарении. Использование пусковой жидкости и маловязкого загущенного масла, позволяет обеспечивать пуск двигателя до температуры - 30°C при вращении коленчатого вала с частотой 40...55 мин<sup>-1</sup>.

### **1.3.5 Электролиты для аккумуляторных батарей**

Электролит для свинцовых аккумуляторов приготавляется путем разбавления чистой серной кислоты чистой водой.

Кислота продается обычно концентрированной, удельного веса от 1,835 до 1,840. При разбавлении концентрированной кислоты раствор сильно нагревается. Во избежание опасности для лица, производящего смешивание, всегда необходимо наливать кислоту в воду, но не наоборот. Хотя количество теплоты, развивающейся в обоих случаях, одно и то же, однако удельные теплоты воды и концентрированной кислоты совершенно различны. Струя воды, попадая в концентрированную кислоту, освобождает большое количество теплоты, которая благодаря низкой удельной теплоте кислоты вызывает сильное местное повышение температуры. Кислота, приливающаяся к воде, не может вызвать столь же большого повышения температуры в силу того, что удельная теплота воды очень высока. Необходимо непрерывно перемешивать раствор все время, пока кислота

подливается в воду, для того, чтобы помешать, более тяжелой кислоте опуститься на дно сосуда, не смешавшись с водой. Для смешивания и хранения небольших количеств электролита наиболее подходят сосуды фарфоровые, гончарные или стеклянные; но так как они легко дают трещины, то им следует предпочесть чаны, выложенные свинцом, особенно для более значительных количеств. Никакие другие металлические сосуды, кроме свинцовых, непригодны. После разбавления кислоты, до заливки ее в батарею, необходимо подождать, пока она остынет, для того чтобы избежать повреждений пластин и сепараторов. Охлаждение можно ускорить, пользуясь струей сжатого воздуха, но воздух при этом должен быть чистым. Избежать сильного повышения температуры при смешивании кислоты с водой можно, применяя вместо воды лед, приготовленный из дистиллированной воды. Понижение температуры происходит вследствие

того, что скрытая теплота плавления льда приблизительно равна количеству теплоты, освобождающемуся при растворении серной кислоты. Лед, свободный от воды, можно прибавлять к кислоте непосредственно.

Избыток поглощенной теплоты показывает, что раствор должен получить температуру ниже нуля, что и наблюдалось в действительности. Чтобы облегчить приготовление электролитов любой требуемой концентрации, на рисунке 1.10 приведены необходимые пропорции

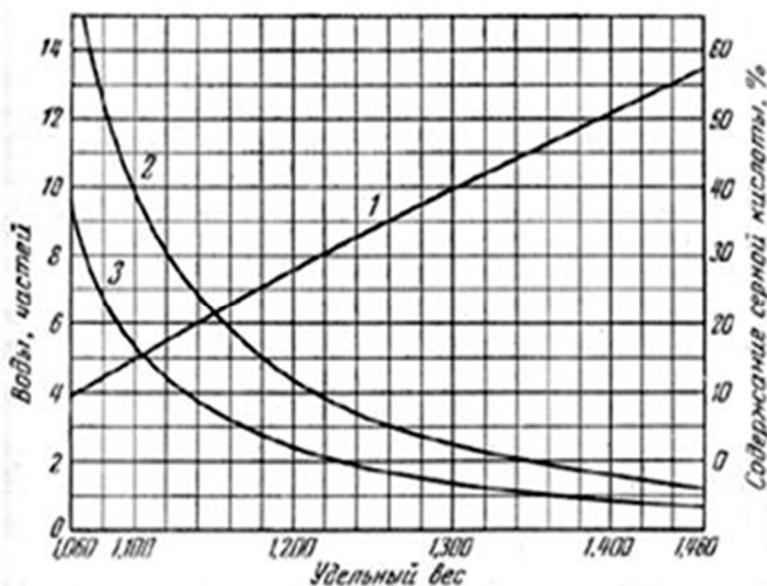


Рисунок 1.10 - Приготовление электролита любого удельного веса из концентрированной кислоты удельного веса 1,835.

- 1- содержание серной кислоты, %;  
2- требующаяся добавка воды по объему;  
3 - то же по весу. Рисунок 1

кислоты и воды.

Аккумуляторные заводы обычно сообщают сведения о том, какой крепости кислоту следует применять для каждой данной батареи.

### Приготовление электролита для кадмиеовоникелевых и железоникелевых аккумуляторов

Для кадмиеовоникелевых и железоникелевых аккумуляторов в качестве электролита служит раствор в дистиллированной воде едкого калия (КОН) или едкого натрия (NaOH).

В зависимости от температуры окружающего воздуха в аккумуляторах (таблица 1.69) применяется раствор соответствующей плотности

(концентрации) основного компонента электролита в чистом виде или с добавкой едкого лития (LiOH).

**Таблица 1.69 – Рекомендуемый состав и плотность электролита для кадмиевоникелевых и железоникелевых аккумуляторов при различной температуре окружающего воздуха**

Температура воздуха, °C	Рекомендуемый состав электролита	Плотность, г/см <sup>3</sup>
–19...+35	Составной раствор едкого калия с добавкой на 1 л раствора 20 г едкого лития аккумуляторного (моногидрата лития)	1,19...1,21
–20...– 40	Раствор едкого калия	1,25...1,27
+10...+50 (в том числе тропики)	Раствор едкого натрия с добавкой на 1 л раствора 15 – 20 г едкого лития (моногидрата лития)	1,1...1,12

Кадмиевоникелевые аккумуляторы рассчитаны на работу на холода при температуре до – 40°C, причем при температурах +35...–19°C с составным электролитом, а при более низких температурах, например, – 20...– 40°C с электролитом без добавки едкого лития. При температурах – 20...– 40°C при отсутствии чистого едкого калия допускается как исключение применять составной электролит из едкого калия и едкого лития повышенной плотности, при этом емкость аккумулятора снижается на 10...15%. При отсутствии составного электролита из едкого калия и едкого лития при температуре – 19...+35°C можно воспользоваться составным электролитом из едкого натрия повышенной плотности 1,17...1,19 г/см<sup>3</sup> с добавкой на 1 л раствора 20 г едкого лития, но при этом следует учесть, не гарантируется.

Не гарантируется также долговечность аккумуляторов при работе их с электролитом из раствора чистого едкого калия плотностью 1,19...1,21 г/см<sup>3</sup>, т. е. без добавки едкого лития при температуре -19... + 10°C. При работе при температуре +10°C...+50°C с рекомендуемым составным электролитом плотностью 1,1...1,12 г/см<sup>3</sup> (таблица 1.69) емкость аккумуляторов также снижается по сравнению с номинальной, а долговечность не гарантируется.

Железоникелевые аккумуляторы рассчитаны на работу в тех же условиях и с тем же электролитом, что и кадмиевоникелевые, но они более чувствительны к низким температурам, поэтому могут применяться при температурах не ниже –20° С.

В процессе эксплуатации температурные условия в зависимости от времени года резко изменяются, поэтому для более эффективного использования емкости аккумуляторов их следует заливать электролитом, по составу и плотности, соответствующим этим условиям. Кроме того,

необходимо систематически контролировать количество электролита, т. е. следить за уровнем последнего и поддерживать его в установленных пределах.

В аккумуляторах, находящихся в эксплуатации, уровень электролита постепенно снижается вследствие испарения, поэтому его необходимо периодически измерять и при необходимости дополнять до нормы дистиллированной водой. Не реже чем через 10 циклов нужно проверять плотность электролита и также доводить ее до нормы добавлением раствора плотностью 1,41 г/см<sup>3</sup>или дистиллированной воды. Уровень электролита в аккумуляторах должен постоянно находиться выше края пластин не менее чем на 5 мм и не более чем на 12 мм.

Снижение уровня электролита ниже верхнего края пластин или сетки, а также повышение плотности электролита при положительных температурах окружающего воздуха снижают емкость и долговечность последних. Уровень электролита необходимо проверять и доводить до указанной нормы перед каждым зарядом. Он проверяется с помощью стеклянной трубки диаметром 5...6 мм с метками на высоте 5 и 12 мм от конца. Для установления уровня электролита в аккумуляторе надо конец трубки с метками ввести через заливное отверстие до упора в пластины или сетку, после чего другой конец трубки закрыть пальцем. Вынув трубку из аккумулятора по высоте столбика электролита в ней, определим уровень электролита над верхним краем пластин или сетки в аккумуляторе. Для снижения уровня электролита в аккумуляторе можно пользоваться пипеткой или резиновой грушей со стеклянным или пластмассовым наконечником длиной около 100 мм. Доливку электролита или дистиллированной воды в аккумуляторы можно производить с помощью пипетки, резиновой груши или кружки через стеклянную воронку, размеры которых подбирают в зависимости от вместимости аккумуляторов. Проверка плотности электролита производится при помощи сифонного ареометра.

Проверку плотности электролита необходимо производить по возможности перед каждым зарядом, в каждом аккумуляторе, хотя и допускается выборочный контроль в 2...3 аккумуляторах батареи. В крайнем случае, проверка должна проводиться не реже чем через 10 циклов во всех аккумуляторах батареи.

Таким образом, электролит необходим не только для первой заливки аккумуляторов при формировке, но и для замены, поддержания плотности и уровня электролита в действующих аккумуляторах, поэтому его требуется приготовлять и всегда иметь запас.

Для приготовления электролита поставляются следующие исходные материалы:

- а) едкий калий аккумуляторный марки А (твёрдый) или марки В (жидкий) и едкий литий аккумуляторный;
- б) составная щелочь сорта А – готовая смесь едкого калия и едкого лития в отношении едкий литий/едкий калий = 0,04...0,045;

в) едкий натрий аккумуляторный (сода каустическая) сорта А и едкий литий аккумуляторный;

г) составная щелочь сорта Б – готовая смесь едкого натрия и едкого лития в соотношении едкий литий/едкий натрий = 0,028...0,032.

Перед приготовлением электролита необходимо удостовериться, что имеющиеся в наличии химические компоненты соответствуют приведенным выше требованиям и ГОСТам. Хранить эти материалы необходимо в герметически закрытой таре. Данные материалы могут поставляться как в жидком, так и в твердом состоянии в виде гранул, чешуек, кусков или слитка.

Приготовление электролита следует начинать с определения потребности в нем согласно норме расхода на один аккумулятор при первой заливке, указанной в таблица 1.70.

**Таблица 1.70 - Ориентировочная норма расхода электролита на один аккумулятор при первой заливке**

Тип	Норма расхода электролита при первой заливке, л	Тип	Норма расхода электролита при первой заливке, л
АКН-2,25	0,04	КН-60	0,75
КН-10	0,12	ЖН-60	0,75
КН-22	0,27	КН-100	1,2
ЖН-22	0,27	ЖН-100	1,2
КН-45	0,45	2КН-24	0,47
ЖН-45	0,45	2ФКН-9-І	0,26
		2ФКН-9-ІІ	

**Примечание.** При приготовлении электролита желательно норму увеличить на 10...15% для создания резерва на отход и другие непредвиденные случаи.

Определив требуемое количество электролита, приготовим примерно 3/4 этого объема свежей дистиллированной воды. При отсутствии последней допускается применение дождевой воды, собранной с чистой поверхности, или воды, полученной при таянии снега, а также конденсата.

В крайнем случае, можно использовать любую сырую чистую питьевую воду (кроме минеральной). Затем, пользуясь данными таблицы 1.71, определяем необходимое количество химических компонентов: едкого калия или едкого натрия, а также едкого лития для добавки. Расход дистиллированной воды на 1кг твердой и на 1л жидкой щелочи для приготовления электролита необходимой плотности приведен в таблица 1.71.

При измерении плотности электролита нужно вводить поправку, если температура его во время измерения не была равной 15°C. На каждый градус изменения температуры вводится поправка, равная 0,0007. Поправка прибавляется к показаниям ареометра, если температура электролита выше 15°C, и отнимается в обратном случае. Плотность определяют по делениям шкалы ареометра.

Таблица 1.71 - Расход дистиллированной воды, необходимой для приготовления электролита для кадмие-никелевых и железо-никелевых аккумуляторов

Щелочь	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Количество воды, л	
		на 1кг твердой щелочи	на 1кг жидкой щелочи плотностью 1,41 г/см <sup>3</sup>
Калиевая или готовая составная, т. е. с добавкой едкого лития	1,19...1,21	3	1
Калиево-литиевая	1,25...1,27	2	0,55
Натриевая или готовая составная натриево-литиевая	1,17...1,19	5	1,5

Плотность электролита также зависит от климатического района, в котором эксплуатируется автомобиль. Значение норм плотности электролита при температуре +25°C для различных климатических зон и времени года приведены в таблице 1.72.

Температура электролита перед заливкой его в батареи должна быть не выше 25°C. Из заливных отверстий новых батарей вынимают резиновые герметизирующие шайбы.

Электролит через стеклянную леечку заливают в аккумулятор так, чтобы уровень его стал выше пластин на 10...15мм. Залитая электролитом батарея должна простоять 4...6ч. Если после этого уровень электролита понижается, его доводят до нормы.

Заряжают аккумуляторные батареи постоянным электрическим током. Постоянный ток можно получить путем преобразования переменного тока при помощи выпрямителей, которые не только преобразуют переменный ток в постоянный, но и снижают напряжение с 220В до необходимого для зарядки. Положительный вывод выпрямителя соединяют с положительным выводом батареи, а отрицательный - с отрицательным выводом батареи.

Таблица 1.72 - Значение норм плотности электролита (при +25°C)

Климатический район (средняя месячная температура воздуха в январе, °C)	Время года	Плотность заряженной батареи, г/см <sup>3</sup>	Степень разряженности АКБ, %	
			25	50
Очень холодный (-50...-30)	Зима	1,30	1,26	1,22
	Лето	1,28	1,24	1,20
Холодный (-30...-15)	Круглый год	1,28	1,24	1,20
Умеренный (-15...-8)	Круглый год	1,28	1,24	1,20
Теплый влажный (0...+4)	Круглый год	1,23	1,19	1,15
Жаркий сухой (-15...+4)	Круглый год	1,23	1,19	1,15

Чтобы установить зарядное напряжение в выпрямителе, количество секций в аккумуляторной батарее умножают на 2,7. Для 6-ти секционной аккумуляторной батареи это напряжение будет равным  $6 \cdot 2,7 = 16,2$  В. В зависимости от напряжения выпрямителя можно заряжать сразу несколько однотипных батарей, соединяя их последовательно между собой. Чтобы избежать искрения, все соединения батарей между собой и с выпрямителем надо выполнять только болтовыми зажимами.

Признаки полной зарженности батареи следующие:

1) во всех аккумуляторах наблюдается обильное выделение газа или, как говорят, «кипение электролита»;

2) напряжение на зажимах каждого аккумулятора не увеличивается в течение 3 ч и достигает величины 2,5...2,7 в, плотность электролита в течение 3 ч также не изменяется. Если плотность электролита отличается от установленной в данной зоне, то нужно ее довести до нормы. Чтобы уменьшить плотность, часть электролита отсасывают из аккумулятора при помощи резиновой груши, а затем доливают дистиллированную воду. Если нужно увеличить плотность электролита, то резиновой грушей добавляют специально приготовленный электролит плотностью 1,4. Нельзя добавлять неразбавленную серную кислоту.

Таблица 1.73 – Плотность, состав и температура замерзания электролита при температуре окружающего воздуха  $+15^{\circ}\text{C}$

Плотность электролита, $\text{г}/\text{см}^3$	Содержание серной кислоты (по объему), %	Температура замерзания, $^{\circ}\text{C}$	Плотность электролита, $\text{г}/\text{см}^3$	Содержание серной кислоты (по объему), %	Температура замерзания, $^{\circ}\text{C}$
1,10	8,5	-7	1,21	18,7	-28
1,11	9,5	-8	1,22	19,6	-32
1,12	10,3	-9	1,23	20,6	-36
1,13	11,2	-10	1,24	21,6	-42
1,14	12,1	-12	1,25	22,6	-50
1,15	13,0	-14	1,26	23,6	-54
1,16	13,9	-16	1,27	24,6	-58
1,17	14,9	-18	1,28	25,6	-64
1,18	15,8	-20	1,29	26,6	-70
1,19	16,7	-22	1,30	27,6	-74
1,20	17,7	-25	1,31	28,7	-76

**Примечание.** Исходная серная аккумуляторная кислота имеет плотность 1,84  $\text{г}/\text{см}^3$  при  $+15^{\circ}\text{C}$

После указанных изменений батарею нужно подзарядить в течение 30 мин.

Зарядка новых батарей может продолжаться от 25 до 50 ч, сухозаряженных – 8...16 ч. Сухозаряженные батареи можно не заряжать, если после пропитывания (для сухозаряженной батареи время пропитывания составляет 2-3 ч) плотность электролита будет не более, чем на 0,03 меньше нормальной. После пуска двигателя сухозаряженную батарею подзаряжают от генератора машины в течение 30...45 мин (двигатель машины должен работать на средних и больших оборотах).

## 1.4 Химические присадки

Присадками называются компоненты, которые добавляются в нефтепродукты с целью улучшения их свойств в количестве от сотых долей процента до нескольких процентов.

**Антиокислительные присадки** делятся на две группы: присадки, разрушающие гидроперекиси с образованием неактивных соединений, и присадки, связывающие свободные активные радикалы в неактивные. Присадки первой группы мало расходуются при работе двигателя и поэтому предпочтительнее. Антиокислительные присадки - ингибиторы замедляют окисление масла в сравнительно толстом слое, а термоокислительные - в тонком слое масла на нагретых металлических поверхностях. В качестве антиокислительных присадок применяются смолистые вещества, например фракции березовой смолы, а также производные фенола и вещества, содержащие серу и металлоорганические соединения, которые сами быстро окисляются и предохраняют тем самым масло от соприкосновения с кислородом. Это, например, ДФ-1-диалкилтиофосфат бария и ДФ-11-диалкилфосфат цинка. Антиокислители добавляются в небольшом количестве - от сотых до десятых долей процента.

Различные типы углеводородов дают разные продукты окисления. Парафиновые и нафтеновые углеводороды при окислении образуют растворимые в масле соединения, а ароматические - смолисто-асфальтовые вещества. Наибольшей стойкостью к окислению обладают малоразветвленные углеводороды. Естественными антиокислителями в масле являются ароматические углеводороды, которые в результате окисления дают фенолы и смолистые продукты, превращающиеся затем в смолы. Ароматические углеводороды в смеси с нафтеновыми защищают последние от окисления. Поэтому в маслах при очистке оставляют небольшое (2-3%) количество смол, которые являются антиокислителями из-за наличия в них соединений фенольного характера.

Из синтетических низкотемпературных (до 100...200°C) антиокислителей распространены органические азотистые и кислородосодержащие соединения. К высокотемпературным (до 300°C) антиокислителям принадлежат органические соединения, содержащие серу и фосфор.

## Антикоррозийные присадки

Антикоррозийные присадки содержат обычно в своем составе фосфор и серу. Эти элементы очень активны и легко образуют на поверхности металлов защитные пленки, которые хотя и разрушаются кислотами, но постоянно под действием новых порций масла вновь восстанавливаются. Таким образом, предохраняются, в первую очередь, вкладыши подшипников. Антиокислительные присадки, задерживающие образование кислородных соединений, уменьшают одновременно и коррозионную активность.

Антикоррозийные присадки составляют в масле обычно десятые доли процента.

## Противоизносные и противозадирные присадки

В качестве противоизносных присадок используют органические соединения, в состав которых входят фосфор, сера и хлор. При сравнительно невысоких (до 150°C) температурах они на поверхности трения за счет электрических сил сцепления образуют чрезвычайно прочные пленки, защищающие поверхности от задиров и износа. Перспективна противоизносная присадка, содержащая коллоидную дисперсию дисульфида молибдена MoS<sub>2</sub> в минеральном масле. Она имеет слоистое строение аналогично графиту и благодаря высокой адгезионной способности к металлическим поверхностям особенно эффективна в режиме граничного трения в условиях масляного голодания.

Для создания прочной поверхности пленки масла используются противоизносные присадки, содержащие полярные, поверхностно-активные вещества - органические кислоты, смолистые соединения, сульфиды, фосфиды и пр. Поэтому полное удаление смолистых веществ из масла при его очистке нецелесообразно. Поверхностно-активные вещества, содержащие полярные группы OH, COOH и др., упорядоченно адсорбируются на поверхности металлов. Молекулы таких веществ притягиваются своей полярной группой к металлической поверхности, а углеводородная цепочка располагается нормально к поверхности, образуя своеобразный молекулярный частокол. Мономолекулярный слой полярного вещества на поверхности двух деталей не позволяет им соприкасаться друг с другом подобно скольжению двух щеток, соприкасающихся ворсинами.

Противозадирная присадка подбирается такой, чтобы она не вызывала коррозии стали при температуре 85...100°C, а при температуре 150°C была бы весьма коррозионно-активной. Сернистые и хлористые вещества, входящие в присадку, в местах больших нагрузок и высоких температур реагируют с металлическими поверхностями (например, зубьев шестерен), образуя на них пластичные пленочные слои сульфидов и хлоридов (толщиной меньше микрона), надежно предохраняя тем самым шестерни от износа и заедания.

При легких режимах трения противозадирная присадка бывает малоэффективной и в таких условиях основную роль предотвращения износов играют поверхностно-активные вещества. В местах высоких нагрузок

частокол полярных веществ разрушается и активной становится противозадирная присадка. В местах контакта температура оказывается выше 300°C и присадка реагирует с освобожденной поверхностью металла, образуя на ней противозадирный пластичный слой. Количество противоизносных и противозадирных присадок в масле до 1,5...2,0 %.

### **Депрессорные и моющие-диспергирующие присадки**

Для улучшения вязкостно-температурных свойств, к маслам обычно добавляют полизобутилен или полиметакрилат. Чтобы отличить загущенное масло, в пробирку наливают 3...4 мл масла, и разбавляют его двойным количеством бензола или авиационного бензина, затем добавляют 5 мл ацетона или бутилового спирта. При наличии в масле полизобутилена вначале появится муть, а затем на дно пробирки выпадет липкий прозрачный комочек полимера. В качестве загущающих присадок, кроме полизобутилена, используют также высокомолекулярные полимеры эфиров винилового спирта (винипол), акриловой кислоты и т.д.

Механизм действия загущающих (вязкостных) присадок таков: при повышенной температуре ее молекула имеет вид длинной разветвленной цепи и присоединяет ко всей своей поверхности за счет сил адгезии окружающие ее углеводородные молекулы, обусловливая тем повышенную вязкость раствора. При снижении температуры молекула присадки свертывается, ее поверхность уменьшается, а следовательно уменьшаются и силы межмолекулярного взаимодействия и, соответственно, вязкость масла. Таким образом, эта присадка уменьшает разницу вязостей холодного и горячего масла. Количество вязкостных присадок в масле - до 3%.

Депрессорные присадки (депрессаторы) понижают температуру застывания масла, препятствуя сращиванию кристаллов в объемные структуры.

Масла с этими присадками при низкой температуре являются смесью чрезвычайно мелких кристаллов и жидкого масла.

Депрессорными присадками являются органические соединения, молекулы которых содержат ароматические кольца и электрически-полярные группы (карбоксильную R-C-O<sub>2</sub>-R или эфирную R-O-R) с длинными алкильными цепями R. Алкильные группы молекул присадки, имеющие одинаковое строение с парафиновыми углеводородами легко встраиваются в кристаллическую решетку выпадающих из масла кристалликов парафина, причем обращенными наружу оказываются ароматические кольца или полярные группы молекул депрессаторов. В результате затрудняется нормальный рост кристаллов парафина и их сращивание. Тогда не образуется структурный каркас кристалла и сохраняется подвижность масла. Количество депрессорных присадок в масле - от 0,5 до 1,0%.

Моющие-диспергирующие присадки снижают интенсивность нагарообразования и лакообразования на деталях цилиндро-поршневой группы двигателей. Моющие (дeterгенты) адсорбируют продукты старения масел, а диспергирующие поддерживают их в тонкодисперсном состоянии (стабилизируют). Моющее действие проявляют многие соединения фосфора

и серы, но особенно распространены вещества, содержащие барий и кальций (сульфанаты и алкилфенольные соединения кальция, бария, серы). Молекулы моющих веществ полярно активны (электрополарны). Рассмотрим механизм действия этих присадок.

Лаки образуются при температуре выше 600°К, когда наряду с окислением начинают значительно проявляться процессы термической деструкции углеводородов. Склонность к лакообразованию увеличивается с утяжелением фракционного состава нефтепродукта. Повышение содержания серы прочно соединяет образующиеся лаки с металлом. Одновременно образуются органические сернистые соединения, способствующие пригоранию колец и повышенному износу пар трения. Интенсивность лакообразования зависит от степени дисперсности механических примесей органического происхождения. На поверхности деталей оседают относительно крупные частицы, мелкие остаются в масле и лаковых отложений не образуют.

Моющие присадки вступают в химические реакции с отложениями (нейтрализация кислых продуктов, химическое превращение склонных к лакообразованию окислов). Кроме того, присадки адсорбируются на частицах отложений, ограничивая их дальнейший рост, и создают на металлических поверхностях адсорбированные пленки, препятствующие отложению лаков. Моющие присадки бывают зольные и беззольные. Зольные - содержат сульфаты бария, кальция и магния и обеспечивают нейтрализацию кислых продуктов. Беззольные - состоят из органических соединений (на основе янтарной кислоты, метакриловых эфиров и азотистых соединений) и взаимодействуют с частицами отложений, создавая тонкодисперсные системы. Они также образуют на поверхности металла пленки, препятствующие накоплению продуктов окисления масла.

Диспергирующие присадки применяются для борьбы с высокотемпературными осадками. Встречаясь с находящимися в масле углистыми частицами, фенольные радикалы по своей свободной связи присоединяются к ним, причем снаружи оказываются боковые алкильные цепи. При сближении таких углистых частиц с присоединившимися к ним фенольными радикалами боковые алкильные цепи последних препятствуют слипанию углистых частиц, чем и объясняется диспергирующий эффект. Моющих присадок в маслах - 3... 15%.

Многофункциональная присадка к моторным маслам (моющая, диспергирующая, депрессорная, антикоррозийная и антиокислительная) имеет в молекуле два бензольных кольца, соединенных двумя мостами через серу и через двуокись кальция. Молекула этой присадки при температуре выше 200°С может разрываться по мостовым связям с образованием двух фенольных радикалов с боковыми алкильными цепями и выделением серы и  $\text{CaO}_2$ . Антиокислительное, депрессорное и диспергирующее действие присадки было рассмотрено ранее. Выделяющиеся при распаде присадки сера и двуокись кальция обусловливают соответственно антикоррозионный и моющий эффекты.

## Антипенные присадки

Противопенные присадки вводятся в масло для снижения поверхностного натяжения и уменьшения стабильности пены. Газ в масле может быть в растворенном виде, в виде газомаслянной дисперсии (равномерно распределенных мельчайших пузырьков) и в виде пены. Эти три состояния газа могут переходить друг в друга. При снижении давления и увеличении температуры газ может переходить из раствора в дисперсную фазу, например, при выходе масла из магистрали в полость подшипника. Это уменьшает поверхность подшипника, воспринимающую нагрузку, что повышает удельное давление и может привести к разрушению подшипника.

Пенообразование увеличивается при возрастании содержания смол в масле (они играют роль поверхностно-активных веществ) и воды. Более вязкое масло прочнее удерживает пузырьки пены, обусловливая ее большую стабильность.

Аэрированное масло обладает худшей смазывающей способностью, меньшей химической стабильностью и повышенной коррозионной агрессивностью. При увеличении давления до 8... 10 атм. температура внутри пузырька воздуха при его адиабатном сжатии может достигнуть 600...700°К, в результате чего происходит частичное термическое разложение масла.

Противопенные присадки создаются на основе кремнийорганических соединений, например, полиметилсилоксан ПМС-200А вводится в количестве 0,002...0,005%. Они плохо растворяются в масле и располагаются на поверхности в виде тонкой пленки, ускоряющей «схлопывание» пены. Одновременно эта пленка препятствует проникновению газов в масло, но зато ухудшает адсорбцию масел к металлическим поверхностям, а продукт ее сгорания - двуокись кремния - является абразивом. Поэтому количество такой присадки в масле минимально.

### **1.4.1 Реметаллизанты**

Реметаллизанты (металлизанты) – особый класс препаратов автохимии, базирующийся на аспектах теории самоорганизации, предсказанной И. Р. Пригожиным, и научном открытии российских ученых Д. Н. Гаркунова и И. В. Крагельского – явлении избирательного переноса при трении (эффекта без износности).

**Реметаллизант** (лат. *re* – приставка, обозначающая возврат (*return*)) (**металлоплакирующая присадка**) (франц. *plaquer* – покрывать) – порошковая или ионная добавка на основе пластичных металлов к топливно – смазочным материалам, технологическим и другим средам, реализующая эффект избирательного переноса при трении (эффект безизносности).

Механизм их действия заключается в металлоплакировании трущихся поверхностей вследствие осаждения металлических компонентов, входящих в состав реметаллизантов во взвешенном или ионном виде. При этом частично устраняются микродефекты, снижается коэффициент трения,

значительно повышается износостойкость плакированных поверхностей, в некоторых случаях в сотни раз.

**Износостойкость** – свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания.

Термин «металлоплакирующий» введен Д. Н. Гаркуновым, В. Г. Шимановским и В. Н. Лозовским в связи с изобретением ими в 1962 году смазочного материала, реализующего эффект избирательного переноса при трении.

В настоящее время металлоплакирующие композиции (реметаллизанты) делят на порошковые и ионные. Порошковые металлоплакирующие препараты в качестве основного компонента содержат ультрадисперсные порошки, а ионные – полностью маслорастворимые соли пластичных металлов, органические кислоты, мыла жирных и нафтеновых кислот, жирные амиды, эфиры жирных кислот и спиртов, а также глицерин. В качестве плакирующих металлов используются медь, олово, цинк, железо, алюминий, свинец, серебро, хром, никель, молибден.

Металлсодержащие смазочные композиции, кроме порошкообразных металлов, обычно содержат активные химические компоненты, способные образовывать с ними структуры, необходимые для реализации эффекта безизносности. Активные компоненты смазочной среды образуются в процессе трения или добавляются при приготовлении. Подтверждением этому служат смазочные композиции, содержащие альдегиды, способные при трении образовывать вещества, необходимые для формирования металлсодержащих соединений, например комплексов двухвалентной меди.

Все жирные кислоты (предельные и непредельные) являются поверхностью – активными веществами (ПАВ). Под действием жирных кислот и других органических компонентов поверхности трения пластифицируются, что способствует быстрому созданию оптимальных шероховатостей трущихся поверхностей. При относительно высоких температурах, порядка  $T = 423\ldots477$  К, на них образуются тончайшие медные структуры (толщиной около 100 нм) – «сервовитная» пленка. Под действием содержащихся в присадке активных групп COOH и компонентов СМ на поверхности «сервовитной» пленки образуется полимерная пленка – «серфинг – пленка».

#### 1.4.2 Полимерсодержащие препараты

В конце пятидесятых годов прошлого столетия Х. В. Германсон и Т. Ф. Иганом было обнаружено явление образования органических отложений (загрязнений) на релейных контактах телефонной и телеграфной связи. На основании специальных высокоточных экспериментов ими было установлено, что отложения в зоне контакта образуются вследствие химических превращений паров органических веществ, выделяемых некоторыми изоляционными материалами. Во всех случаях образовавшиеся отложения снижали коэффициент трения в контактной паре. Поэтому эти

соединения было предложено называть «полимерами трения» (frictional polymers).

Автохимические препараты, содержащие в своем составе политетрафторэтилен («тефлон»), фторопласт-4, перфторпропиленоксид, перфторполиэфир карбоновой кислоты («эпилам»), полисилоксаны (силикон) и некоторые другие, следует выделить в отдельную группу – полимерсодержащие (или полимерные) добавки или модификаторы.

Еще в 30-е годы прошлого века американский инженер норвежского происхождения Оле Бардаль (Bardahl) разработал и внедрил революционный, на тот момент, принцип смазывания. Он был основан на феномене поляризации молекул смазочного материала, что позволяло слою смазочного материала притягиваться к любым металлическим поверхностям, создавая защитную пленку. Разработка была столь эффективна, что американская армия присвоила ей гриф «секретно» вплоть до конца второй мировой войны. Эти разработки можно считать первыми прообразами нового направления в производстве смазочных материалов и автохимии – поляризованных соединений. В настоящее время фирма Bardahl продолжает дело своего основателя, производя целый спектр препаратов специальной автохимии.

В конце прошлого столетия за рубежом получила известность и достаточно длительное время широко применялась специальная жидкость SLIK-50 на основе политетрафторэтилена (ПТФЕ), разработанная Нейлом Греттоном и производимая в Великобритании, но затем она надолго исчезла с рынка автохимии. Также была известна более поздняя разработка – SLIDER 2000 PTFE. Как указано в рекламных проспектах фирмы – производителя, она также содержала ПТФЕ и позволяла существенно повышать надежность обработанных узлов и агрегатов: она могла применяться как добавка к маслам двигателей, станков и т.д., а также вводиться во впускной коллектор ДВС в виде аэрозолей.

Политетрафторэтилен или фторопласт (химическая формула  $(C_2F_4)_n$ , где  $n = 1000\dots10\ 000$ ) был открыт в 30-х годах прошлого столетия американским ученым Роем Планкеттом и был запатентован компанией «DuPont de Nemours & Company» (Дюпон) под торговой маркой Тефлон®. Применение ПТФЕ обусловлено тем, что он занесен в Книгу мировых рекордов Гиннесса, как самый скользкий материал в мире. Многие ученые всего мира стали активно работать с этим материалом, предлагая его применение во многих областях, в том числе в автомобильной и автохимической промышленности.

Было также разработано множество модификаций ПТФЕ, которые получили различные наименования: полифлон (Япония), алгофлон (Италия), флюон (Англия), сорефлон (Франция), гостафлон ТР (Германия); полигифторхлорэтилен, известный под торговыми марками фторопласт-3, дайфлон (Япония), гель F (США), гостафлон (Германия), волталеф (Франция); поливинилиденфторид, известный под торговыми марками, фторопласт-2, кайнар (США), KF – полимер (Япония); видар (Германия); солеф (Бельгия), форафлон (Франция); сополимер тетрафторэтилена с этиленом, известный под торговыми марками фторопласт-40, тефзел (США),

неофлон ETFE (Япония), хостафлон ET (Германия); сополимер тетрафторэтилена с винилиденфторидом, известный под торговой маркой фторопласт-42; сополимер тетрафторэтилена с гексафторпропиленом, известный под торговыми марками фторопласт-4МБ, тефлон FEP (США), хостафлон FEP (Германия), неофлон (Япония); сополимер тетрафторэтилена с перфторвинилпропиленом эфиром, известный под торговыми марками фторопласт-50, тефлон PFA (США), а также отечественные фторопласти марок Ф4, Ф3 и др.

### 1.4.3 Кондиционеры поверхностей трения

К отдельной группе РВП относятся кондиционеры (металла или поверхности). Это целый спектр различных препаратов автохимии, в основном на базе поверхностно-активных веществ (ПАВ) и химически-активных веществ (ХАВ), в том числе традиционно применяемых в смазочных материалах, но официально не именуемых кондиционерами.

Впервые термин «кондиционер» (от английского «condition»- условие, состояние) был употреблен еще в 1815 году. Именно тогда француз Жан Шабаннес получил британский патент на метод «кондиционирования воздуха и регулирования температуры в жилищах и других зданиях». Почти через сто лет, в 1902 году американский инженер- изобретатель Уиллис Карриер собрал первую промышленную холодильную машину для типографии Бруклина в Нью-Йорке. Самое любопытное, что первый кондиционер предназначался не для создания прохлады работникам, а для борьбы с влажностью, ухудшавшей качество печати.

Слово «кондиционер» по отношению к устройству для поддержания нужной температуры и влажности в помещении прижилось только у нас в стране. Фактически это фрагмент словосочетания air-condition, что в переводе с английского означает «составление воздуха». В дальнейшем слово кондиционер стало применяться в других отраслях, например «кондиционер металла», «кондиционер волос», «кондиционер белья» и т.д.

Собственно, смысл словосочетания кондиционер поверхности применительно к автохимии можно интерпретировать как препарат и механизм воздействия на процессы трения и изнашивания, позволяющие восстанавливать антифрикционные и противоизносные свойства, а также химический состав (состояние) поверхностей трения посредством доставки необходимых компонентов (среды или энергии) за счет введения химически активных веществ.

Одним из главных компонентов автомобильных кондиционеров поверхности являются галогенированные производные углеводородов. Эти химически активные углеводороды являются соединениями, полученными замещением в структурной формуле углеводорода одного или более атомов галогена (хлора, фтора, брома, йода) равным числом атомов водорода. К активным компонентам таких присадок следует отнести также ряд соединений серы и фосфора.

Наиболее часто в кондиционерах металла применяются хлоропарафины, отвечающие по составу предельным углеводородам или парафинам  $C_nH_{(2n+2)}$ , в которых один или несколько атомов водорода замещены хлором. Из химических свойств хлоропарафинов наиболее важным и характерным для них является чрезвычайная подвижность атомов хлора, вследствие чего при действии соответствующих агентов они способны обменивать хлор снова на водород или на другие атомы или группы. Эта способность обуславливает широкое применение хлоропарафинов для разнообразнейших синтезов, в том числе для препаратов автохимии.

Механизм противозадирного действия хлорсодержащих соединений заключается в образовании хлоридов на локальных микроучастках контакта поверхностей трения в условиях высоких удельных нагрузок и скоростей скольжения, особенно в присутствии следов влаги.

Сера и сернистые соединения образуют сульфидную пленку на поверхности металла начиная с температуры 200 С. Эта пленка содержит карбиды и оксиды железа, а также сульфаты железа (вследствие окисления). Толщина образовавшейся сульфатной пленки зависит от прочности связи серы в молекулах присадки и составляет 300...400 нм. С применением рентгеноспектральных методов было установлено, что в процессе работы сульфатная пленка непрерывно истирается и восстанавливается, однако средняя толщина пленки остается постоянной.

#### 1.4.4 Слоистые модификаторы трения

Следующую группу препаратов можно объединить понятием «слоистые добавки», которые также часто называют модификаторами. Препараты, отнесенные к данной группе, в основном включают в свой состав элементы с низким усилием сдвига между слоями, например дисульфиды молибдена ( $MoS_2$ ), вольфрама ( $WS_2$ ), тантала ( $TaS_2$ ) и ниобия ( $NbS_2$ ), диселениты молибдена ( $MoSe_2$ ), титана ( $TiSe_2$ ) и ниобия ( $NbSe_2$ ), трисульфид молибдена ( $MoS_3$ ), графит (C), нитрид бора (BN – «белый графит») и некоторые другие таблица 1.74.

Таблица 1.74 – Краткая характеристика некоторых слоистых модификаторов

Наименование препарата	Производитель (страна, регион, ТМ - торговая марка)	Назначение	Примечание (состав, комментарий)
Oil Additiv	Liqui Moly GmbH, Германия, Ульм	Уменьшение износа и потерь на трение в двигателе, снижение потребления топлива и масла	Антифрикционная присадка в моторное масло с дисульфидом молибдена, образующим пленку на поверхностях трения

Продолжение таблицы 1.74

Наименование препарата	Производитель страна, регион, ТМ - торговая марка)	Назначение	Примечание (состав, комментарий)
Getriebe oil Additiv	Liqui Moly GmbH, Германия, Ульм	Облегчение хода и переключения передач, уменьшение износа и потеря на трение, увеличение срока службы старых коробок передач	Присадка в трансмиссионное масло с дисульфидом молибдена, сглаживающая неровности на рабочих поверхностях зубчатых колес
Motor Elixir	SCT-Vertriebe GmbH, Германия, Гамбург (ТМ - MANNOL)	Повышение мощности, уменьшение износа и потеря на трение, снижение потребления топлива и масла двигателем	Восстанавливающая антифрикционная присадка с дисульфидом молибдена для двигателя
Getriebeoil-Additiv Manual/Automatic	SCT-Vertriebe GmbH, Германия, Гамбург (ТМ - MANNOL)	Снижение шумов и износа приводов заднего моста, рулевых механизмов и автоматических коробок передач	Присадка в трансмиссионное масло, содержащая дисульфид молибдена
Ravenol Mehrzweckfett	Ravensberg Smirschtoffert riebe GmbH, Германия	Для защиты от изнашивания и снижения потерь на трение в шарнирах	Антифрикционная пластичная смазка с дисульфидом молибдена
Renolit FLM 2	Концерн Fuchs, Германия, Мангейм (ТМ - TITAN)	Для любых соединений, особенно работающих при высоких переменных нагрузках и скоростях скольжения	Универсальная пластичная смазка с дисульфидом молибдена

Продолжение таблицы 1.74

Наименование препарата	Производитель страны, регион, ТМ - торговая марка)	Назначение	Примечание (состав, комментарий)
Megaplex XD Grease (NLGI2)	76 Lubricants Co./Unocal 76, США	Для ШРУС, обеспечение высокой несущей способности, сопротивление коррозии и окислению, снижение износа	Универсальная литиевая пластичная смазка с содержанием 3% дисульфида молибдена
MX Synthetic Motor Oil Additive	NV. MARLY SA., Бельгия, Брюссель	Снижение трения, износа, расхода топлива и увеличение мощности всех 4-тактных дизельных и карбюраторных двигателей	Синтетическая добавка в масло. Содержит графит и высококачественные синтетические соединения
Ceramic Engine Protector	Petromark Automotive Chemicals BV, Голландия, (TM- P.M.Xeramic)	Уменьшает шероховатость трещущихся поверхностей, снижает износ деталей двигателя, работает при температуре до 1200°C, увеличивает ресурс	Керамическая антифрикционная добавка к моторному маслу на основе нитрида бора, работающая более 50 тыс. км
ZENOX	NV. MARLY SA., Бельгия, Брюссель	Рекомендуется для всех двигателей в т.ч., оснащенных прямым впрыском, турбонаддувом, катализатором и т.д.	Микрокерамические частицы и поляризованное синтетическое масло. Образуют стойкую защитную пленку. <i>Не использовать в период обкатки</i>

## 2 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

### 2.1 Методы анализа качества нефтепродуктов

В настоящее время используется следующие термины и определения для анализа качества нефтепродуктов:

- 1) Арбитражный анализ** - установление соответствия качества нефтепродукта требованиям нормативных документов, проводимое в независимой лаборатории при возникновении разногласий в оценке качества между потребителем и поставщиком. Независимая лаборатория выбирается по согласованию заинтересованных сторон. При проведении арбитражного анализа могут присутствовать заинтересованные стороны.
- 2) Арбитражная проба** - контрольная проба, используемая для проведения арбитражного анализа.
- 3) Донная проба** - это точечная проба нефтепродукта, отобранная со дна резервуара (емкости транспортного средства) переносным металлическим пробоотборником, который опускается до дна резервуара (емкости). Донная проба в объединенную пробу не включается, а анализируется отдельно.
- 4) Исправление (восстановление) качества нефтепродукта** - доведение показателя качества некондиционного нефтепродукта до требований нормативного документа за счет смешения его с той же маркой кондиционного нефтепродукта, имеющего соответствующий запас качества.
- 5) Контроль точности проведения испытаний нефтепродуктов** - совокупность организационных мероприятий, средств и методов испытаний, средств и методов контроля точности испытаний и объектов контроля, взаимосвязанных единой целью - обеспечение единства измерений и требуемых метрологических характеристик методов испытаний.
- 6) Контрольная проба** - часть точечной или объединенной пробы нефтепродукта, которая используется для выполнения анализа.
- 7) Лабораторный анализ** - оценка соответствия качества контрольной пробы нефтепродукта требованиям нормативного документа, проводимая в условиях лаборатории с использованием стандартных методов испытаний по установленному при аккредитации перечню показателей качества.
- 8) Нефтепродукт** - готовый продукт, полученный при переработке нефти, газового конденсата, углеводородного и химического сырья (синтетический бензин).
- 9) Нефтепродуктообеспечение** - процесс перемещения нефтепродуктов основными видами транспорта (железнодорожный, трубопроводный, автомобильный, речной и морской) от районов производства в районы потребления. Прием, хранение и отпуск нефтепродуктов в

организациях (нефтебазы, склады горюче-смазочных материалов, стационарные и передвижные автозаправочные станции и автозаправочные комплексы) осуществляют в необходимых количествах и ассортименте нефтепродуктов с целью удовлетворения потребительского спроса.

- 10) **Объединенная проба** - проба нефтепродукта, составленная из нескольких точечных проб, отобранных в соответствующем порядке и объединенных в указанном соотношении.
- 11) **Паспорт качества нефтепродукта** - документ, устанавливающий соответствие численных значений показателей качества нефтепродукта, полученных в результате лабораторных испытаний.
- 12) **Показатель качества нефтепродукта** - количественная характеристика одного или нескольких свойств нефтепродукта, определяющих его качество.
- 13) **Приемо-сдаточный анализ** - оценка соответствия качества нефтепродукта по установленному перечню показателей марке и данным, приведенным в паспорте качества поставщика (при приеме) или журнала анализов (при отпуске), а также требованиям нормативного документа на нефтепродукты.
- 14) **Стандартный метод испытания** - метод испытания нефтепродуктов по определению показателя качества, на который дается ссылка в разделе "технические требования" нормативного документа на конкретную марку нефтепродукта. Если метод испытания стандартизован, т.е. на него разработан стандарт вида "Методы испытаний", то в разделе "технические требования" дается ссылка на номер стандарта. Если метод испытания не стандартизован, то в разделе "Методы испытаний" нормативного документа на нефтепродукт приводится полный текст этого метода испытания.
- 15) **Точечная проба** - проба, отобранная за один прием. Она характеризует качество нефтепродукта в одном тарном месте (бочке, бидоне, канистре и др.) или на определенном заданном уровне в резервуаре (транспортном средстве) или в определенный момент времени при отборе из трубопровода.
- 16) **Экспресс-анализ** - оценка качества нефтепродукта, проводимая с использованием экспресс-метода. Данные экспресс-анализа нельзя использовать для предъявления претензии, оформления паспорта качества нефтепродукта или записи в журнал анализов. Если экспресс-анализ показал, что нефтепродукт некондиционный, то эти данные необходимо проверить лабораторными испытаниями.
- 17) **Экспресс метод** - метод испытания, позволяющий с установленной вероятностью за более короткое время, чем стандартный метод, определить показатель качества нефтепродукта и принять решение о необходимости проверки его в лабораторных условиях.

## 2.1.1 Лабораторный анализ

### 2.1.1.1 Физические свойства нефтепродуктов: плотность, молекулярная масса, вязкость, температурные характеристики, давление насыщенных паров

#### 1) Плотность. Методы определения

Плотность принадлежит к числу наиболее распространенных показателей, определяемых для нефтепродуктов [5,6].

*Абсолютная плотность вещества* - это количество массы в единице объема. В системе СИ плотность выражается в кг/м. За единицу плотности принимается масса 1м дистиллированной воды при температуре 4°C.

*Относительная плотность* - это безразмерная величина, отношение массы нефти или нефтепродукта при температуре определения к массе такого же объема дистиллированной воды при 4°C. Так как плотность воды равна единицы, то численные значения относительной и абсолютной плотности совпадают.

*Плотность в API* - специальная функция относительной плотности, где  $API = 141,5 / (\text{относительная плотность}) - 131,5$

Относительную плотность обозначают  $\rho^t$ .

#### Методы определения плотности:

В России стандартизированы 2 метода определения плотности: ареометрический и пикнометрический (ГОСТ 3900-85 - ГОСТ Р 51069).

1. Ареометрический метод: сущность метода заключается в погружении ареометра в испытуемый нефтепродукт, снятии показаний по шкале ареометра при температуре определения и пересчете результатов на плотность при температуре 20°C.

2. Пикнометрический метод: Метод применяется для определения плотности всех нефтепродуктов. Сущность метода в определении относительной плотности нефтепродуктов - отношении массы испытуемого продукта к массе воды, взятой в том же объеме и при той же температуре. Т.к. за единицу массы принимается масса 1 см<sup>3</sup> воды, то плотность, выраженная в г/см<sup>3</sup>, будет численно равна плотности по отношению к воде при 4°C.

В США стандартизирован метод определения плотности жидкых нефтепродуктов ареометром для нефти по ASTM 1298-90; ASTM D 5002 «Стандартный метод определения плотности и относительной плотности сырых нефей цифровым плотномером». Принцип определения плотности основан на измерения частоты осцилляции U-образной трубки. Частотно-резонансный принцип измерения плотности жидкостей - самый точный и быстрый метод на сегодняшний день. При введении анализируемого образца нефти в осцилляционную трубку изменяется частота колебаний, по которой с учетом калибровочных данных определяется плотность.

Приборы для определения плотности:



Прибор для определения плотности ареометрическим методом. Прозрачная баня-термостат. Рабочий диапазон температур: 25...150°C (встроенный охлаждаемый контур). Ареометры BS 718, серия L50 SP, температура градуирования - 15°C. Термометры ASTM



Установка THGL-1298: состоит из 3-х измерительных термостатируемых цилиндров. Позволяет точно при реальных температурах измерять плотность нефтепродуктов, в том числе мазутов при повышенных температурах. Температура измерения: от - 5 до +100°C.



Рисунок 2.1 – Приборы для определения плотности

Автоматический плотномер DM-40. Принцип измерения: регистрация изменений частоты осцилляции U-образной стеклянной трубки. Ввод пробы: ручной с помощью шприца, с помощью насоса или автосэмплера. Диапазон: 0...3 г/см. Дискретность:  $\pm 0.0001$  г/см. Диапазон температур: 0..+ 91°C. Точность поддержания температуры:  $\pm 0.05$ °C

Существуют и другие, исследовательские методы определения плотности. Например,

следующая методика расчета плотности нефтепродуктов различного происхождения. Предлагается параметр, позволяющий на основе минимальной информации косвенно охарактеризовать индивидуальность нефтепродукта, определяемую особенностями его углеводородного состава. Исходной информацией служит его плотность при 20°C и среднеобъемная температура кипения. Полученные результаты позволяют с точностью определять плотность при атмосферном и повышенных давлениях в интервале температур 20...200°C, плотность и давление паров на линии кипения в интервале температур от начала кипения до 300°C.

## 2) Молекулярная масса.

Молекулярная масса нефтепродуктов как смеси дает понятие об относительной молекулярной массе "средней" молекулы из числа молекул, входящих в состав нефтепродукта.

Для определения молекулярной массы нефти и нефтепродуктов используют ряд эмпирических формул.

Формула Воинова для нефтяных фракций парафинового основания:

$$M_{cp}=60+0,31t_{cp}+0,00Ht_{cp}^2 \quad (2.1)$$

$t_{cp}$  - средняя температура кипения нефтепродукта.

Формула Воинова-Эйгенсона для моторных топлив (бензинов, керосинов и т.п.), учитывающая характеристический фактор К:

$$M=(7K-21,5)+(0,76-0,04K)t+(0,0003K-0,00245)t^2 \quad (2.2)$$

К - учитывает влияние химической природы нефей и нефтепродуктов на их физико-химические свойства.

Средняя величина характеристического фактора К:

- для парафиновых нефтепродуктов 12,5-13;
- для нафтеновых и ароматических нефтепродуктов 10-11;
- для продуктов крекинга 10-11;
- для сильно ароматизированных фракций 10.

Разработано устройство для определения среднего молекулярного веса нефтяных фракций методом депрессии паров. Устройство включает в себя систему вакуумирования, термостатирования, ввода в измерительную ячейку двух жидкостей, регистрирующее устройство.

*Экспериментальные методы определения молекулярной массы:*

- Криоскопический* (измерение температуры замерзания растворителя (бензола или нафталина) при добавлении к нему навески нефтепродукта;
- Эмбулиоскопический*;
- Осмометрический*.

## 3) Вязкость. Методы определения

Вязкость является одной из важных физико-химических констант: характеризует внутреннее трение жидкости в условиях эксплуатации, прокачиваемость нефтепродуктов по трубопроводам, поведение масел в механизмах; используется при подсчете запасов нефти, проектировании разработки нефтяных месторождений, выбора способа транспорта и схемы переработки нефти.

Различают *динамическую, кинематическую и условную вязкость*. *Динамическая вязкость*  $\eta$  — это отношение действующего касательного напряжения к градиенту скорости при заданной температуре. Единица измерения динамической вязкости паскаль-секунда — Па·с, на практике используют обычно МПа·с.

Наибольшее распространение при расчетах и контроле качества

нефтепродуктов получила кинематическая вязкость [6].

**Кинематическая вязкость  $\nu$**  - отношение динамической вязкости  $\eta$  жидкости к ее плотности при одной и той же температуре:

$$\nu = \eta / \rho, \quad (2.3)$$

Кинематическая вязкость в системе СИ выражается в м/с или дольная единица  $\text{мм}^2/\text{с}$  (соответствует одному сантостоку:  $1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ). В технических требованиях вязкость чаще всего нормируется при  $50$  и  $100^\circ\text{C}$ , реже при  $20^\circ\text{C}$  для маловязких масел. В отдельных случаях необходимо контролировать вязкость при  $0^\circ\text{C}$  и даже при  $-50^\circ\text{C}$  (для гидротормозных масел АМГ-10 и ГТН).

Для ряда нефтепродуктов значение вязкости нормируется в *условных градусах*, а не в абсолютных величинах. Условной вязкостью называется отношение времени истечения из стандартного вискозиметра 200 мл испытуемого нефтепродукта при температуре испытания ко времени истечения 200 мл дистиллированной воды при  $20^\circ\text{C}$  (вязкость воды при  $20,2^\circ\text{C}$  равна  $1 \text{ МПа}\cdot\text{с}$ ).

Вязкость нефти и нефтепродуктов существенно зависит от температуры. С ее понижением вязкость увеличивается. На вязкостно-температурные свойства нефтепродуктов также оказывает влияние фракционный и углеводородный состав. Наименьшей вязкостью обладают алифатические углеводороды. Наибольшей вязкостью - ароматические (особенно полициклические) соединения.

Для оценки вязкостно-температурных свойств масел применяют следующие показатели:

1. Индекс вязкости ИВ;
2. Температурный коэффициент вязкости ТКВ;
3. Вязкостно-температурный коэффициент ВТК (используется очень редко).

*Индекс вязкости* – это отношение кинематической вязкости нефтепродукта при  $50$  и  $100^\circ\text{C}$ . Он характеризует только пологость вязкостно-температурной кривой при высоких температурах, когда вязкость изменяется уже относительно мало.

В мировой практике для оценки вязкостно-температурных свойств масел используется индекс вязкости Дина и Девиса. Это отношение вязкости исследуемого масла при  $37,8^\circ\text{C}$  ( $100^\circ\text{F}$ ) и  $98,9^\circ\text{C}$  ( $210^\circ\text{F}$ ) к вязкости при этих температурах эталонных масел.

Многие нефти, а также некоторые масла при охлаждении до определенной температуры образуют дисперсные системы в результате кристаллизации или коагуляции части входящих в них компонентов. В этом случае течение жидкости перестает быть пропорциональным приложенной нагрузке, и вязкость таких систем носит название структурной. Для разрушения структуры требуется определенное усилие, которое называется пределом упругости.

*Температурный коэффициент вязкости* характеризует зависимость

вязкости от температуры в интервале от 0 до 100 или от 20 до 100°C. Исходными данными для его расчета являются значения кинематической вязкости при 0, 50 и 100°C. Расчет проводят по формулам:

$$TKB0-100 = (v_0 - v_{100}) : v_{50}, \quad (2.4)$$

Методы определения вязкости жидких нефтепродуктов:

- 1) истечение через капилляр;
- 2) истечение через насадку;
- 3) по усилию вращения внутреннего сосуда;
- 4) по падению шарика в жидкости.

Определение вязкости проводят по ГОСТ 33-2000. Метод устанавливает определение кинематической вязкости нефтепродуктов стеклянным вискозиметром. Сущность метода заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемой жидкости под влиянием внешних силы тяжести (кроме битумов).

Приборы для определения вязкости:



Рисунок 2.2 – Приборы для определения вязкости: CAV 2100 - одна баня, 2 вискозиметра; CAV 2200 - две бани, 1 вискозиметр в каждой.

ГОСТ 33 - 2000 (ИСО 3104-94) Температурный диапазон: 20°C... + 100°C; температурная стабильность -  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ ; глубина бани - 305/457 мм; Плоский экран с подсветкой; защита от перегрева; блокировка работы бани при недостаточном уровне жидкости; встроенный охлаждаемый контур

ГОСТ 33 - 2000 (ИСО 3104-94) Автоматический вискозиметр CAV 2100/2200;

Диапазон вязкости - 0,5 ... 5000  $\text{мм}^2/\text{с}$ ; температурный диапазон: 20°C...+ 150°C температурная стабильность -  $\pm 0,01^\circ\text{C}$  до 100°C,  $\pm 0,03^\circ\text{C}$  выше 100°C; детектор - термисторный сенсор; точность измерения времени - 0,001 с; полный цикл измерения - 8-10 мин; автоматическая мойка и сушка вискозиметров; автосэмплер - 10, 13, 20 или 50 позиций на каждый вискозиметр.

#### 4) Температурные характеристики нефтепродуктов. Методы определения

**Температура кипения:** Нефть и ее фракции - смесь очень большого количества углеводородов и других химических соединений, разделить которую на эти индивидуальные вещества невозможно. Дискретный ряд температур выкипания индивидуальных веществ, из которых состоит нефть,

заменяется при определении фракционного состава нефти монотонной кривой зависимости "истинных" (усредненных температура кипения, от выхода фракций нефти при ее кипении (состав нефти по ИТК). Обычно величиной средней температуры кипения характеризуют не в целом нефть или полученный из нее нефтепродукт, интервал кипения которых составляет сотни градусов, а узкие фракции (условные компоненты), на которые делят весь интервал кипения по кривой ИТК.

В России определение фракционного состава смеси методом атмосферной разгонки проводят по ГОСТ 2177-99 [52], соответствующему ASTM D 86-67. Определяют фракционный состав нефти, автомобильных и авиационных бензинов, авиационных топлив для турбореактивных двигателей, лигроинов, керосина, газойлей, дизельных топлив. Сущность метода состоит в перегонке 100 см<sup>3</sup> испытуемого продукта при условиях установленных стандартом и проведении постоянных наблюдений за показаниями термометра и объемами конденсата.

При перегонке нефти в начале температура воды в холодильнике должна быть 0-5°C. При дальнейшей перегонке нефти при достижении 250°C температуру воды в холодильнике следует поднять до 50°C, добавляя в нее горячую воду.

Установка для дистилляции нефти при атмосферном давлении со встроенным нагревателем бани. Охлаждающая баня подключается к внешнему циркуляционному охладителю. Мощность нагревателя: 1200 Вт.



Рисунок 2.3 – Установка для дистилляции нефти при атмосферном давлении со встроенным нагревателем бани

нефтепродукта в стандартных условиях пары в смеси с воздухом образуют горючую смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени и гаснущую из-за недостатка горючей массы в этой смеси.

Эта температура является характеристикой пожароопасных свойств нефтепродуктов, и на ее основе классифицируют объекты нефтепереработки по категориям пожарной опасности. Нижний предел взрываемости - минимальная концентрация паров горючего вещества в воздухе, при которой избыток воздуха, поглощая выделяющееся горючего тепло, не позволяет развиваться реакции горения. Верхний предел взрываемости - максимальная концентрация паров горючего в воздухе, при которой недостаток кислорода

не позволяет развиваться реакции горения.

**Температура воспламенения** - минимально допустимая температура, при которой смесь паров нефтепродукта с воздухом над его поверхностью при поднесении пламени и не гаснет в течение определенного времени.

**Температура самовоспламенения** - температура, при которой соприкосновение нефтепродукта с воздухом вызывает его воспламенение и устойчивое горение без поднесения источника огня. Самовоспламенение имеет место при нарушении герметичности аппаратов и трубопроводов, заполненных горючим продуктом с  $T$  выше температуры воспламенения. Наиболее легко самовоспламеняются ( $T > 300^{\circ}\text{C}$ ) мазуты и гудроны. Керосины и бензины самовоспламеняются при более высоких температурах.

В России стандартизированы методы определения  $T_{\text{всп}}$  и воспламенения в аппарате закрытого типа ГОСТ 6356-75 [53] и в аппарате открытого типа ГОСТ 4333-2014 [54].  $T_{\text{всп}}$  в аппарате закрытого типа определяется для котельных топлив и смазочных масел. Моментом вспышки считают появление синего пламени над всей поверхностью цилиндра. Этому ГОСТу соответствует ASTM D 93-90.  $T_{\text{всп}}$  и воспламенения в аппарате открытого типа определяется для всех нефтепродуктов, кроме котельных топлив и нефтепродуктов с  $T_{\text{всп}}$  ниже  $79^{\circ}\text{C}$ , ему соответствует ASTM D 92-90.

Сущность метода состоит в нагревании пробы нефтепродукта в открытом тигле с установленной скоростью до тех пор, пока не произойдет

вспышка паров над его поверхностью от зажигательного устройства и пока при его дальнейшем нагревании не произойдет возгорание продукта, с продолжительностью горения не менее 5 сек.

Разработан прибор для автоматического определения  $T_{\text{всп}}$  в закрытом тигле, работающий в режиме экспресс и автомат. Диапазон измерения  $T_{\text{всп}}$   $12\ldots370^{\circ}\text{C}$ . По окончании анализа выдается звуковой сигнал; результат анализа выводится на индикацию и запоминается.

Автоматический анализатор температуры вспышки в закрытом тигле: диапазон измерения от  $+40$  до  $+360^{\circ}\text{C}$ ; автоматическая коррекции барометрического давления; выбор между электрическим и газовым поджигом; защита от перегрева, автоматическое отключение.



Рисунок 2.4 –

Автоматический анализатор температуры вспышки в закрытом тигле

**Температура помутнения** -

максимальная температура, при которой в проходящем свете топливо меняет прозрачность (мутнеет) в сравнении с арбитражным (параллельным) образцом (для нефлей, дизельных и котельных топлив).



Рисунок 2.5 – Анализатор определения температуры помутнения и текучести ISL CPP 5Gs

кроме электропитания. Представляет собой полностью автоматическую систему и состоит из: детекторной головки температуры застывания, тестовой емкости температуры застывания, пробковых колец/ дисков, детекторной головки температуры помутнения, тестовой емкости температуры помутнения, детекторной головки температуры помутнения с металлическим датчиком.

**Предельная температура фильтруемости** - температура, при которой прохождение топлива через фильтр прекращается. Образец испытуемого топлива при постепенном охлаждении и фиксации температуры через 1°C просасывают под вакуумом (остаточное давление 1,96 кПа) через стандартный фильтр.

Сущность метода (ГОСТ 22254-92 [55]) заключается в постепенном охлаждении с интервалом в 1°C пробы испытуемого топлива в определенных стандартных условиях и протекании пробы через стандартизованную проволочную фильтровальную сетку при контролируемом вакууме 20 мбар.



Рисунок 2.6 – Анализатор предельной температуры фильтруемости FPP 5Gs испытуемого топлива

Метод по ASTM D 2500, ASTM D 5771. Сущность метода заключается в охлаждении пробы топлива с заданной в методе скоростью и периодической проверке прозрачности пробы. Температура, при которой на дне испытательной пробирки впервые наблюдается появление муты, определяется как температура помутнения пробы.

Компактный аппарат нового поколения, имеет встроенную систему охлаждения, позволяет обеспечить уникальное охлаждение испытательной ячейки ниже -105°C без использования каких-либо внешних подключений,

Протекание пробы через фильтр тестируют после каждого снижения температуры на 1°C. Испытание продолжают до тех пор, пока кристаллы парафина, выделившиеся из раствора и остающиеся на фильтре в процессе фильтрования, прекратят или замедлят протекание пробы топлива до такой степени, что время заполнения пипетки до метки превысит 60 с или топливо перестанет полностью стекать обратно в испытательный сосуд.

Предельную температуру фильтруемости определяют как самую высокую температуру, при которой пробы испытуемого топлива перестает протекать через стандартизованную

проволочную фильтровальную сетку при стандартизованных условиях [6]. ГОСТ 22254, EN 116, IP 309. Анализатор предельной температуры фильтруемости FPP 5Gs; встроенная система охлаждения; диапазон температур – от минус 95°C до + 35°C. Выполнение теста: загрузка образца и нажатие кнопки ИК-детектирование. Измерение температуры: датчик Pt100 с точностью 0,1°C; вакуум, контролируемый электроникой; охлаждение – линейное и пошаговое; память – 50 измерений.

**Температура начала кристаллизации:** так же как и температура помутнения, температура начала кристаллизации характеризует предельную температуру фильтрации топлива, т. е. нормальную работу фильтров тонкой очистки топлива в системе подачи его в двигатель (для карбюраторных и реактивных топлив).

**Температура застывания** – температура, при которой нефтепродукт в стандартных условиях теряет подвижность. За температуру застывания принимают условно ту температуру, при которой налитый в пробирку стандартных размеров нефтепродукт при охлаждении застывает настолько, что при наклоне ее на 45° уровень жидкости остается неподвижным в течение 1 мин.

Предел подвижности (текучести) – это та температура, при которой продукт еще сохраняет подвижность и может вытекать из сосуда стандартной формы. Температура застывания и текучести определяется по ГОСТ 20287-91[56] для нефтяного масла любого вида и соответствует ASTM D 97-87.

#### **Метод А. Определение температуры текучести.**

В пробирку наливают светлое масло до уровня. Вставляют пробирку в муфту. Температуру в охлаждающей бане поддерживают от -1 до +2°C. Устанавливают муфту с пробиркой в охлаждающую смесь. Начиная с температуры на 9° выше предполагаемой  $T_{тек}$  через каждые 3° проверяют подвижность масла. Испытание продолжают до того момента, при котором масло не течет, если сосуд находится в горизонтальном положении.

#### **Метод Б. Определение температуры застывания.**

Пробирку с продуктом и термометром укрепляют в муфте, помещают в сосуд с охлаждающей смесью. При достижении предполагаемой температуры застывания пробирку наклоняют под углом 45° и, не вынимая ее из охлаждающей смеси, держат так в течение 1 мин. Вынимают пробирку с муфтой из бани и смотрят не сместился ли мениск. Если мениск сместился, то испытание повторяют при температуре ниже предыдущей на 4°C.

**Температура плавления** – характеризует свойства твердых кристаллических нефтепродуктов – парафинов, церезинов и восков, а также определяет температуру фазового перехода, из твердого состояния в жидкое.

**Температура хрупкости** – характеризует низкотемпературные свойства гудронов и битумов, т. е. склонность их к растрескиванию и ломке при низких температурах.

**Температура полного растворения в анилине ("анилиновая точка")** – минимальную температуру при которой равные объемы анилина и

испытуемого нефтепродукта полностью растворяются, превращаясь в гомогенный раствор.

**Температура точки росы ("точка росы")** - температура, при которой в газе образуется капельная влага. Характеризует влагосодержание природных и других газов. Углеводородные и другие газы почти всегда подвергают осушке и мерой глубины такой осушки является точка росы.

## 5) Давление насыщенных паров

Давление насыщенных паров (ДНП) - это давление паров, находящихся в равновесии с жидкой фазой при определенных соотношениях объемов жидкой и паровой фаз при данной температуре. ДНП нефти и нефтепродуктов характеризует их испаряемость, наличие в них легких компонентов, растворенных газов (при работе двигателя на таком бензине создаются газовые пробки, что нежелательно)

ДНП увеличивается с ростом температуры. Давление насыщенных паров определяют в специальных приборах-бомбах, снабженных манометром и термометром (ГОСТ 1756, ASTM D 323 (A), ISO 3007 (A)). Легкие углеводородные вещества отпариваются в специальных стабилизационных колоннах для получения бензина высокого качества.

Сущность метода заключается в следующем. Жидкостную камеру аппарата наполняют охлажденной пробой испытуемого продукта и соединяют к воздушной камере при температуре 37,8°C. Аппарат, погружают в баню с температурой  $(37,8 \pm 0,1)^\circ\text{C}$  и периодически встряхивают до достижения постоянного давления, которое показывает манометр, соединенный с аппаратом. Показание манометра, скорректированное на барометрическое давление, принимают за давление насыщенных паров по Рейду.

Определение давления паров методом расширения (ГОСТ Р 52340 - 2005 [57] ASTM D 6377): Пробу необходимого объема отбирают из системы отбора под давлением (цилиндр с плавающим поршнем) и вводят в измерительную камеру с внутренним подвижным поршнем. После герметизации объем камеры увеличивается за счет перемещения поршня до конечного объема, соответствующего соотношению объемов паровой и жидкой фаз 4:1. Затем регулируют температуру измерительной камеры до 37,8°C. В процессе измерения испытуемую пробу перемешивают встряхиванием для достижения равновесия. После достижения равновесия температуры и давления измеряют давление паров.

## 6) Детонационная стойкость и октановое число бензинов

**Детонационная стойкость (ДС)** - способность бензина сгорать в двигателе внутреннего сгорания с воспламенением от искры без детонации. Детонационная стойкость зависит от химического состава. Наиболее стойки к детонации ароматические и изопарафиновые углеводородные вещества (УВ). Склонны к детонации - н-парафины. Оценка детонационной стойкости

проводится в стандартном одноцилиндровом двигателе (УИТ-65). Сущность определения заключается в подборе смеси эталонных углеводородов, которая при данной степени сжатия в двигателе (УИТ-65) сгорает с такой же степенью детонации, что и испытуемый бензин.

Мера детонационной стойкости - *октановое число*. Эталонные углеводороды: изооктан (2,2,4-триметилпентан) - октановое число = 100 и н-гептан октановое число = 0. Октановое число (ОЧ) - процентное содержание изооктана в эталонной смеси. Октановое число бензинов выше 100 определяют сравнением их детонационной стойкости с изооктаном, в который добавлена антидетонационная присадка - тетраэтилсвинец. Определение октанового числа осуществляется на одноцилиндровых установках двумя методами: моторным (по ГОСТ 511-2015 [58]) и исследовательским (по ГОСТ 8226-2015 [59]). Испытания по моторному методу проводятся при более напряженном режиме работы одноцилиндровой установки, чем по исследовательскому. Октановое число, полученное моторным методом, в большей степени характеризует детонационную стойкость топлива при работе двигателя в условиях повышенного теплового форсированного режима, а октановое число, полученное исследовательским методом, больше характеризует бензин при работе двигателя на частичных нагрузках. Разницу между октановыми числами бензина, определенными указанными методами, называют чувствительностью бензина к детонации. Для двигателей с воспламенением от искры ориентировочно можно принять следующую взаимосвязь допустимой степени сжатия и необходимого октанового числа топлива:

<b>Степень сжатия</b>	6,5...7,5	7,5..8,5	8,5...10,0	10,0...12,0
<b>Октановое число</b>	64...74	74...80	80...90	90...100

При одинаковом октановом числе топлива допустимая степень сжатия карбюраторного двигателя выбирается по нижнему пределу, а для двигателя с впрыском бензина во впускную трубу можно использовать более высокие значения степени сжатия. При использовании наддува необходимо применять топливо с повышенным октановым числом.

Детонационная стойкость углеводородов: Н-алканы < изоалканы < циклоалканы < олефины < ароматические углеводороды. Детонационная стойкость снижается с увеличением молекулярной массы алканов. Детонационная стойкость увеличивается с расветвленностью алканов, алkenов. Детонационная стойкость алkenов с симметричным расположением двойных связей выше. Повышается детонационная стойкость при добавлении антидетонаторов ТМС, ТЭС (тетраэтил и тетраметисвинец). В последние годы появилось новое требование к детонационной стойкости бензинов, т.е. равномерное распределение октановых чисел по фракциям. Обычно октановое число (ОЧ) низкокипящих фракций ниже, чем ОЧ бензина в целом (например, у бензина каталитического риформинга). При резком разгоне двигателя (резкое открытие дроссельной заслонки

карбюратора) рабочая смесь обогащается легкоиспаряющимися низкооктановыми фракциями, и появляется большая вероятность детонации.

За рубежом широко распространена методика, заключающаяся в отгоне фракции бензина, выкипающей до 100°C (головная фракция), и определение её октанового числа.

В нашей стране в качестве межведомственного испытания принят следующий метод оценки распределения детонационной стойкости бензина по фракциям: в лабораторных условиях бензин разгоняют на две фракции. Первая - низкокипящая до 100°C и вторая - высококипящая выше 100°C. Для этих фракций определяют октановое число исследовательским методом. Затем вычисляют коэффициент распределения детонационной стойкости по фракциям.

## 7) Определение цетанового числа дизельных топлив

Воспламеняемость дизельного топлива характеризует способность дизельного топлива к самовоспламенению в среде воздуха, разогретого от адиабатического сжатия в цилиндре двигателя. Мерой воспламеняемости дизельного топлива является цетановое число (ЦЧ). ЦЧ - показатель воспламеняемости дизельного топлива, численно равный процентному содержанию цетана в смеси с а-метилнафталином, которая по самовоспламеняемости в стандартном двигателе (ИТ9-3М) эквивалентна испытуемому топливу.

Эталонная смесь: цетан (н-гексадекан) ЦЧ= 100 (Малый период задержки воспламенения ПЗВ); а-метилнафталин ЦЧ= 0 (Большой период задержки воспламенения ПЗВ).

Оптимальным цетановым числом является величина 40... 50 ( $40 < \text{ЦЧ} < 50$ ). Применение топлива с цетановым числом меньше 40 приводит к увеличению периода задержки самовоспламенения и повышенной жесткости работы двигателя. При цетановом числе более 50 увеличивается удельный расход топлива за счет уменьшения полноты сгорания топлива и повышается дымность отработавших газов.

Европейским стандартом на дизельное топливо установлен нижний предел цетанового числа - 48 единиц. По новым стандартам не менее 51 единиц. Цетановое число зависит от фракционного и химического состава: н-алканы > олефины > изо-алканы > ароматические углеводороды.

Высококипящие фракции обладают большим значением цетанового числа, чем низкокипящие фракции. Требования к топливам для дизельных и карбюраторных двигателей в большинстве случаев противоположны: топлива с высокой детонационной стойкостью обладают худшей воспламеняемостью ЦЧ = 60 – 0,5 ОЧ.

Присадки, улучшающие воспламеняемость топлив, повышающие цетановое число: алкилнитраты (изопропилнитраты, амилнитраты, циклогексилнитраты и их смеси).

Для характеристики воспламенения дизельного топлива наряду с цетановым числом используют дизельный индекс (ДИ). Этот показатель

нормируется за рубежом и в отечественной технической документации на дизельное топливо, поставляемое на экспорт.

Между дизельным индексом и цетановым числом топлива существует зависимость:

ЦЧ 30 .....	35 .....	40 .....	45 .....	55 .....	60 .....	80
ДИ 20 .....	30 .....	40 .....	50 .....	62 .....	70 .....	80

Цетановое число определяется разными методами: по совпадению вспышек, по запаздыванию самовоспламенения, по критической степени сжатия. В нашей стране цетановое число определяют по методу совпадения вспышек на установке ИТ9-3М.

Испытания проводят следующим образом. Запускают двигатель установки и задают ему стандартный режим работы. Потом переводят двигатель на испытуемое топливо. Угол определения впрыска устанавливают равным  $13^{\circ}$  до прихода поршня в ВМТ. Затем изменением степени сжатия добиваются начала самовоспламенения топлива строго в ВМТ. После этого в тех же условиях переводят двигатель на смесь цетана с  $\alpha$ -метилнафталином, подбирая такой состав, чтобы она при найденной степени сжатия также воспламенялась в ВМТ. Тогда процентное содержание цетана в этой смеси и даст цетановое число испытуемого топлива.

Цетановое число можно приблизительно рассчитать по некоторым формулам.

Исходя, из углеводородного состава цетановое число определяется по выражению:

$$\text{ЦЧ} = 0,85\text{П} + 0,1\text{Н} - 0,2\text{А}, \quad (2.5)$$

где П, Н и А - содержание в дизельном топливе соответственно парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов, % по массе.

## 8) Коррозионная активность нефтепродуктов

Коррозионная активность нефтепродуктов обусловлена наличием неуглеводородных примесей. Коррозионная активность оценивается:

1. Кислотностью;
2. Общим содержанием серы;
3. Содержание меркаптановой серы ( $< 0.01\%$ ).

### Методы определения:

- испытанием на медной пластинке (ГОСТ 6321, ASTM D 130, EN ISO 2160). Сущность метода заключается в выдерживании отполированной медной пластинки в испытуемом топливе при повышенной температуре в течение заданного времени. По окончании испытания медная пластинка промывается и её внешний вид (цвет, наличие или отсутствие пятен, налёта) сравнивается с эталонами для определения степени коррозии.



Рисунок 2.7 Аппарат СС-FA6 для определения коррозионного воздействия нефтепродуктов на медную пластинку.

## **9) Определение серы в нефтепродуктах**

Определение содержания серы (ГОСТ Р 51947 -2002 [60] ASTM D 4294 - ISO 8754): стандартный метод определения серы в нефти и нефтепродуктах методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии. Анализируемую пробу нефти помещают в пучок лучей, испускаемых источником рентгеновского излучения. Измеряют характеристики энергии возбуждения от рентгеновского излучения и сравнивают сигнал, полученный от счетчика импульсов с сигналами счетчика, полученными при испытании заранее подготовленных калибровочных образцов.

## **10) Определение содержания воды и механических примесей**

Вода относится к минеральным примесям нефти наряду с золой, песком и т.д. Сырая нефть - сырье с содержанием воды до 200...300 кг/т. Вода, как правило, плохо растворяется в нефти, но образует с ней при механическом перемешивании нефтяные эмульсии. Стойкость эмульсий в большей мере зависит от размеров капель воды, которая в нефтяных эмульсиях обычно является дисперсной фазой. Капли размером в несколько десятков микрометров легко соединяются между собой, что позволяет отделять воду отстаиванием. Однако капли размером меньше 1 мкм образуют стойкие эмульсии, особенно под влиянием эмульгаторов и поэтому полное удаление воды достигается только на установке деэмульгирования и обезвоживания нефти.

Вода является нежелательной примесью и по техническим нормам не допускается в нефтепродуктах. При охлаждении образует кристаллы льда, которые забивают топливные фильтры; при разогреве нефтепродуктов образуется пар, увеличивается давление в трубопроводе, что ведет к их разрыву.

Содержание воды в масле усиливает его склонность к окислению, а также ускоряет процесс коррозии металлических деталей.

Присутствия в карбюраторных топливах, вода снижает их теплотворную способность. Засоряет карбюратор, вызывает закупорку распыляющих форсунок. Т.о., наличие воды усложняет переработку нефти и вредно сказывается на эксплуатационных свойствах нефтепродуктов.

Качественный метод определения воды для темных нефтепродуктов - проба на потрескивание: продукт нагревают в пробирке до 150<sup>0</sup>С в масляной бане. Если наблюдается потрескивание, вспенивание, вздрагивание продукта, то это указывает на наличие воды в нефтепродукте.

**Количественный метод определения воды в нефтепродукте** - метод Дина и Старка (ГОСТ Р 51946 -2002 [61], ГОСТ 2477 -2014 [62], ASTM D 96).

Метод основан на дистилляции смеси воды, содержащейся в пробе, и органического растворителя, не смешивающегося с водой. Дистиллят собирают в калиброванный приемник и измеряют объем перегнанной воды.

**Механические примеси** состоят из мелкого песка, частиц глины, различных солей. Они находятся в нефти и нефтепродуктах во взвешенном

состоянии и чем больше их дисперсность, тем труднее примеси отделяются при отстаивании. Особенно стойко удерживаются мелкие кристаллики солей. Во время переработки нефти механические примеси оседают на стенках аппаратуры и снижают ее теплопроводность. В остаточные нефтепродукты механические примеси могут переходить из нефти в виде различных минеральных солей и окислов, а в маслах адсорбционной очистки иногда содержатся мельчайшие частицы отбеливающей глины. Кроме того механические примеси появляются в маслах в результате их небрежного хранения в грязной таре, попадания пыли, песка и так далее. Присутствие механических примесей в моторных топливах и в смазочных маслах (без присадок) по техническим нормам не допустимо, так как они засоряют топливоподающую систему и могут вызвать абразивный износ трущихся поверхностей

Содержание механических примесей в нефтепродуктах определяют весовым методом.

**Метод определения механических примесей** (ГОСТ 6370-83 [63]). Сущность метода заключается в фильтровании испытуемых продуктов с предварительным растворением медленно фильтрующихся продуктов в бензине или толуоле, промывании осадка на фильтре растворителем с последующим высушиванием и взвешиванием.

## 2.1.2 Экспресс – анализ нефтепродуктов

### 2.1.2.1 Переносные лаборатории для экспресс – анализа

Чтобы провести экспресс-анализ можно, при наличии, использовать переносные лаборатории для отбора проб и оперативного проведения приемо-сдаточного анализа топлива стандартными и экспресс-методами. Результаты анализов позволяют с высокой точностью оценить качество топлива, в условиях, когда анализ в стационарных лабораториях невозможен. Лабораторный комплект позволяет определить основные показатели качества нефтепродуктов (таблица 2.1).

**Таблица 2.1 - Технические возможности лаборатории для анализа нефтепродуктов лабораторного комплекта 2М6, 2М7**

№	Наименование показателей качества	Метод испытания	Авто бензин	Диз топливо	Авиа керосин	Масла	Спец. жидкости
1	Определение октанового числа автомобильных бензинов по моторному и исследовательскому методу	методика Института химии нефти СО РАН	+	-	-	-	-

Продолжения таблицы 2.1

№	Наименование показателей качества	Метод испытания	Авто бензин	Диз топливо	Авиа керо син	Мас ла	Спец. жидкости
2	Определение цетанового числа дизельных топлив	методика Института химии нефти, СО РАН	-	+	-	-	-
3	Содержание антидетонационных присадок, повышающих октановое число в бензинах	анализатор SX-300	+	-	-	-	-
4	Содержание керосина в дизтопливе	анализатор SX-300	-	+	-	-	-
5	Индукционный период бензина (устойчивость к окислению).	анализатор SX-300. Соответствие ГОСТ 4039-88 (ASTM D 525)	+	-	-	-	-
6	Тангенс угла потерь трансформаторных, индустриальных и моторных масел (также с октанометром SX-200)	анализатор SX-200 и SX-300	-	-	-	+	-
7	Степень чистоты (очистки) масел: моторных, индустриальных, трансформаторных	анализатор SX-300	-	-	-	+	-
8	Фирма-производитель (марка) моторного масла	анализатор SX-300	-	-	-	+	-
9	Щелочное число моторных масел	анализатор SX-300	-	-	-	+	-
10	Диэлектрическая проницаемость нефтепродуктов (также с октанометром SX-200)	анализатор SX-300	+	+	+	+	-
11	Удельное объемное сопротивление нефтепродуктов	анализатор SX-300	+	+	+	+	-
12	Определения содержания механических примесей в нефтепродуктах	анализатор SX-300	+	+	+	+	-

Продолжения таблицы 2.1

№	Наименование показателей качества	Метод испытания	Авто бензин	Диз топливо	Авиакеросин	Масла	Спец. жидкости
13	Процентное содержание воды в нефти и нефтепродуктах.	анализатор SX-300. Согласно ГОСТ 14203-69	+	+	+	+	-
14	Определение содержания железа (ферроцена) в бензинах (комплект 2М7)	методика М 32.137 - 96 25 ГосНИИ МО РФ	+	-	-	-	-
15	Определение содержания свинца в бензинах	методика М 32.137 - 96 25 ГосНИИ МО РФ	+	-	-	-	-
16	Определение плотности нефтепродуктов	ГОСТ 3900 - 85	+	+	+	+	+
17	Определение содержания механических примесей и воды	по пункту 4.4 ГОСТ 2084 - 77	+	-	+	-	-
18	Определение цвета автобензинов	визуально	+	-	-	-	-
19	Определение содержания тяжелых углеводородов	по пункту 4.7 ГОСТ 2084 - 77	+	-	-	-	-
20	Определение содержания смол в автомобильном бензине	методика 25 ГосНИИ МО РФ	+	-	-	-	-
21	Определение состава и температуры замерзания охлаждающей жидкости по ее плотности.	Инструкция обра-щения с охлаждающим и жидкостями	-	-	-	-	+
22	Отбор проб нефтепродуктов	ГОСТ 2517 - 85	+	+	+	+	+
23	Количественное определение воды в резервуаре (автоцистерне, ж.д. цистерне).	ГОСТ 2517 - 85	+	+	+	-	+

Продолжения таблицы 2.1

№	Наименование показателей качества	Метод испытания	Авто бензин	Диз топлив о	Авиа керосин	Масл а	Спец. жидкости
24	Отбор донной пробы нефтепродуктов из резервуаров и определение наличия отстойной воды и механических примесей	ГОСТ 2517 - 85	+	+	+	+	-
25	Определение содержания воды в противокристаллизационных присадках	ГОСТ 8313-88	-	-	-	-	+
26	Определение содержания противокристаллизационных жидкостей (ПВК) в топливах для реактивных двигателей	Методика АО «Сорбполимер» сог. С нач. УГСМ 22.06.88 г.	-	-	+	-	-
27	Определение содержания нерастворенной воды	Методика АО «Сорбполимер»	+	+	+	-	-
28	Определение содержания суммарной воды (количественный метод)	Методика АО «Сорбполимер»	+	+	+	-	-
29	Определение плотности кислотного электролита	ГОСТ 3900-85	-	-	-	-	+
30	Определения содержания моющих присадок в бензинах	Методика 25 ГосНИИ МО РФ	+	-	-	-	-
31	Определение содержания водорастворимых кислот и щелочей в светлых нефтепродуктах	Методика 25 ГосНИИ МО РФ	+	+	+	-	-

Таблица 2.2 - Комплектация лаборатории для анализа нефтепродуктов лабораторного комплекта 2М6, 2М7

№	Наименование оборудования	Ед. измерения	Количество
1.	Октанометр SX-100М	комплект	1
2.	Пробоотборник по ГОСТ 2517-85	комплект	1
3.	Ареометр АНТ-2 0,670-0,750 ГОСТ 18481-81	шт.	1
4.	Ареометр АНТ-2 0,750-0,830 ГОСТ 18481-81	шт.	1
5.	Ареометр АНТ-2 0,830-0,910 ГОСТ 18481-81	шт.	1
6.	Запасная батарея питания	шт.	4
7.	Пластиковый мерный цилиндр 100 мл с носиком (объемная шкала)	шт.	1
8.	Пластиковый мерный цилиндр 250 мл с носиком (объемная шкала)	шт.	1
9.	Ареометр АОН-1 1,060-1,120 ГОСТ 18481-81	шт.	1
10.	Ареометр АОН-1 1,240-1,300 ГОСТ 18481-81	шт.	1
11.	Ареометр АОН-1 1,360-1,420 ГОСТ 18481-81	шт.	1
11.	Пластиковый стакан со шкалой 100 мл	шт.	1
12.	Паста водочувствительная	гр.	50
13.	Чаша выпарительная № 1	шт.	1
14.	Трубки индикаторные ИТ-СФ для определения содержания ферроцена в бензине (комплект 2М7)	шт.	10
15.	Трубки индикаторные ИТ-ТЭС для определения содержания свинца (тетроэтилсвинец) в бензинах	шт.	10
16.	Трубки индикаторные ИТ-ВКЩ для определения содержания моющих присадок в бензинах, водорастворимых кислот и щелочей в светлых нефтепродуктах	шт.	10
17.	Трубки индикаторные ИТ-ПВК для определения содержания противокристаллизационных жидкостей в топливах для реактивных двигателей	шт.	10
18.	Трубки индикаторные ИТ-СВ-10 для определения содержания суммарной воды в моторных топливах	шт.	10
19.	Трубки индикаторные ИТ-РВ-50 для определения содержания растворенной воды в противокристаллизационных присадках, спиртах, альдегидах и кетонах	шт.	10
20.	Трубки индикаторные ИТ-НВ-15 для определения содержания нерастворенной воды в моторных топливах	шт.	10

Продолжения таблицы 2.2

№	Наименование оборудования	Ед. измерения	Количество
21.	Пластиковая пипетка с делениями 2-1-2-2	шт.	1
22.	Шприц медицинский с трубкой	комплект	4
23.	Футляр (кейс фирмы EMINENT)	комплект	1
24.	Документация для лабораторного комплекта	комплект	1
25.	Линейка	шт.	1
26.	Бумага по ГОСТ 597-78	комплект	1
27.	Карандаш	шт.	1
28.	Пластилин	гр.	10
29.	Фильтровальная бумага	комплект	1
30.	Уплотнитель для индикаторных трубок	шт.	1
31.	Спринцовка резиновая с мягким наконечником	шт.	1
32.	Калькулятор фирмы CITIZEN	шт.	1

**Таблица 2.3 - Документация лаборатории для анализа нефтепродуктов лабораторного комплекта 2М6, 2М7**

№ п/п	Наименование документа
1	ГОСТ 2084-77 Бензины автомобильные. Технические условия.
2	ГОСТ Р 51105-97 Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия.
3	ТУ 38.001165-97 Бензины автомобильные экспортные. Технические условия.
4	ГОСТ 305-82 Топлива дизельные. Технические условия.
5	ГОСТ 10227-86 Топлива для реактивных двигателей. Технические условия.
6	ГОСТ 2517-85 Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.
7	ГОСТ 3900-85 Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности.
8	ГОСТ Р 51069-97 Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром.
9	ГОСТ Р 51866-2002 Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия.
10	Методика определения состава и температуры замерзания охлаждающей жидкости.
11	Методика экспрессного определения наличия тяжёлых углеводородов в бензинах.
12	Методика определения содержания смол в автомобильных бензинах.
13	Методика определения содержания свинца в бензинах. Паспорт индикаторную трубку ИТ-ТЭС.
14	Методика определения содержания суммарной воды в моторных топливах. Паспорт на индикаторную трубку ИТ-СВ-10.
15	Методика определения содержания нерастворенной воды в моторных топливах. Паспорт на индикаторную трубку ИТ-НВ-15.
16	Методика определения содержания железа в бензинах. Паспорт на индикаторную трубку ИТ-СФ (ферроцен). (комплект 2М7)

№ п/п	Наименование документа
17	Методика определения противокристаллизационных жидкостей (ПВК) в топливах для реактивных двигателей индикаторно-адсорбционным методом. Паспорт на индикаторную трубку ИТ-ПВК.
18	Методика определения водорастворимых кислот и щелочей в светлых нефтепродуктах ИТ-ВКЩ. Паспорт на индикаторную трубку ИТ-ВКЩ.
19	Методика определения содержания воды в противокристаллизационных присадках. Паспорт на индикаторную трубку ИТ-СВ-50.
20	Практические рекомендации по определению плотности горючего.
21	Руководство пользователя для Октанометра.
22	Методика определения содержания моющих присадок в бензинах.
23	Паспорт на Октанометр.
24	Паспорт на пробоотборник.
25	Схема укладки лабораторного комплекта.
26	Технические возможности лабораторного комплекта.

### 2.1.2.2 Современные способы оценки и исправления качества нефтепродуктов

Выпускаемые в настоящее время топливо-смазочные материалы характеризуются общими техническими требованиями, включающими целый ряд показателей, характеризующих их качество. Методы оценки каждого показателя регламентированы отечественными или государственными или международными стандартами. В этих стандартах содержится и средства оценки показателей. С учетом тенденций развития техники, топливо-смазочных материалов меняются методы и средства для оценки их качества.

Идеальный вариант для оценки качества нефтепродуктов, это проверка всех регламентированных показателей и в случае не соответствия хотя бы одного показателя выбраковка данного топливо-смазочного материала.

На практике очень часто возникают проблемы по оценке качества нефтепродуктов простейшими или экспресс-методами и проблемы исправления качества некоторых показателей.

Рассмотрим решение этих проблем для отдельных видов топлив и смазочных материалов.

### 2.1.2.3 Моторные топлива

Экспресс-оценку автомобильных бензинов проводят по внешним признакам.

В бензинах, согласно стандартам, не должно быть механических примесей и воды, они должны быть бесцветны. Только этилированные бензины, содержащие в качестве антидетонационной присадки тетраэтилсвинец, специально окрашивают, так как тетраэтилсвинец, находящийся в этилированных бензинах ядовит (в настоящее время

применение этилированных бензинов запрещено). Иногда неэтилированные бензины обладают желтым цветом, вызванным наличием в них смолистых веществ (иногда это вызывается долгим хранением бензина).

**Прозрачность.** В соответствии с ГОСТом прозрачность топлив определяется в стеклянном цилиндре. Топливо, налитое в цилиндр, должно быть совершенно прозрачным и не должно содержать взвешенных и осевших на дно цилиндра посторонних примесей, в том числе и воды.

Мутность топлива при комнатной температуре вызывается обычно наличием в нем воды в виде эмульсии или механических примесей. Такое топливо перед применением необходимо подвергнуть отстаиванию и фильтрации. Топливо должно быть совершенно прозрачным. Наличие воды в бензине особенно опасно в зимнее время, когда образующиеся кристаллы льда нарушают дозировку топлива и могут вызвать полное прекращение его подачи. Кроме того, в присутствии воды увеличивается коррозионное действие топлива, усиливаются процессы окисления.

**Механические примеси.** Механические примеси могут попасть в топливо при использовании грязной и неисправной тары, а также загрязненного заправочного оборудования. Применение топлива, содержащего механические примеси, вызывает засорение топливной дозирующей аппаратуры, износ топливной аппаратуры, а при попадании в цилиндры двигателя износ цилиндро-поршневой группы.

В бензинах присутствие даже мельчайших механических примесей не допускается. В условиях лаборатории убедиться в их отсутствии можно путем осмотра испытуемого образца непосредственно в той стеклянной емкости, в которой он находится.

**Определение водорастворимых кислот и щелочей** проводят с помощью индикаторов (качественный метод:)

- пробу бензина (10 мл) наливают в делительную воронку, тщательно перемешивают взбалтыванием, затем добавляют такое же количество дистиллированной воды и повторно взбалтывают смесь в течение 5 мин;
- дают смеси отстояться, после чего водный слой, находящийся внизу делительной воронки, сливают через кран в две пробирки из бесцветного стекла;
- в одну пробирку добавляют 1...2 капли 0,02-процентного водного раствора метилоранжа. При наличии в бензине минеральных кислот водный раствор (вытяжка) в пробирке окрасится в розовый цвет, а при отсутствии кислот цвет водной вытяжки будет желто-оранжевым;
- в другую пробирку добавляют 1...2 капли 1-процентного спиртового раствора фенолфталеина. При наличии в бензине щелочей водный раствор (вытяжка) в пробирке окрасится в малиновый цвет, а при отсутствии щелочей водная вытяжка останется бесцветной или слегка побелеет.

*Оценка результатов испытания.*

Бензин может быть допущен только при неизменяющейся окраске его водной вытяжки, что будет свидетельствовать о полном отсутствии в нем водорастворимых кислот и щелочей.

Таблица 2.4 – Окраска индикаторов в различных водных средах

Среда	Метилоранж	Фенолфталеин
Щелочная	Желтая	Фиолетовая
Нейтральная	Оранжевая	Бесцветная
Кислая	Красная	Бесцветная

**Плотность и вязкость бензина** — регламентированные параметры его качества. Применение бензина со значительно пониженной плотностью может привести к повышению его уровня в поплавковой камере карбюратора и самопроизвольному вытеканию из распылителя.

Плотность бензина определяют ареометром, гидростатическими весами и пикнометром. Метод определения плотности ареометром используется чаще благодаря своей простоте и быстроте, хотя он и менее точен по сравнению с двумя другими.

Для определения плотности в стеклянный цилиндр по стеклянной палочке осторожно наливают бензин. Температура бензина и температура помещения, где производится измерение плотности, не должны различаться более чем на 5°C. Чистый и сухой ареометр (нефтеденсиметр) с ценой деления 0,0005 г/см<sup>3</sup> медленно погружают в бензин до момента его свободной плавучести и производят отсчет по верхнему краю мениска. При этом температуру бензина определяют термометром. Если температура бензина в момент определения его плотности отличается от стандартной температуры +20°C, нормируемой ГОСТом, то производят расчет плотности с учетом температурной поправки по формуле

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma (t-20) \quad (2.6)$$

где  $\rho_{20}$  — плотность бензина при температуре +20°C, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_t$  — плотность бензина при температуре замера, кг/м<sup>3</sup>;  $t$  — температура бензина в момент замера, °C;  $\gamma$  — температурная поправка плотности бензина, определяемая по таблице 2.5.

Плотность бензина с понижением температуры на каждые 10°C возрастает примерно на 1 %.

Определение плотности нефтепродуктов в том числе и бензинов необходимо по двум соображениям: Во-первых значение плотности регламентировано ГОСТом, во-вторых для ведения точного учета количества нефтепродуктов в весовых единицах необходимо измерение плотности.

Под плотностью понимают массу вещества, отнесенную к единице его объема. Плотность измеряется в соответствии с системой СИ в кг/м<sup>3</sup>, однако на практике до сих пор применяют и другие единицы — г/см<sup>3</sup>, кг/л, плотность бензина влияет на расход топлива, поэтому она должна быть в определенных пределах при +20°C — 690...780 кг/м<sup>3</sup>.

Плотность возрастает или уменьшается с изменением температуры (с понижением температуры плотность увеличивается — на каждые 10°C примерно на 1%), поэтому необходимо переводить плотность определяемой при температуре испытания к стандартной температуре (+20°C).

Таблица 2.5 – Средние значения температурной поправки плотности нефтепродуктов

Замеренная плотность нефтепродуктов, г/см <sup>3</sup>	Температурная поправка на 1°C, г/см <sup>3</sup>	Замеренная плотность нефтепродуктов, г/см <sup>3</sup>	Температурная поправка на 10°C, г/см <sup>3</sup>
0,7200...0,7299	0,000870	0,8200...0,8299	0,000738
0,7300...0,7399	0,000857	0,8300...0,8399	0,000725
0,7400...0,7499	0,000844	0,8400...0,8499	0,000712
0,7500...0,7599	0,000831	0,8500...0,8599	0,000699
0,7600...0,7699	0,000818	0,8600...0,8699	0,000686
0,7700...0,7799	0,000805	0,8700...0,8799	0,000673
0,7800...0,7899	0,000792	0,8800...0,8899	0,000660
0,7900...0,7999	0,000778	0,8900...0,8999	0,000647
0,8000...0,8099	0,000765	0,9000...0,9099	0,000633
0,8100...0,8199	0,000752	0,9100...0,9199	0,000620

**Оценку наличия смол** в автомобильных бензинах проводят в ходе длительного хранения.

Химическая стабильность характеризует способность бензина сохранять свои свойства и состав при длительном хранении, перекачках, транспортировании. Химические изменения в бензине, происходящие в условиях транспортирования или хранения, связаны с окислением входящих в его состав углеводородов.

При окислении бензинов происходит накопление в них смолистых веществ, образующихся в результате окислительной полимеризации и конденсации продуктов окисления. На начальных стадиях окисления содержание в бензине смолистых веществ невелико и они полностью растворимы в ней. По мере углубления процесса окисления количество смолистых веществ увеличивается, а их растворимость в бензине снижается. Смолистые вещества могут выпадать из топлива, образуя отложения в резервуарах, трубопроводах и др.

Чем больше смол содержится в бензине, тем значительнее нарушения в работе двигателя. Поэтому в нормативно-технической документации устанавливается их предельное содержание.

Поступая с бензином во впускной трубопровод, часть смол оседает на его стенках, на стержнях и тарелках клапанов, на днище поршня и свечах зажигания. Не успев полностью сгореть за время сгорания рабочей смеси, смолы обугливаются, превращаясь в нагар.

Смолы, осевшие на стержне и тарелках клапанов, нарушают осадку клапанов и вызывают их зависании в направляющих втулках и кратковременное заклинивание, что приводит к изгибу стержня и нарушению подвижности клапанов.

В соответствии с ГОСТ Р 51105-97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия» и ТУ 38.401-58-171-96 «Бензины автомобильные неэтилированные с улучшенными экологическими свойствами (городские)» концентрация фактических смол не должна превышать 5 мг/100 см<sup>3</sup> бензина.

Сущность рассматриваемого метода определения содержания фактических смол заключается в выжигании смол, растворенных в бензине, и сравнении образовавшегося пятна с табличными (нормативными) данными.

**Таблица 2.6 – Определение содержания смол в образце бензина по диаметру пятна**

Диаметр пятна в фарфоровой чаше, мм	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22
Содержание фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> топлива	4	7	11	15	20	32	43	54	70	85	105

Наличие коррозионно-активных веществ в нефтепродукте определяют при опускании в него отполированной медной пластинки (примерно на 3ч). Для ускорения окисления медной пластинки сосуд подогревают в водяной бане. Налет или точки зеленого цвета, а также потемнение пластинки указывают на наличие в нефтепродукте коррозионно-активных соединений. О количестве этих соединений и об их агрессивности судят по интенсивности изменения поверхности медной пластинки.

При значительных отклонениях показателей качества бензина от требований ГОСТа следует восстановить его качество. Большинство показателей качества таких как, например, октановое число, содержание фактических смол, кислотность, проще всего восстановить путем смешения бензина измененного качества с бензином, имеющим определенный «запас» качества по этим показателям.

Для определения количества свежего топлива, которое следует добавить для восстановления бензина, потерявшего первоначальное показатели, можно воспользоваться простой зависимостью. Установлено, что перечисленные выше показатели меняются по закону прямой пропорциональности в зависимости от количеств смешиваемых топлив. Количество массы  $K$  топлив (в %) лучшего качества, необходимое для улучшения топлива худшего качества, определяется по формуле:

$$K = (K_{cm} - K_h) / (K_h - K_b) \times 100 \quad (2.7)$$

где  $K_{cm}$  - значение исправляемого показателя качества лучшего топлива;  $K_h$  - значение исправляемого показателя в топливе, качество которого ухудшилось;  $K_b$  - значение исправляемого показателя качества, которое желательно иметь после смешения двух топлив.

При желании исправить сразу несколько показателей, естественно, следует провести расчеты по всем исправляемым показателям и взять наибольшее значение  $K$ , т.е. наибольшее количество лучшего топлива.

Исправлять (повышать) октановое число бензина можно только смешивая его с бензином, обладающим большей детонационной стойкостью. В эксплуатационных условиях восстанавливать октановое число добавлением этиловой жидкости ввиду ее очень высокой токсичности строжайше запрещается. Причем перед добавлением свежего бензина в бензин, долгое время хранившийся в баллонах, последний следует профильтровать для удаления продуктов разложения тетраэтилсвинца.

От воды и механических примесей топливо очищается отстаиванием и фильтрацией. Для бензина время отстоя равно 3...4 ч, для дизельных топлив 5...10 суток. После отстаивания топлива его необходимо отфильтровать через тканевые фильтры.

Следует иметь в виду, что восстановление качества топлива связано с большими трудностями, а также неизбежными его потерями. Поэтому правильная организация хранения, транспортирования и заправки топлива – первое и основное условие сохранения его качества.

В настоящее время выпускается большая номенклатура продукции автохимии зарубежного и отечественного производства для улучшения отдельных показателей бензинов [5].

**Экспресс-оценку дизельных топлив** также проводят визуальным осмотром, оценивая прозрачность, цвет и наличие механических примесей.

Для определения плотности подбирают ареометр с соответствующими пределами измерения.

Определение сезонности дизельного топлива возможно экспресс-методом при комнатной температуре, помещая пробу топлива в смесь поваренной соли со льдом или снегом на одну часть соли берут две части снега или льда, в которой температура топлива опускается до -20°C. Для определения температуры требуется термометр с минусовой градуировкой.

Исправление качества дизельного топлива по отдельным показателям можно определить по вышеприведенной формуле, применительно к бензинам.

Для улучшения отдельно взятых показателей имеется также большая номенклатура продукции автохимии.

Доведение показателей летнего дизельного топлива по температуре застывания для зимних условий допускается следующими способами:

- добавление до 20 процентов авиационного керосина (добавление осветительного керосина до 20 процентов гарантирует надежную работу при минус пятнадцати градусов);

- добавление до 20 процентов зимнего бензина;

- добавление антигелей, пользуясь соотношениями, указанными на этикетки.

Для придания смазывающих свойств низкосернистым дизельным топливам рекомендуются следующие способы:

- добавление моторных масел без присадок в соотношении на 100 л топлива 150...200 гр. масла;

- добавление смазывающих присадок зарубежного и отечественного производства, в соотношениях, указанных на этикетке.

Добавление печного топлива приводит к уменьшению цетанового числа, падению мощности двигателя, возрастанию температуры цилиндр-поршневой группы, выходу из строя резиновых уплотнений. Об этом свидетельствует горький опыт весенней посевной компании в РТ 2014 года.

#### **2.1.2.4 Моторные масла**

В процессе эксплуатации двигателей основное внимание должно быть уделено контролю качества работавшего масла.

Смазочное масло, циркулируя в масляной системе работающего двигателя и обеспечивая смазку и охлаждение трущихся и нагретых поверхностей, подвергается комплексному воздействию высокой температуры, кислорода воздуха, топлива и продуктов его сгорания. При этом свойства масла изменяются вследствие целого ряда процессов, известных под общим названием «старение масла». Часть масла, которая находится в зоне компрессионных колец, претерпевает изменения в структуре составляющих масло углеводородов. Попадая в соприкосновение с открытым пламенем, оно подвергается глубокому термическому разложению с образованием углеродистых частиц и газообразных продуктов сгорания. Последние уносятся вместе с выхлопными газами (угар масла). Исследования показывают, что, несмотря на это, основная часть масла в условиях системы смазки двигателя сохраняет свою первоначальную структуру, то есть химический состав отработанного масла в течение весьма длительного срока работы двигателя будет мало отличаться от состава свежего масла.

Некоторые исследователи разделяют процессы изменения свойств масла при работе двигателя на две группы.

*Процессы загрязнения масла за счет изменения свойств основных компонентов масла*, то есть, прежде всего, за счет изменения свойств углеводородов с образованием различных кислых продуктов и смол.

Вторая группа – процессы загрязнения масла за счет примесей, проникающих извне. Сюда относятся накопление в масле продуктов износа деталей двигателя, попадание посторонних примесей (песок, пыли и др.), обводнение и разжижение масла топливом.

Учитывая то обстоятельство, что основная часть масла сохраняет свою химическую структуру, то есть сохраняет и свои смазывающие и другие свойства, определение содержания в масле различных продуктов загрязнений и некоторых свойств, позволяет судить о том, насколько масло в состоянии выполнять свои функции, о его пригодности к дальнейшей службе в двигателе.

В настоящее время периодичность замены моторных масел определяется заводом производителем и измеряется в километрах пробега автомобиля. Такой подход не учитывает фактического состояния масла на момент его замены. Масло оказывает влияние на техническое состояние

двигателя. В то же время изменения, происходящие в работе систем и механизмов двигателя, влияют на изменение качества масла. В связи с этим работавшее масло является носителем комплексной информации, позволяющей оценить как состояние самого масла, так и состояние двигателя. Поэтому организация периодического контроля за состоянием масла в процессе эксплуатации двигателей позволит своевременно обнаружить неисправность в двигателе и произвести замену масла по его «фактическому состоянию». Таким образом, определение показателей качества масла должно осуществляться путем их сравнения с установленными предельными браковочными значениями.

Все большее распространение находят экспресс - методы оценки физико-химических показателей работавших масел. Под экспресс-методом следует понимать оценку качества работавших масел, которая ограничивается только определением годности масла к дальнейшей эксплуатации.

Ниже приведены методы оценки качества работавших масел с использованием экспресс-методом. В таблице 2.7 даны браковочные показатели, сравнивая с которыми полученные данные при экспресс-анализе, делают заключение о возможности дальнейшего применения работавшего масла.

Таблица 2.7 – **Браковочные показатели работавших масел**

Показатели	Значение показателей масла		Регламентируется ГОСТ
	Карбюраторных двигателей.	Дизельных двигателей	
Изменение вязкости, %, прирост снижение	25 20	35 20	33-200
Содержание воды, %, не более	0,5	0,3	2477-2014
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	0,5...2,2	1,0...3,0	11362-76
Снижение температуры вспышки, °С, не менее	20	20	4333-87
Диспергирующие свойства по методу капельной пробы, усл. ед., не менее	0,3-0,35	0,3-0,35	
Содержание примесей, не растворимых в бензине, %, не более	1,0	3,0	20384-75

**Примечание** - Большие значения для масел высших групп.

### **Определение вязкости масла**

Вязкость масла в процессе работы двигателя может, как увеличиваться, так и уменьшаться. Увеличивается она в результате испарения легких фракций масла, накопления в нем продуктов неполного сгорания топлива в виде сажи, окисления углеводородов масла, уменьшается — при попадании в

масло топлива, а также в результате разрушения полимерной присадки в загущенных маслах.

С хорошей точностью вязкость можно установить, используя самодельное приспособление, состоящее из небольшого сосуда (например, металлической банки) объемом 3 / 4 литра.

Дно банки должно быть немного выдавлено наружу, в нем должно быть просверлено отверстие диаметром 4...5 мм без заусенцев. Зажав отверстие пальцем, налейте в банку воду, нагретую до 40... 50 °C. Уберите палец и замерьте время (в секундах) за которое выльется вода.

Повторите эксперимент, на этот раз, используя масло. Вязкость масла может быть вычислена в градусах Энглера ( $E^\circ$ ):

**Вязкость по Энглеру = время слива масла/время слива воды [ $E^\circ$ ]**

Таблицу перевода единиц смотрите в приложении А.

**Метод определения содержания воды в масле с помощью измерителя «экспресс-вода»**

Вода, сконденсированная в масле, не может быть слита, она формирует с маслом эмульсию. Это, в свою очередь, приводит к быстрому засорению фильтров.

*При наличии воды в масле, его необходимо заменить!*

Вода может попадать в масло вместе с прорывающимися газами из камер сгорания; из системы охлаждения двигателя через негерметичные уплотнения; в результате конденсации влаги при резком понижении температуры, в частности, при охлаждении двигателя после работы; вследствие заливки в двигатель масла, по каким-либо причинам уже содержащего воду.

Для нейтрализации вредного воздействия воды следует содержать системы охлаждения и вентиляции картера двигателя в исправном состоянии, сокращать время прогрева двигателя до рабочей температуры, соблюдать оптимальный тепловой режим двигателя.

Содержание воды в масле оценивают по характеру горения фильтровальной бумаги, пропитанной проверяемым маслом; при опускании в масло металлической пластины или стержня (масляного щупа); с помощью сульфата магния, а также гидрида кальция.

Наличие воды может быть обнаружено также и следующим образом.

Слейте 2... 3 см<sup>3</sup> масла в пробирку дайте ей постоять несколько минут, пока не пропадут пузырьки воздуха. Далее нагрейте масло (например, на газовой зажигалке), одновременно слушая (у горлышка пробирки), не происходят ли в масле небольшие “взрывы”. Этот звук возникает от появления водяного пара, когда в масле резко закипают маленькие порции воды.

Количество воды в нефтепродуктах можно определить с помощью измерителя «экспресс-вода». Измеритель «экспресс-вода» предназначен для контроля содержания воды в смазочном масле, дизельном топливе, мазуте и

других нефтепродуктах, за исключением бензина. Пределы измерения 0,05...5,0%. Измеряется давление газа, который выделяется при реакции, содержащейся в нефтепродукте воды с пастой-реактивом.

*Аппаратура, материалы:*

1. Измеритель «экспресс-вода».
2. Пробирка с делениями.
3. Паста-реактив.
4. Керосин осветительный или технический.
5. Керосин осветительный или технический.
6. Образец работавшего масла.

*Порядок проведения испытания:*

1. Поставить измеритель на горизонтальную поверхность манометром вниз.
2. Налить во внутреннюю полость измерителя масло до первой кромки. После этого залить в измеритель керосин до уровня следующей кромки.
3. В центральный патрон шайбы заложить с помощью шпателя водочувствительную пасту и установить шайбу в измеритель.
4. Взять измеритель в руки, повернуть манометром вверх и интенсивно встряхивать в течение 30 с, поставить на стол манометром вверх. При встряхивании наблюдать за показаниями манометра. Манометр тарирован таким образом, что показывает содержание воды в масле в процентах.
5. Сравнить полученный показатель содержания воды в масле при помощи измерителя «экспресс-вода» с браковочными показателями.

*Заключение*

Сравнить полученные показатели (содержание воды в масле) с браковочными показателями (таблица 2.7) и дать заключение о возможности дальнейшего использования образца работавшего масла.

### **Определение содержания топлива в масле**

Содержание топлива в масле оказывает влияние на процесс образования в масле различных органических отложений, ухудшающих тепловой режим, ухудшая подвод масла к трущимся деталям и повышающих износ деталей двигателя.

Попадание топлива в масло можно объяснить следующими причинами: конденсацией продуктов неполного сгорания топлива, поступающих в картерное пространство с прорывающимися газами: повышенным износом цилиндро-поршневой группы; западанием диафрагмы бензонасоса и др.

**Оценка содержания топлива по температуре вспышки масла в открытом тигле**

Данный метод позволяет косвенно судить о наличии топлива в работавшем моторном масле по снижению температуры вспышки масла.

Сущность метода состоит в определении температуры, при которой над поверхностью нагреваемого масла появляются синие вспышки при поднесении к ней открытого пламени.

*Аппаратура, материалы:*

1. Прибор для определения температуры вспышки
2. Электроплитка с закрытой спиралью.
3. Образец работавшего масла.

*Порядок проведения работы:*

Проведение анализа осуществляют в следующем порядке:

1. Собирают прибор.
2. Анализируемое масло наливают в тигель так, чтобы температура масла повышалась на 10°C в мин, а за 40°C до ожидаемой температуры вспышки на 4°C в мин.
3. За 10°C до ожидаемой температуры вспышки проводят медленно по краю тигля на расстоянии 10..14 мм от поверхности масла пламенем приспособления.

Если вспышки не произошло, то очаг пламени подносят повторно через каждые 2°C повышения температуры масла до тех пор, пока над поверхностью масла не появится синее вспыхивающее пламя. Температуру, показываемую в этот момент термометром, фиксируют как температуру вспышки масла.

**Оценка моющих диспергирующих свойств и загрязнения масла**

В процессе работы двигателей при хранении, транспортировании моторные масла подвергаются глубоким химическим изменениям – окислению, полимеризации и т.п. При этом образуются смолы, нагары и другие вещества.

Под моющими (детергентно-диспергирующими) свойствами понимают способность масла противостоять шлакообразованию на горячих поверхностях, препятствуя прилипанию углеродистых отложений (лака, нагара) путем торможения процессов окисления и их коагуляции.

Диспергирующим свойством масла называют его способность препятствовать слипанию углеродистых частиц и удерживать их в состоянии устойчивой суспензии. При использовании масел с хорошими моющими свойствами детали двигателей выглядят чистыми, как бы вымытыми, отсюда и термин «моющие». Для улучшения моющих свойств масел в них вводят моющие присадки.

## Метод капельной пробы

Сущность метода заключается в нанесении капли работавшего масла на фильтровальную бумагу и определении величины и характера хромотограммы, полученной после впитывания масла фильтровальной бумагой.

При нанесении капли работавшего масла на фильтровальную бумагу образуется пятно с темным ядром в центре, вокруг которого располагается более светлый поясок. В ядре собираются углеродистые и другие нерастворимые в масле частицы. Масло, очищенное от них, расплывается дальше. Наличие в масле растворимых продуктов окисления изменяет цвет масляного пояса, от лимонного до темно-коричневого. В связи с этим по масляному пятну можно судить:

- о степени окисления масла (по цвету масляного пояска);
- о степени загрязнения масла (по цвету ядра);
- о моющих свойствах масла (по соотношению диаметров  $d$ -ядра и  $D$ -диффузии).

*Аппаратура, материалы:*

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1. Штатив с кольцами. | 4. Фильтровальная бумага - «синяя лента». |
| 2. Глазная пипетка.   | 5. Бензин Б-80.                           |
| 3. Тигель фарфоровый. | 6. Образец работавшего масла.             |

Таблица 2.8 – **Оценка диспергирующих свойств моторных масел**

<b>Диспергирующие свойства масла определяются по формуле</b>	<b>Принимаемое решение</b>
$DC = 1 - d/D$	$DC < 0,3$ работоспособно $DC > 0,3$ не работоспособно

Таблица 2.9 – **Оценка работоспособности моторных масел по окраске масляного пятна**

<b>Степень окисления масла</b>	
<b>Цвет масляного пояска</b>	<b>Принимаемое решение</b>
бело-светло-желтый	рабочоспособно
светло-коричневый	рабочоспособно
коричневый	не работоспособно
темно-коричневый	не работоспособно

<b>Степень загрязнения масла</b>	
<b>Цвет масляного пояска</b>	<b>Принимаемое решение</b>
светло-коричневый	рабочоспособно
коричневый или серый	рабочоспособно
темно-коричневый	рабочоспособно
черный	не работоспособно

## **Оценка щелочного числа**

Для нейтрализации продуктов неполного сгорания топлива (особенно с высоким содержанием серы) и предотвращения их коррозионного действия на детали двигателя, современные моторные масла обладают определенным щелочным запасом (как правило, свежие масла обладают запасом щелочного числа 2...10 мг). В масла вводят присадки, обладающие запасом щелочности.

В процессе эксплуатации масла происходит срабатывание присадок. Под срабатываемостью присадок следует понимать уменьшение их концентрации в масле и потерю эффективности в результате разложения, взаимодействия с продуктами неполного сгорания топлива и окисления масла. Об уменьшении концентрации присадок в масле судят, как правило, по изменению содержания металлов присадок (кальция, бария, магния и т.д.) или щелочного числа масла при работе двигателя.

Срабатывание присадок (снижение щелочного числа) приводит к увеличению образования отложений на деталях двигателя, интенсивности старения масла, ухудшению физико-химических свойств, повышению интенсивности изнашивания деталей.

## **Трансмиссионные и гидравлические масла**

Замену масла в коробках передач и гидросистемах рекомендуется проводить с периодичностью, установленной заводом-изготовителем в инструкции по эксплуатации трактора. Учитывая, что на износ деталей агрегатов существенное влияние оказывает содержание в масле воды и абразива, целесообразно менять масло в гидросистеме нужно менять, когда содержание кремния более 180 г на тонну масла или содержание воды более 0,5%. Для коробки передач эти показатели соответственно равны 350 г на тонну масла и 0,5 %.

## **Охлаждающие жидкости**

При низких температурах окружающего воздуха в систему охлаждения двигателей заливают низкозамерзающие охлаждающие жидкости.

В качестве таких низкозамерзающих жидкостей в настоящее время применяются водные растворы этиленгликоля. Смеси этиленгликоля с водой имеют более низкую температуру застывания по сравнению с температурой застывания каждого компонента смеси.

При оценке жидкости по внешним признакам обращается внимание на наличие механических примесей. Цвет жидкости зависит от добавляемого красителя. Механические примеси должны отсутствовать, температуру застывания можно определить по плотности жидкости – ареометром со шкалой в пределах 1,00...1,08. Для этого в цилиндр с жидкостью опускается ареометр и замеряется ее плотность.

Если температура антифриза отличается от +20°C, то привести замеренную плотность к +20°C.

Проведение расчета по исправлению качества низкозамерзающих этиленгликоловых жидкостей.

Во время работы двигателя из низкозамерзающей этиленгликоловой жидкости, несмотря на высокие температуры кипения (этиленгликоля +197,5°C и 100°C воды), в первую очередь, будет испаряться вода и следовательно, исправление качества жидкости будет сводиться к добавлению в систему охлаждения недостающего количества воды. Если же имеет место утечка жидкости из-за микрощелей в радиаторе, ослабленного крепления хомутов на шлангах и других неисправностей, то убыль восполняется не водой, а соответствующей маркой этиленгликоловой жидкости.

При необходимости доливая, устанавливают показатели качества образца этиленгликоловой жидкости и при необходимости принимают решение о его восстановлении путем доливая этиленгликоля или воды.

Количество добавляемого этиленгликоля рассчитывается по формуле:

$$x = a-b / bv \quad (2.8)$$

где x - количество добавляемого этиленгликоля, мл;

v - объем анализируемого образца, мл;

a - объемный процент воды в анализируемом образце;

b - объемный процент воды в исправленном образце.

Количество добавляемой воды рассчитывается по формуле :

$$V = c-d / dv \quad (2.9)$$

где V - количество добавляемой воды, мл;

v - объем анализируемого образца, мл;

c - объемный процент этиленгликоля в анализируемом образце;

d - объемный процент этиленгликоля в исправленном образце.

## 2.2 Состояние качества нефтепродуктов на предприятиях АПК РТ и пути поддержания их качества

### 2.2.1 Качество нефтепродуктов по районам РТ

С целью выявления проблемы качества нефтепродуктов (дизельного топлива) в агропромышленном комплексе РТ были взяты контрольные пробы дизельного топлива в нескольких хозяйствах по трем районам. Все пробы были изъяты из системы питания тракторов и комбайнов, работающих на полях республики в июле 2014 года. Результаты проведенного анализа приведены в таблице 2.10.

По результатам анализа взятых проб можно сделать следующие выводы:

1. Цетановое число всех контрольных проб соответствует отечественному ГОСТу 305-2013 и не соответствует ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004), т. е. это топливо можно использовать на тракторах и комбайнах отечественного производства с обычными ТНВД, создающими давление впрыска до 220-240 бар.

Таблица 2.10 - Показатели качества контрольных проб

Хозяйства	Цетановое число	Температура застывания, °C	Тип топлива	Содержания серы, %	Температура вспышки в закрытом тигле, °C	Плотность при 20 °C, кг/м <sup>3</sup>
<b>Нурлатский район</b>						
ООО «Агро-Развития»	45,5	-46,6	зимнее	0,0025	62	836
ООО «ИРС»	45,3	-48,6	зимнее	0,0022	58	832
Агрофирма «Южный»	45,2	-49,3	зимнее	0,0022	62	834
ООО «Нурлат - Соте»	46,7	-41,3	зимнее	0,0028	63	833
ООО «Тулпар - Агро»	46,7	-42,8	зимнее	0,0026	58	830
КФХ «Сулейманова»	45,5	-46,5	зимнее	0,0016	63	834
<b>Альметьевский район</b>						
ООО «Чишма»	45,5	-44,8	зимнее	0,0035	65	832
ОАО «Такарликово»	46,8	-38,8	зимнее	0,0033	58	832
ООО «Тонар»	45,4	-48,4	зимнее	0,0032	64	840
ООО «Кичучат»	47,5	-38,6	зимнее	0,0028	68	838
<b>Балтасинский район</b>						
ООО «Сосна»	46,6	-43,5	зимнее	0,003	62	834
ООО «Дуслык»	45,5	-46,6	зимнее	0,0025	58	828
ООО «Маяк»	46,8	-42,8	зимнее	0,0022	60	830
ООО «Труд»	45,7	-48,1	зимнее	0,0035	60	832

2. Температура застывания по ГОСТу 305-2013 для зимнего топлива должна быть не выше -35°C. Все контрольные пробы соответствует стандарту и имеют большой запас.

3. По содержания серы все пробы соответствуют требованию стандарта Евро 4 (содержание серы не более 0,005%).

4. Температура вспышки в закрытом тигле по ГОСТу 305-2013 составляет для зимнего вида топлива не ниже 35°C, а по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004) выше 55°C. Все пробы этим требованию соответствует.

5. Плотность всех проб соответствует стандартам для зимнего топлива ГОСТ 305-2015, ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004).

**Применяемое в период летних работ, в перечисленных районах, топливо является зимним топливом.**

Применение летом зимнего дизельного топлива плохо сказывается на дизельном двигателе. Вязкость зимнего топлива ниже, чем вязкость летнего топлива, поэтому использование летом зимнего топлива приводит к увеличению износа прецизионных деталей из-за снижения смазывающих свойств топлива, снижается цикловая подача, снижается давление впрыска, увеличивается нагарообразование, падает мощность двигателя, топливо больше подтекает через неплотности в плунжерных парах, форсунках и т.д.

Двигатели тракторов, с изношенными плунжерными парами насосов высокого давления, начинают плохо заводится, из-за малого давления, развивающегося плунжерными парами.

Плотность зимнего топлива ниже, чем плотность летнего топлива, поэтому, при использовании летом зимнего топлива, из-за ее малой плотности «уменьшается» длина струи, ухудшается процесс смесеобразования, увеличивается перерасход топлива.

## **2.2.2 Пути сохранения качества нефтепродуктов**

### **2.2.2.1 Транспортировка нефтепродуктов**

Развитие народного хозяйства связано со значительным ростом потребления нефтепродуктов. Промышленность, транспорт и сельское хозяйство потребляют свыше 200 сортов нефтепродуктов в виде горючего и смазочных масел. Бесперебойная работа всех отраслей народного хозяйства зависит от своевременной поставки нефтепродуктов [8].

Доставка и распределение нефтепродуктов осуществляется трубопроводным, водным, железнодорожным и автомобильным транспортом, а также сетью нефтебаз.

Каждый вид транспорта используется в зависимости от развития соответствующих транспортных путей, от объема перевозок, характера нефтегрузов, от расположения нефтепромыслов, нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ), нефтебаз и основных потребителей. При этом во всех случаях выбора вида транспорта преследуется цель: при минимальных затратах сократить сроки доставки и полностью исключить нерациональные перевозки.

При выборе вида транспорта во внимание принимаются как недостатки, так и преимущества данного вида. Известно, что удельные затраты тем меньше, чем больше мощность транспортной магистрали. Однако нельзя пренебречь и такими факторами, как сезонность работы и расстояние перевозки. Например, водным транспортом, который дешевле железнодорожного, можно перевозить только в навигационный период, автомобильным- в некоторых районах до наступления распутицы, а железнодорожным и трубопроводным- практически круглый год. При перевозках на короткие расстояния достаточно экономично пользоваться автомобильным транспортом. В случае доставки нефтепродуктов на весьма большие расстояния, когда не удается ограничиться одним видом

транспорта, приходится передавать нефтегруз с одного вида транспорта на другой. Перемещение грузов несколькими видами транспорта называется *смешанными перевозками*.

В сельском хозяйстве для транспортировки нефтепродуктов используют, в основном, автомобильный транспорт. Транспортировка нефтепродуктов автотранспортом имеет ряд особенностей, которые изложены ниже.

**Автотранспорт** широко используется при перевозках нефтепродуктов с распределительных нефтебаз непосредственно потребителю. Основное назначение автотранспорта – доставка готовых нефтепродуктов с крупных нефтебаз на более мелкие и далее к потребителю. Доставка производится автоцистернами, топливозаправщиками путем перекачки по местным трубопроводам. На долю автомобильного транспорта приходится около 20 % перевозок нефтегрузов.

Автоцистерны оснащены комплектом оборудования, включающим патрубок для налива нефтепродукта, дыхательный клапан, стержневой указатель уровня, клиновую быстродействующую задвижку для слива топлива, два шланга с наконечниками и насос с механическим приводом. Объем отдельных автоцистерн достигает 40 м<sup>3</sup>. Внутри цистерны установлены поперечные и продольные волнорезы для уменьшения силы ударной волны жидкости при движении автомашины.

Для обеспечения пожарной безопасности на автоцистернах установлены огнетушители и устройства для заземления цистерн и шлангов для отвода статического электричества, которое может образоваться при наливе и сливе нефтепродуктов.

Автотопливозаправщиками называются автоцистерны, оборудованные комплектом насосно-раздаточных устройств. Автозаправщики предназначены для заправки топливом автомашин, а также сельскохозяйственных машин и самолетов.

Автозаправщики обычно монтируют на шасси грузовых машин и оборудуют раздаточным насосом, трубопроводной обвязкой, приемными и раздаточными шлангами, водовоздухоотделителями, фильтрами, счетчиками и другими контрольно-измерительными приборами. Автотопливозаправщики предназначены для хранения и транспортировки светлых нефтепродуктов по всем видам дорог и местности, а также для заправки топливом различной техники.

На рис. 2.8 показаны формы поперечного сечения кузовов-цистерн, а на рис. 2.9 приведены схемы установки цистерн на шасси автомобилей и прицеп.

Форма поперечного сечения (рис. 2.8) определяется свойствами перевозимого груза. Прямоугольная форма цистерны (а) обеспечивает наибольший объем перевозимого груза. Цистерна для сжатого газа должна обладать повышенной прочностью, что в наибольшей степени обеспечивает цилиндрическая цистерна с круглым поперечным сечением (б). Эллиптическая форма поперечного сечения (по сравнению с круглой) обеспечивает более низкий центр масс автоцистерны (в).

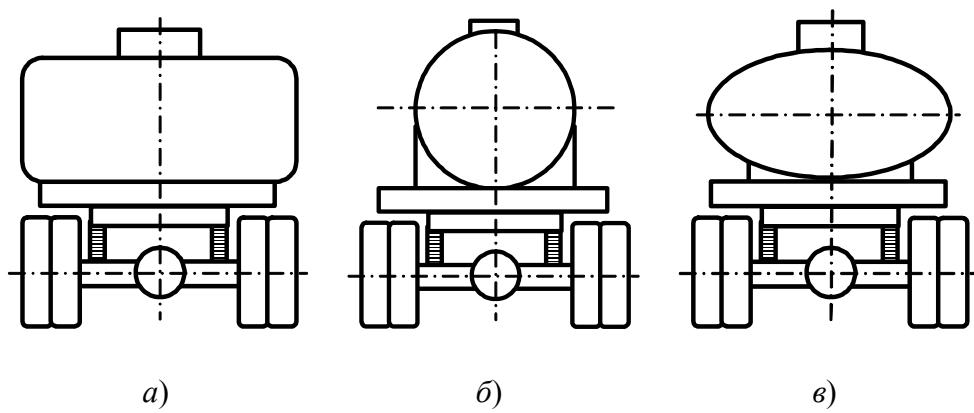


Рисунок 2.8 – Формы поперечного сечения кузовов-цистерн:  
 а – прямоугольная ("чемоданная"); б – круглая; в – эллиптическая

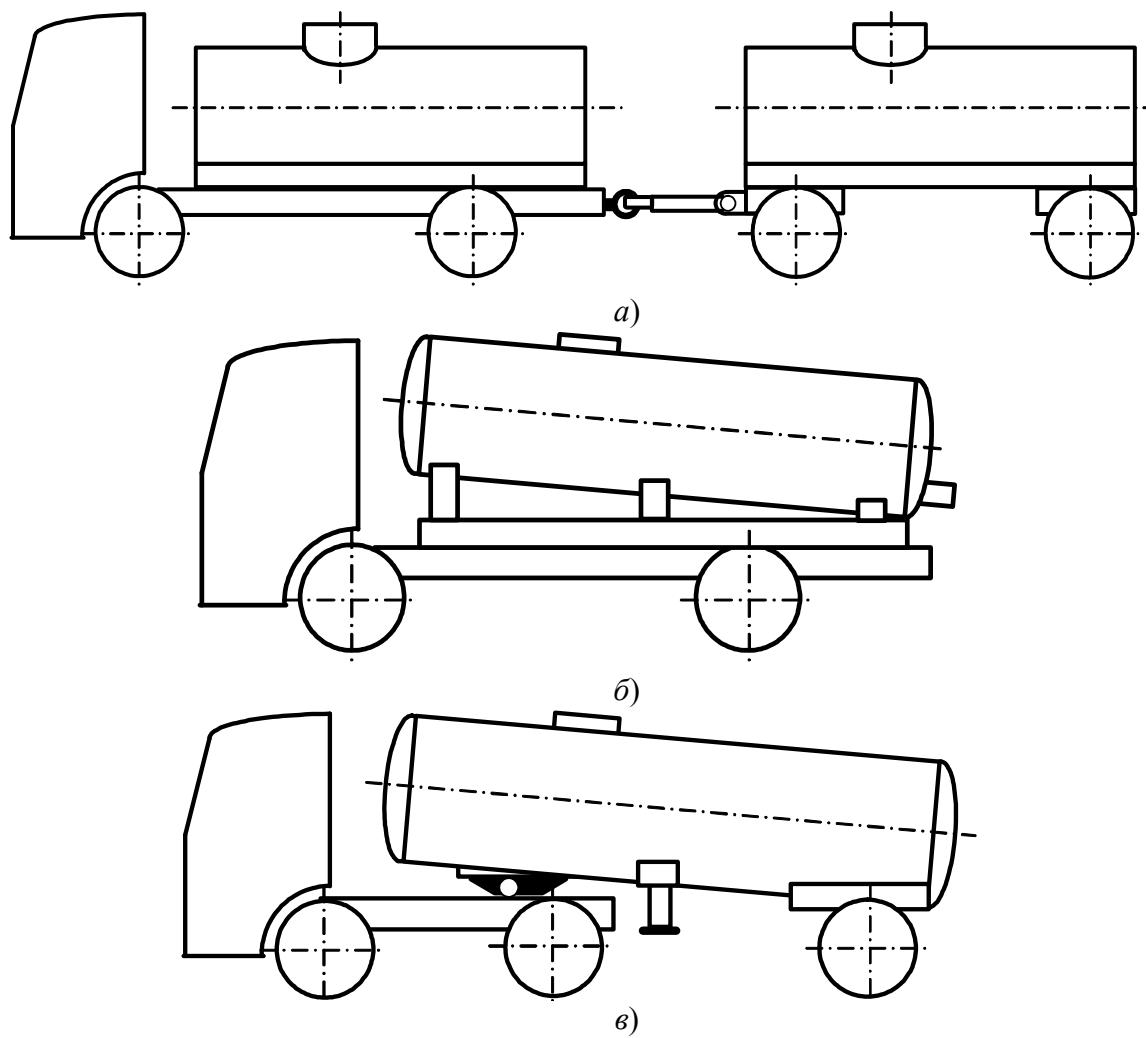


Рисунок 2.9 – Схемы установки цистерн на шасси автомобилей и прицепов:  
 а – прицепной автопоезд-цистерна с горизонтальной установкой цистерн на шасси автомобиля-тягача и прицепа; б – автомобиль-цистерна с наклонной установкой цистерны; в – полуприцеп-цистерна несущей конструкции с наклонной установкой цистерны

Способ разгрузки (опорожнения) цистерны выбирается в зависимости от свойств перевозимого груза. Жидкости сливают из цистерн самотеком (под действием гравитационных сил), при помощи насосов или самосвальной разгрузкой. Сжатые или жидкые газы «сливаются» из цистерны под действием собственного давления.

В таблице 2.11 приведены основные технические данные автотопливозаправщиков (АТЗ).

**Таблица 2.11 – Технические данные топливозаправщиков на базе автомобилей**

Базовое шасси	Вместимость цистерны, л	Время заполнения насосом, мин	Время слива самотеком, мин	Глубина всасывания, м
ГАЗ – 3307	4900	15	25	5
УРАЛ – 4320-10	6200	15	25	4,5
ЗИЛ – 433362	6500	15	25	4,5
КамАЗ – 43101	7800	30	45	4,5
УРАЛ – 5557	8600	25	35	4,5
КамАЗ – 53212	11000	20	25	4,5
МАЗ – 5337	11000	25	45	5,5
УРАЛ – 4320 1912 – 30	11800	33	45	4,5
КамАЗ – 53229	17000	45	65	4,5

В обозначении автомобильного топливозаправщика указывается вместимость цистерны,  $\text{м}^3$  (АТЗ - 4,9).

Прицепы цистерны (ПЦ) и полуприцепы-цистерны (ППЦ) предназначены для транспортировки и кратковременного хранения светлых нефтепродуктов различной плотности и рассчитаны на эксплуатацию в тех же дорожно-климатических условиях, что и базовый тягач. В маркировке прицепов и полуприцепов-цистерн, например, цифрой 17 указана вместимость нефтепродукта,  $\text{м}^3$ , а последняя цифра указывает на количество отсеков в цистерне.

В таблице 2.12 приведены характеристики цистерн, выполненных в виде прицепов и полуприцепов.

Автомаслозаправщики предназначены для транспортировки масел с нефтебаз и заправки транспортных средств маслом в стационарных и полевых условиях. Они оборудованы специальным подогревателем для нагрева масла. Маслозаправщик состоит из шасси автомобиля и смонтированного на нем оборудования.

Кроме котла установлены: насос с приводом, фильтр, счетчик, приёмные и раздаточные шланги, кабина управления с контрольно-измерительной аппаратурой и средства пожаротушения.

Таблица 2.12 – Технические данные прицепов и полуприцепов-цистерн

Прицепы и полуприцепы-цистерны	Вместимость цистерны, л	Время слива насосом, мин	Время слива самотеком, мин	Скорость транспортирования, км/ч
ПЦ – 6,2 - 1	6200	–	25	85
ПЦ – 8,5 - 1	8500	–	30	85
ПЦ – 10,7 - 1	10700	–	35	80
ППЦ – 17 - 2	17000	48	35	80
ППЦ – 24 - 3	24000	35	–	80
ППЦ – 30 - 3	30000	40	–	90
ППЦ – 40 - 4	40000	27	30	80

Масло подогревается в кotle-цистерне при помощи форсунок. Высокая температура масла сохраняется длительное время благодаря теплоизоляции котла. Во избежание подгорания масла в трубчатке (змеевике) в процессе подогрева масло циркулирует при помощи насоса со скоростью не менее 2 м/с.

Автотранспортом осуществляется также перевозка нефтепродуктов в контейнерах и в мелкой таре.

Контейнерами называются емкости небольшого объема (1...5 м<sup>3</sup>), в которых нефтепродукты доставляются потребителю без перекачки в стационарные хранилища. Контейнеры сгружают с машин при помощи кранов. Контейнерные емкости не закрепляются за автомашиной и попеременно могут служить транспортной емкостью и временным хранилищем. Контейнерные перевозки весьма удобны для отдаленных районов и при организации полевых передвижных складов. В качестве контейнеров используют металлические или эластичные резинотканевые емкости объемом 2,5 и 4 м<sup>3</sup>. Их устанавливают обычно на грузовых автомобилях типа ГАЗ или ЗИЛ, причем заполняют их непосредственно в кузове автомобиля.

Из мелкой тары наиболее распространены бочки и бидоны. Различают два основных вида бочек – металлические для транспорта жидкого топлива (бензина, керосина и др.) и фанерные (штампованные), используемые в основном для консистентных смазок. Металлические бочки бывают объемом 50...500 л, а фанерные – 50 л.

Бидоны применяют двух типов: металлические и фанерные. Металлические бидоны изготавливают из белой жести прямоугольной и цилиндрической формы объемом 5...62 л. Металлофанерные бидоны для консистентных смазок изготавливают объемом 16 л, корпус у них фанерный,

а днище металлическое штампованное. Эти бидоны, покрытые внутри бензостойким материалом, используются также под масло.

## **Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом**

### **Общие положения**

Настоящие Правила устанавливают порядок перевозки опасных грузов автомобильным транспортом на территории Российской Федерации по улицам городов и населенных пунктов, автомобильным дорогам общего пользования, а также ведомственным и частным дорогам, не закрытым для общего пользования, вне зависимости от принадлежности опасных грузов и транспортных средств, перевозящих эти грузы. Правила обязательны для всех организаций, а также индивидуальных предпринимателей.

Международные перевозки опасных грузов, в том числе экспортно-импортные и транзитные перевозки опасных грузов по территории Российской Федерации, осуществляются с соблюдением норм и правил, установленных международными конвенциями и межправительственными соглашениями, участницей которых является Российская Федерация. При осуществлении международных перевозок опасных отходов рекомендуется руководствоваться требованиями "Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалений" от 22 марта 1989 года.

В настоящих Правилах (из большого перечня опасных веществ) к опасным грузам относятся только нефть и нефтепродукты (жидкие и газообразные), которые в силу присущих им свойств и особенностей могут при их перевозке создавать угрозу для жизни и здоровья людей, нанести вред окружающей природной среде, привести к повреждению или уничтожению материальных ценностей.

Опасные грузы (нефтепродукты) по требованиям ГОСТ 19433-88 "Грузы опасные. Классификация и маркировка" [64], распределяются на следующие классы:

1) легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) – нефть, бензин, дизельное топливо, масла и другие нефтепродукты;

2) газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением.

Перевозка "особо опасных грузов" осуществляется в соответствии с настоящими Правилами и с соблюдением специальных требований по обеспечению безопасности, утверждаемыми в порядке, предусмотренном постановлением Правительства Российской Федерации от 23 апреля 1994 года № 372.

### **Организация перевозок**

#### **1. Лицензирование перевозок опасных грузов.**

Лицензирование (право, разрешение) перевозок опасных грузов осуществляется в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации о лицензировании.

## *2. Разрешительная система международных перевозок опасных грузов.*

Международные перевозки по территории Российской Федерации опасных грузов в виде нефти, жидких и газообразных нефтепродуктов, перевозимых в цистернах, съемных контейнерах- цистернах, батареях сосудов общей вместимостью более 1000 литров, осуществляются по специальным разрешениям, выдаваемым Министерством транспорта Российской Федерации. Разрешение введено в действие с 3 декабря 1999 года приказом Минтранса России № 77 от 14 октября 1999 года.

*Свидетельство о допуске* транспортного средства к перевозке опасных грузов выдается подразделениями ГИБДД МВД России по месту регистрации транспортного средства после его технического осмотра.

## *3. Разрешительная система на перевозку «особо опасных грузов».*

При перевозке автомобильным транспортом «особо опасных грузов» грузоотправитель (грузополучатель) должен получить разрешение на перевозку от органов внутренних дел по месту его нахождения.

Для получения разрешения на перевозку «особо опасных грузов» грузоотправитель (грузополучатель) подает в органы внутренних дел по месту приема груза к перевозке **заявление** с указанием в нем наименования опасного груза, количества предметов и веществ, маршрута перевозки, лиц, ответственных за перевозку.

### ***К заявлению прилагаются следующие документы:***

– ***аварийная карточка системы информации об опасности*** [указывается код экстренных мер (КЭМ) при пожаре или утечке (4Э – применять при пожаре пену, с необходимой эвакуацией людей); класс опасности груза (3 для нефтепродуктов); номер по списку ООН (для дизельного топлива 1202); указывается пожарная и взрывная опасность нефтепродукта; опасность для человека; огнегасительные средства; меры первой помощи и индивидуальные средства защиты];

–  ***маршрут перевозки***, разработанный автотранспортной организацией и согласованный с грузоотправителем (грузополучателем);

– свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке опасных грузов.

Всего количество веществ, указанных в Правилах перевозки опасных грузов, 1450. Каждому опасному веществу по ООН присвоен номер. Например, нефть – 1270, бензин автомобильный – 1203, дизельное топливо – 1202, керосин – 1223, лигроин – 1255, спирты – 1105, метан – 1971, этилен сжатый – 1962, газы сжиженные или сжатые – 1954.

Класс опасности всех жидких нефтепродуктов – 3, а газов – 2. Наивысшую опасность имеют взрывчатые вещества (динамит, порох). Их класс опасности 1.

Отметку о разрешении транспортировки «особо опасного груза» производят на бланке маршрута перевозки (в правом верхнем углу) с указанием срока действия разрешения.

Разрешение выдается на одну или несколько идентичных перевозок, а также на партию грузов, перевозимых по установленному маршруту, на срок не более 6 месяцев.

**Перевозка «особо опасных грузов»** допускается при надлежащей охране и обязательно в сопровождении специально ответственного лица – представителя грузоотправителя (грузополучателя), знающего свойства опасных грузов и умеющего обращаться с ними.

В тех случаях, когда по договору перевозки грузов автомобильным транспортом сопровождение опасного груза возлагается на водителя автомобиля, последний должен быть проинструктирован грузоотправителем (грузополучателем) перед отправкой груза по правилам обращения и его перевозки.

#### *4. Оформление перевозок.*

Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом осуществляется **на основании договора перевозки**, заключаемого в соответствии с действующим законодательством.

#### *5. Подготовка персонала.*

За подбор лиц для сопровождения опасных грузов и их инструктаж ответственность несут **руководители автотранспортных организаций**.

В обязанности ответственного лица за сопровождение груза во время транспортировки входит:

- сопровождение и обеспечение охраны груза от места отправления до места назначения;
- инструктаж сотрудников охраны и водителей автомобилей;
- внешний осмотр (проверка правильности упаковки и маркировки груза) и приемка опасных грузов в местах получения груза;
- наблюдение за погрузкой и креплением груза;
- соблюдение правил безопасности во время движения и стоянок автомобилей;
- организация мер личной безопасности персонала, осуществляющего перевозку, и общественной безопасности;
- сдача грузов по прибытии на место назначения.

#### *6. Выбор и согласование маршрута перевозки.*

Разработка маршрута транспортировки опасных грузов осуществляется автотранспортной организацией, выполняющей эту перевозку.

Выбранный маршрут подлежит обязательному согласованию с подразделениями ГИБДД МВД России в следующих случаях:

- при перевозке «особо опасных грузов»;
- при перевозке опасных грузов, выполняемой в сложных дорожных условиях (по горной местности, в сложных метеорологических условиях (гололед, снегопад), в условиях недостаточной видимости;

– при перевозке, выполняемой колонной более 3-х транспортных средств, следующих от места отправления до места назначения.

При разработке маршрута транспортировки автотранспортная организация должна руководствоваться следующими основными требованиями:

- вблизи маршрута транспортировки не должны находиться важные крупные промышленные объекты;
- маршрут транспортировки не должен проходить через зоны отдыха, архитектурные, природные заповедники;
- на маршруте транспортировки должны быть предусмотрены места стоянок транспортных средств и заправок топливом.

Маршрут транспортировки не должен проходить через крупные населенные пункты. В случае необходимости перевозки опасных грузов внутри крупных населенных пунктов маршруты движения не должны проходить вблизи зрелищных, культурно-просветительных, учебных, дошкольных и лечебных учреждений.

Для согласования маршрута транспортировки опасных грузов автотранспортная организация обязана не менее чем за 10 суток до начала перевозки представить в территориальные подразделения ГИБДД МВД России следующие документы:

- разработанный маршрут перевозки по установленной форме в 3-х экземплярах;
- свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке опасных грузов;
- для «особо опасных грузов» дополнительно – специальную инструкцию на перевозку опасного груза, предоставленную грузоотправителем (грузополучателем), и разрешение на транспортировку грузов, выданное органами МВД Российской Федерации по месту нахождения грузоотправителя (грузополучателя).

Маршруты перевозок согласовываются с подразделениями ГИБДД МВД России, на обслуживаемой территории которых находятся автотранспортные организации, осуществляющие перевозки опасных грузов или имеющие временно стоящие на учете транспортные средства, перевозящие опасные грузы:

- при прохождении маршрута в пределах одного района, города – с подразделением ГИБДД органа внутренних дел данного района, города;
- прохождении маршрута в пределах одного субъекта Российской Федерации – с подразделением ГИБДД МВД, ГУВД, УВД данного субъекта Российской Федерации;
- прохождении маршрута по автомобильным дорогам нескольких субъектов Российской Федерации – с подразделениями ГИБДД МВД, ГУВД, УВД соответствующих субъектов Российской Федерации.

Согласованный с подразделениями ГИБДД МВД России маршрут транспортировки действителен на срок, указанный в разрешении. В случаях,

когда такой срок не указан, опасный груз может перевозиться по согласованному маршруту в течение 6 месяцев со дня согласования.

В случае возникновения обстоятельств, требующих изменения согласованного маршрута, автотранспортная организация обязана согласовать новый разработанный ею маршрут на перевозку опасных грузов в тех подразделениях ГИБДД МВД России, где производилось согласование первоначального маршрута.

В этом случае автотранспортная организация оповещает о сроках проведения транспортировки и всех непредвиденных изменениях, возникших на пути следования опасного груза, соответствующие подразделения ГИБДД МВД России, расположенные по маршруту.

Первый экземпляр согласованного маршрута перевозки хранится в ГИБДД МВД России, второй – в автотранспортной организации, третий находится во время перевозки груза у ответственного лица, а при его отсутствии – у водителя.

### *7. Принятие опасных грузов к перевозке.*

Принятие опасных грузов к перевозке и сдача их грузополучателю производится по весу, а затаренных – по количеству грузовых мест.

Принятие опасного груза к перевозке осуществляется автотранспортной организацией при предъявлении грузоотправителем паспорта безопасности вещества по ГОСТ Р 12.1.052-97[65] Информация о безопасности веществ и материалов (Паспорт безопасности).

При принятии опасных грузов к перевозке водитель должен проверить наличие на таре специальной маркировки, которая проводится в соответствии с ГОСТ 19433-88 и ДОПОГ (европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов).

### *8. Организация системы информации об опасности (СИО).*

Система информации об опасности (СИО) включает в себя следующие основные элементы:

- **информационные таблицы** для обозначения транспортных средств (размер таблицы 690 x 300 мм, в которой указывается код экстренных мер (КЭМ), например, при тушении пожара, который произошел при возгорании перевозимого дизельного топлива (4Э); номер опасного груза по ООН (1202 для дизельного топлива); знак опасности (пламя, красные полосы огня с белой серединой);

- **аварийную карточку** для определения мероприятий по ликвидации аварий или инцидентов и их последствий;

- **информационную карточку** для расшифровки кода экстренных мер, указанных в информационной таблице;

- **специальную окраску и надписи на транспортных средствах.**

Организация СИО в соответствии с требованиями настоящих Правил возлагается на автотранспортные организации, выполняющие перевозки опасных грузов, и грузоотправителей (грузополучателей).

Практические мероприятия по обеспечению СИО осуществляются автотранспортными организациями совместно с грузоотправителями (грузополучателями).

Информационные таблицы СИО изготавливаются организациями-изгото-вителями опасных грузов и представляются автотранспортным организациям для установки спереди и сзади транспортного средства на специальных приспособлениях.

Информационные таблицы (690 x 300) для обозначения перевозимого опасного груза транспортным средством должны изготавливаться по размерам, с соблюдением следующих требований (рис. 2.10):

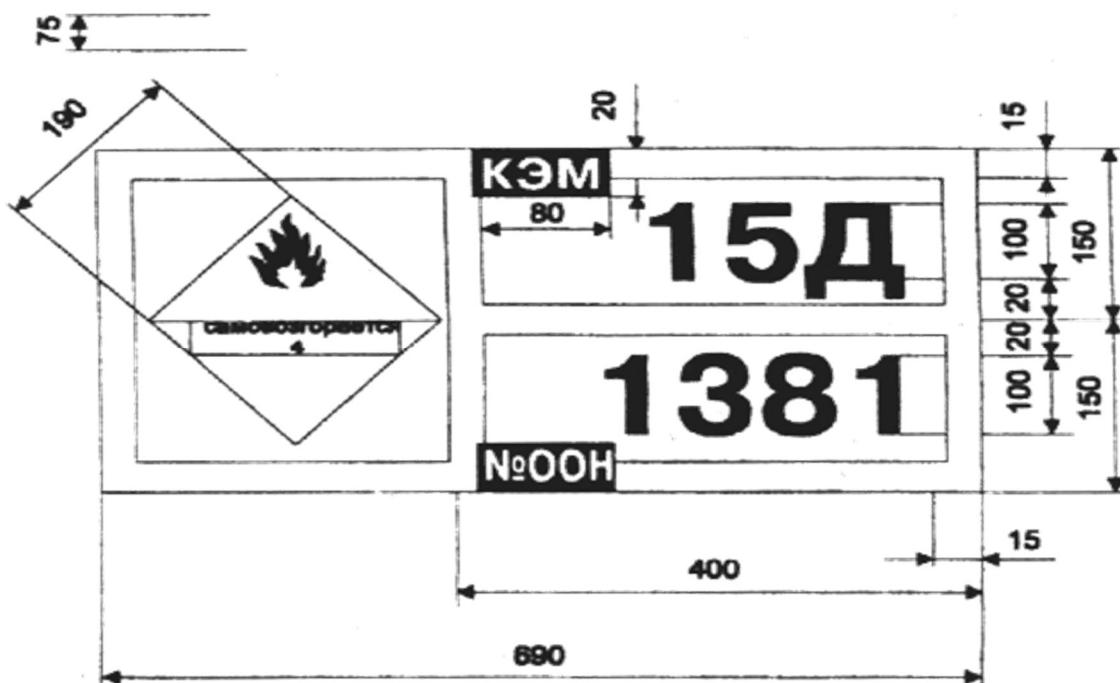


Рисунок 2.10 – Вид информационной таблицы

- общий фон таблицы белый;
- фон граф "КЭМ" и "ООН №" оранжевый;
- рамка таблицы, линии разделения граф, цифры и буквы текста выполняются черным цветом;
- наименование граф (КЭМ, ООН №) и надпись в знаке опасности "Едкое вещество" выполняются белым цветом;
- рамка знака опасности наносится линией черного цвета толщиной не менее 5 мм на расстоянии 5 мм от кромок знака;
- толщина букв в графах "КЭМ" и "ООН №" равна 15 мм, а на знаке опасности не менее 3 мм;
- рамка и разделительные линии таблицы наносятся толщиной, равной 15 мм;

– написание буквенно-цифрового кода экстренных мер производится в любом порядке букв и цифр.

**Аварийная карточка** системы информации об опасности заполняется организацией-изготовителем опасного груза по единой форме и прилагается в дополнение к путевому листу.

Аварийная карточка должна находиться у водителя транспортного средства, перевозящего опасные грузы. В случае сопровождения опасного груза ответственным лицом – представителем грузоотправителя (грузополучателя) – аварийная карточка должна находиться у него.

**Информационная карточка СИО** изготавливается из плотной бумаги размером 130 мм на 60 мм. На лицевой стороне карточки дается расшифровка информационных таблиц, а на обратной стороне приведены образцы знаков опасности по ГОСТ 19433-88.

Цифрами обозначен код экстренных мер (КЭМ) при пожаре и утечке, а также информации о последствиях попадания веществ в сточные воды.

Буквами обозначен код экстренных мер (КЭМ) при защите людей. Выбор букв произведен по начальным буквам наиболее характерных слов применяемого кода:

Д – необходим ДЫХАТЕЛЬНЫЙ аппарат и защитные перчатки;

П – необходим дыхательный аппарат и защитные перчатки, только при ПОЖАРЕ;

К – необходим полный защитный КОМПЛЕКТ одежды и дыхательный аппарат;

Э – необходима ЭВАКУАЦИЯ людей.

В случае возникновения инцидента при перевозке опасных грузов мероприятия по ликвидации инцидента и его последствий осуществляются согласно указаниям, приведенным в аварийной карточке, или коду экстренных мер по информационной таблице СИО.

Полная идентификация перевозимого опасного груза осуществляется согласно нумерации по списку ООН, имеющейся в информационной таблице и аварийной карточке системы информации об опасности, а также в заявке (разовом заказе) на перевозку этого груза.

Кузова транспортных средств, автоцистерны, прицепы и полуприцепы-цистерны, постоянно занятые на перевозках опасных грузов, должны быть окрашены в установленные для этих грузов опознавательные цвета и иметь соответствующие надписи:

– *при перевозке метанола* транспортное средство (цистерна) окрашивается в оранжевый цвет с черной полосой и оранжевой надписью по обечайке "Метанол – яд!";

– при перевозке веществ, выделяющих при взаимодействии с водой легковоспламеняющиеся газы, транспортное средство окрашивается в синий цвет и наносится надпись "Огнеопасно";

– при перевозке самовозгорающихся веществ нижняя часть транспортного средства (цистерны) окрашивается в красный цвет, верхняя – в белый и наносится надпись черного цвета "Огнеопасно";

– при перевозке легковоспламеняющихся веществ транспортное средство (цистерна) окрашивается в оранжевый цвет и наносится надпись "Огнеопасно";

– при перевозке веществ, поддерживающих горение, транспортное средство (цистерна) окрашивается в желтый цвет и наносится двойная надпись

«Огнеопасно»

---

«Едкое вещество»;

– при перевозке едких веществ транспортное средство (цистерна) окрашивается в желтый цвет с черной полосой по обечайке, на которую наносится надпись желтым цветом "Едкое вещество".

Высота букв и надписей, наносимых на транспортные средства, перевозящие опасные грузы, должна быть не менее 150 мм, черного цвета.

## 9. Проведение погрузочно-разгрузочных работ.

**Контроль** за погрузочно-разгрузочными операциями опасных грузов на транспортные средства ведет ответственное лицо – представитель грузоотправителя (грузополучателя), сопровождающий груз.

Загрузка транспортного средства допускается до использования его полной грузоподъемности. При перевозке «особо опасных грузов» загрузка транспортного средства производится в объеме и порядке, оговоренных в специальных инструкциях, разрабатываемых организациями-изготовителями.

Погрузка, разгрузка и крепление опасных грузов на транспортном средстве осуществляются силами и средствами грузоотправителя (грузополучателя), с соблюдением всех мер предосторожности, не допуская толчков, ударов, чрезмерного давления на тару, с применением механизмов и инструментов, не дающих при работе искр.

Погрузочно-разгрузочные работы с опасными грузами производятся при выключенном двигателе автомобиля, и водитель должен находиться за пределами установленной зоны погрузки-разгрузки, если это оговорено в инструкции грузоотправителя. Исключением являются случаи, когда приведение в действие грузоподъемных или сливных механизмов, установленных на автомобиле, обеспечивается при работающем двигателе.

Погрузочно-разгрузочные операции с опасными грузами должны производиться на специально оборудованных постах. При этом может осуществляться погрузка-разгрузка не более одного транспортного средства.

Присутствие посторонних лиц на постах, отведенных для погрузки-разгрузки опасных грузов, не разрешается.

Запрещается производство погрузочно-разгрузочных работ с взрыво- и огнеопасными грузами *во время грозы*.

Погрузочно-разгрузочные операции с опасными грузами, осуществляемые ручным способом, должны выполняться с соблюдением

всех мер личной безопасности привлекаемого к выполнению этих работ персонала.

Использование грузозахватных устройств погрузочно-разгрузочных механизмов, создающих опасность повреждения тары и произвольное падение груза, не допускается.

Перемещение бочек с опасными грузами в процессе погрузочно-разгрузочных операций и выполнения складских работ может осуществляться только по специально устроенным подкладкам, трапам и настилам.

**Места (посты) для погрузки, выгрузки** и перегрузки опасных грузов, а также места для стоянки автомобилей выбираются с таким учетом, чтобы они были не ближе 125 метров от жилых и производственных строений, грузовых складов и не ближе 50 метров от магистральных дорог.

При гололеде территория постов погрузки-разгрузки опасных грузов должна быть посыпана песком.

**Заправка автомашин** с горючими или взрывоопасными грузами на АЗС общего пользования или ПАЗС производится на специально оборудованной площадке, расположенной на расстоянии не менее 25 м от территории АЗС. Нефтепродукты отпускаются АЗС в металлические канистры (Правила технической эксплуатации стационарных и передвижных АЗС, утвержденные Госкомнефтепродуктом РСФСР 15. 04. 81).

#### *10. Движение транспортных средств.*

Ограничение скорости движения автотранспортных средств при перевозке опасных грузов устанавливается ГИБДД МВД России с учетом конкретных дорожных условий при согласовании маршрута перевозки. Если согласование маршрута с органами ГИБДД МВД России не требуется, то скорость движения устанавливается согласно Правилам дорожного движения и должна обеспечивать безопасность движения и сохранность груза.

В случае установления ограничения скорости движения знак с указанием допустимой скорости должен быть установлен на транспортном средстве в соответствии с Правилами дорожного движения.

При перевозке опасных грузов колонной автомобилей должны соблюдаться следующие требования:

- при движении по ровной дороге дистанция между соседними транспортными средствами должна быть не менее 50 м;
- в горных условиях – при подъемах и спусках – не менее 300 м;
- при видимости менее 300 м (туман, дождь, снегопад и т.п.) перевозка некоторых опасных грузов может быть запрещена. Это должно быть указано в условиях безопасности перевозки опасных грузов.

Ответственное за перевозку лицо из числа представителей грузоотправителя-грузополучателя (старший по колонне) обязано находиться в кабине первого автомобиля, а в последнем автомобиле с грузом должен находиться один из представителей (подразделения) охраны, выделяемой

грузоотправителем-грузополучателем, если охрана предусмотрена при данной перевозке.

При перевозке «особо опасных грузов» стоянки для отдыха водителей в населенных пунктах запрещены. Стоянки разрешаются в специально отведенных для этого местах, расположенных не ближе чем в 200 метрах от жилых строений и мест скопления людей.

При остановке или стоянке транспортного средства должен быть обязательно включен стояночный тормоз, а на уклоне дополнительно установлен противооткатный упор.

Порядок остановок и стоянок (в том числе и в случае ночлега) транспортных средств, перевозящих опасные грузы, указывается в условиях безопасной перевозки.

Запас хода автомобилей, перевозящих опасный груз, без дозаправки топливом в пути должен быть не менее 500 км. В случае перевозки опасных грузов на расстояние 500 км и больше автомобиль должен оборудоваться запасным топливным баком и заправляться из передвижной автозаправочной станции (АЗС), установка дополнительного топливного бака должна согласовываться с подразделением ГИБДД МВД России по месту регистрации транспортного средства, о чем делается пометка в регистрационном документе. Заправка топливом производится в местах, отведенных для стоянок.

Перевозка «особо опасных грузов» осуществляется с автомобилем сопровождения, оборудованным **проблесковым маячком** оранжевого и желтого цветов. При необходимости такие транспортные средства могут сопровождаться патрульным автомобилем ГИБДД МВД России. Выделение автомобиля сопровождения обязательно при перевозках «особо опасных грузов», осуществляемых колонной транспортных средств.

Конкретно в каждом случае необходимость выделения и вид сопровождения при перевозке "особо опасных грузов" определяются ГИБДД МВД России при согласовании маршрута.

**Автомобиль сопровождения** должен двигаться впереди колонны транспортных средств с опасными грузами. При этом по отношению к движущемуся за ним транспортному средству автомобиль сопровождения должен двигаться уступом с левой стороны, с тем чтобы его габариты по ширине выступали за габариты сопровождаемых транспортных средств.

Автомобиль сопровождения оборудуется **проблесковым маячком** желтого цвета, включение которого является дополнительным средством информации для предупреждения других участников дорожного движения, но не дает права преимущественного проезда.

На автомобилях сопровождения и транспортных средствах, осуществляющих перевозку опасных грузов, даже в дневное время должны быть **включены фары ближнего света**.

Порядок движения автомобилей сопровождения и способы информирования других участников дорожного движения об осуществлении

перевозки опасных грузов указываются ГИБДД МВД России в разделе "Особые условия движения" бланка согласования маршрута.

При перевозке «особо опасных грузов» колонной, состоящей из 5 и более автомобилей, в ее составе обязательно наличие резервного порожнего транспортного средства, приспособленного для перевозки данного вида груза. Резервное транспортное средство должно следовать в конце колонны.

Порядок сопровождения колонны патрульными автомобилями ГИБДД МВД России при прохождении маршрута перевозки по территории двух или более субъектов Российской Федерации определяется органом ГИБДД МВД России, с которым согласован маршрут движения.

*11. Совместная перевозка опасных грузов различных классов и опасных грузов с грузами общего назначения.*

Совместная перевозка различных классов опасных грузов на одном транспортном средстве (в одном контейнере) разрешается только в пределах правил допустимой совместимости.

*12. Перевозка, очистка и ремонт порожней тары.*

Перевозка неочищенной после транспортировки опасного груза порожней тары производится в том же порядке, что и перевозка данного опасного груза, в соответствии с требованиями настоящих Правил.

В товарно-транспортной накладной на перевозку порожней тары красным цветом делается отметка о том, какой опасный груз находился до этого в перевозимой таре.

Очистка порожней тары производится силами и средствами грузоотправителя (грузополучателя) с соблюдением мер безопасности и индивидуальной защиты.

Перевозка тары после ее полной очистки осуществляется на общих основаниях как неопасный груз, при этом в товарно-транспортной накладной грузоотправителем (грузополучателем) делается отметка красным цветом "Тара очищена".

Работы по ремонту резервуаров и контейнеров, использующихся для перевозки опасных грузов, производятся только после анализа воздушной среды на содержание ранее перевозимых веществ (грузов).

*13. Ликвидация последствий аварий или инцидентов.*

Организации-грузоотправители (грузополучатели) разрабатывают план действий в аварийной ситуации с вручением его водителю (сопровождающему) на каждую перевозку, выделяют для практической работы по ликвидации последствий аварий или инцидентов аварийные бригады и организуют для них соответствующую подготовку.

В плане действий в аварийной ситуации по ликвидации последствий аварий или инцидентов устанавливается порядок оповещения, прибытия, действия аварийной бригады и другого обслуживающего персонала, перечень необходимого имущества и инструмента и технология их использования в процессе ликвидации последствий аварий и инцидентов.

В случае необходимости проведения ремонтных работ по устраниению неисправностей тары с опасными грузами они осуществляются аварийной бригадой на специально отведенной для этой цели площадке (помещении), расположение которой определяется в плане мероприятий по ликвидации последствий аварий или инцидентов.

В случае дорожно-транспортного происшествия ответственное за перевозку опасного груза лицо руководит действиями водителя и лиц охраны (если они имеются), информирует подразделение ГИБДД МВД России и при необходимости вызывает аварийную бригаду.

**Аварийная бригада**, прибывшая на место аварии или инцидента, в ходе ликвидации его последствий должна принять все меры предосторожности и индивидуальной защиты, перечисленные в аварийной карточке СИО.

Действия аварийной бригады на месте аварии или инцидента включают:

- обнаружение и удаление поврежденной тары или рассыпанного (разлитого) опасного груза;
- оказание первой медицинской помощи пострадавшим;
- обеспечение в случае необходимости эвакуации водителей и обслуживающего данную перевозку персонала;
- проведение дезактивации, дезинфекции;
- обезвреживание спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- оповещение грузоотправителя и грузополучателя о случившихся авариях или инцидентах.

**Примечание.** Образцы оформления необходимых документов для перевозки опасных грузов на автомобильном транспорте (свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке опасных грузов, бланк маршрута перевозки опасного груза, аварийная карточка системы информации об опасности перевозимого груза, информационная карточка с расшифровкой кода экстренных мер при пожаре или взрыве) приводятся в приложении Правил перевозки опасных грузов автомобильным транспортом (Приказ № 77 Минтранса России от 14 октября 1999 г.).

### **2.2.2.2 Хранение нефтепродуктов и их потери**

**Потери нефтепродуктов от испарения. Экономия топлива** заключается в сокращении потерь при перевозке, перекачке, хранении на складах, при заправке техники топливом, умелом вождении автомобилей, поддержании их в технически исправном состоянии.

Потери нефтепродуктов могут быть **количественные и качественные**. Качественные потери увеличивают расход нефтепродуктов, повышают стоимость эксплуатации машин, качественные – изменяют свойства нефтепродуктов.

Количественные потери наблюдаются при разливе, разбрзгивании и утечках нефтепродуктов, через краны, фланцевые и муфтовые соединения на всех этапах транспортировки, хранения, заправки и применения.

Для снижения количественных потерь необходимо немедленно исправлять замеченные неполадки. Потери от испарения составляют до 75 % от общих потерь.

Нефтепродукты в зависимости от физико-химических свойств, испарения, обуславливающих их естественную убыль, распределены по семи группам (табл. 2.13). К первой группе относят бензины, к седьмой – битумы.

Таблица 2.13 – Распределение нефтепродуктов по группам

Группа	Наименование нефтепродукта
1	Бензин автомобильный, ГОСТ 2084-77, ГОСТ Р51105-97
2	Бензин-растворитель, ГОСТ 433-76 Бензин авиационный, ГОСТ 1012-72 Бензин авиационный, Б-70, ТУ 38- 101913-82 Топливо для реактивных двигателей Т-2, ГОСТ 10227-86
3	Бензин-растворитель, ГОСТ 3134-82 Масло вакуумное, БМ-6 Топливо для реактивных двигателей, кроме Т-2, ГОСТ 10227-86 Керосин для технических целей
4	Керосин осветлительный Топливо дизельное «Зимнее» «Арктическое», ГОСТ 305-82 Этилбензол технический, ГОСТ 9386-77
5	Масло АМГ-10 (МГ-15В), ГОСТ 6794-75 Топливо дизельное «Летнее» ГОСТ 305-82 Топливо нефтяное для газотурбинных установок, ГОСТ 10433-75 Топливо печное бытовое, ТПБ, ТУ38 001 162-73
6	Мазуты всех марок Масла смазочные всех марок. Нефти разные
7	Битумы твердые. Разные твердые нефтепродукты

Потери нефтепродуктов от испарения бывают при хранении, отпуске и приёмке, перевозках, заправках и других операциях.

В резервуарах, заполненных нефтепродуктами, всё время происходят сложные процессы испарения, что приводит к потерям нефтепродуктов.

Потери топлив неизбежны при так называемых «дыханиях» резервуаров. Различают малое «дыхание», наблюдаемое из-за разности температур дня и ночи, и большое «дыхание», например при наполнении резервуаров нефтепродуктами.

В резервуаре, имеющем некоторое количество продукта, газовое пространство заполнено паровоздушной смесью. Количество нефтепродукта (массовое, кг) в этой паровоздушной смеси равно

$$M = \rho \cdot V, \quad (2.10)$$

где  $\rho$  – плотность паров нефтепродукта (0,3… 0,6 кг/м<sup>3</sup>);

$V$  – объем газового пространства, м<sup>3</sup>.

Всякое выталкивание паровоздушной смеси из газового пространства резервуара в атмосферу сопровождается потерями нефтепродукта. Они происходят по следующим причинам:

1) **Потери от вентиляции газового пространства.** Если в крыше резервуара имеются в двух местах отверстия, расположенные на некотором расстоянии  $H$  по вертикали, то более тяжелые бензиновые пары будут выходить через нижнее отверстие, а атмосферный воздух будет входить через верхнее отверстие. Установится естественная циркуляция воздуха и бензиновых паров в резервуаре, образуются так называемые газовые сифоны.

Объемная потеря газа в единицу времени ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) в результате работы газового сифона определится уравнением

$$Q = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P}{\rho_c}}, \quad (2.11)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода отверстия;  $F$  – площадь отверстия;  $P$  – перепад давления, под действием которого происходит истечение

$$P = H \cdot (\rho_c - \rho_a) \cdot g, \quad (2.12)$$

здесь  $H$  – высота между отверстиями;  $\rho_c$  и  $\rho_a$  – плотность, соответственно, паровоздушной смеси и воздуха (например, 1,6 и 1,2  $\text{кг}/\text{м}^3$ );  $g$  – ускорение свободного падения.

Потери от вентиляции могут происходить через открытые люки резервуаров путем простого выдувания бензиновых паров ветром. Поэтому люки необходимо тщательно герметизировать.

2) **Потери от больших «дыханий»** – от вытеснения паров нефтепродуктов из газового пространства закачиваемым нефтепродуктом. Нефтепродукт, поступая в резервуар, сжимает паровоздушную смесь до давления, на которое установлена арматура. Как только давление станет равным расчетному давлению дыхательного клапана, из резервуара будут выходить пары нефтепродукта, начнется большое «дыхание» («выдох»). Если давление газа в резервуаре большой ёмкости превысит допустимое, например 2000 Па, то возможно разрушение его конструкции.

При откачке нефтепродукта из резервуара происходит обратное явление: как только вакуум в резервуаре станет равным вакууму, на который установлен дыхательный клапан, в газовое пространство начнет входить атмосферный воздух – происходит «вдох».

3) **Потери от «обратного выдоха».** Вошедший в резервуар воздух начнет насыщаться парами нефтепродукта. Количество газов в резервуаре будет увеличиваться; поэтому по окончании «вдоха», спустя некоторое время, из резервуара может произойти «обратный выдох» – выход насыщающейся газовой смеси.

4) **Потери от насыщения газового пространства.** Если в пустой резервуар, содержащий только воздух, залить небольшое количество

нефтепродукта, последний начнет испаряться и насыщать газовое пространство. Паровоздушная смесь будет увеличиваться в объеме, и часть ее может покинуть резервуар.

5) *Потери от малых «дыханий»* происходят в результате следующих причин:

а) из-за повышения температуры газового пространства в дневное время (при нагреве солнечными лучами). Паровоздушная смесь стремится расширяться, концентрация паров нефтепродукта повышается, давление растет. Когда давление в резервуаре станет равным давлению, на которое установлен дыхательный клапан, он открывается и из резервуара начинает выходить паровоздушная смесь – происходит «выдох». В ночное время из-за снижения температуры часть паров конденсируется, паровоздушная смесь сжимается, в газовом пространстве создается вакуум, дыхательный клапан открывается и в резервуар входит атмосферный воздух – происходит «вдох»;

б) из-за снижения атмосферного давления. При этом разность давлений атмосферного и в газовом пространстве резервуара может превысить перепад давлений, на который установлен дыхательный клапан, он откроется и произойдет «выдох» (барометрические малые «дыхания»). При повышении атмосферного давления может произойти «вдох».

Потери топлива при «малых дыханиях» зависят от объема залитого топлива  $V_m$ , изменения температуры  $\Delta t$  и коэффициента объемного расширения  $\beta$  при изменении температуры на 1 °C.

При повышении температуры объем нефтепродукта увеличивается и определяется по формуле:

$$\Delta V = V_m \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t). \quad (2.13)$$

В результате увеличения объема топлива на величину  $\Delta V$  пары топлива, находящиеся в резервуаре, вытесняются в атмосферу, способствуя потерям нефтепродукта. В таблице 2.14 приведены значения коэффициента объемного расширения  $\beta$  на 1 °C нефтепродуктов в зависимости от плотности при 20 °C.

Снижение потерь от малых дыханий достигается уменьшением колебания температуры газового пространства. В результате исследований установлено, что средняя температура парового пространства в резервуаре выше средней температуры наружного воздуха на 2...8 °C для вертикальных и на 1...10 °C для горизонтальных резервуаров.

Потери топлива от «больших дыханий» (при заполнении резервуара топливом) с 1 м<sup>3</sup> вытесняемой паровоздушной смеси составляют летом до 0,6 кг, зимой – 0,4 кг.

**Уменьшить потери от испарения** при больших «дыханиях» резервуара можно проведением следующих мероприятий:

1) уменьшением различных перекачек нефти внутри нефтебазы;

2) заполнением резервуара снизу под уровень находящегося в резервуаре продукта, что снижает на 30...40 % потери по сравнению с наливом открытой струей сверху;

3) установкой на крыше резервуаров возвращающих адсорберов, в которые улавливается нефтепродукт, находящийся в паровоздушной смеси;

4) применением газгольдера, компрессора, насоса, возвращающего пары топлива обратно в резервуар;

5) установкой газовых труб, с помощью которых соединяют между собой резервуары, предназначенные для хранения одного сорта нефтепродуктов (при заполнении одного резервуара паровоздушная смесь будет вытесняться в другой, а не теряться в атмосфере);

6) запрещением проветривать резервуар перед заполнением.

**Таблица 2.14 – Зависимость коэффициента объемного расширения от плотности**

Плотность	$\beta$	Плотность	$\beta$
0,70...0,72	0,001255	0,84...0,86	0,000831
0,72...0,74	0,001183	0,86...0,88	0,000782
0,74...0,76	0,001118	0,88...0,90	0,000734
0,76...0,78	0,001054	0,90...0,92	0,000688
0,78...0,80	0,000995	0,92...0,94	0,000645
0,80...0,82	0,000937	0,94...0,96	0,000604
0,82...0,84	0,000882	0,96...0,98	0,000564

**В качестве примера** рассмотрим расчет потерь автомобильного бензина при различных способах налива автомобильной цистерны АЦ-8,5-255Б [53]. Эксплуатационный закачиваемый объём цистерны  $V_{ЗАК}$  составляет 8,5 м<sup>3</sup> при диаметре  $D = 1,22$  м.

Давление насыщенных паров бензина  $P_s = 32857$  Па (33 кПа), температура бензина 295 К, его температура начала кипения 319 К, расход налива  $Q = 40$  м<sup>3</sup>/ч. Налив ведется при атмосферном давлении, равном давлению в газовом пространстве  $P_a = P_T = 101320$  Па.

Решение.

**1. Продолжительность налива цистерны равна  $V_{ЗАК} / Q$**

$$\tau_H = \frac{8,5}{40} = 0,213 \text{ ч.} \quad (2.14)$$

Легкие фракции бензина из жидкого состояния переходят в газообразное, повышая его потери при хранении, сливе, наливе. При 25°C в объеме 1 м<sup>3</sup> может находиться до 0,8 кг испарившегося бензина.

Для определения плотности паров бензина  $\rho_y$  воспользуемся формулой Клапейрона-Менделеева:

$$P \cdot V = m \cdot R \cdot T, \quad (2.15)$$

где  $P$  – абсолютное давление, Н/м<sup>2</sup> (Па);  $T$  – абсолютная температура, К;  $V$  – объем, м<sup>3</sup>;  $m$  – масса газа, кг;  $R$  – газовая постоянная, Дж/ (кг · К).

Один кмоль паров бензина занимает объем, равный  $V_\mu = 22,4 \text{ м}^3$ . Для кмоля объемом  $22,4 \text{ м}^3$  уравнение состояния газа примет вид

$$PV_\mu = m \cdot \frac{8314}{\mu} \cdot T. \quad \text{Откуда } \rho_y = \frac{P \cdot \mu}{8314 \cdot T}, \quad (2.16)$$

где  $\mu$  – молекулярная масса легких фракций бензина (72 кг/кмоль);

8314 Дж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная.

К легким фракциям бензина можно отнести пентан ( $C_5H_{12}$ ) с молекулярной массой 72 кг/кмоль и температурой начала кипения  $36^\circ\text{C}$ .

2. **Плотность паров бензина**, находящихся в воздухе, при температуре налива определим по формуле

$$\rho_y = \frac{101320 \cdot 72}{8314 \cdot 295} = 3 \text{ кг/м}^3.$$

3. **Потери нефтепродукта** (бензина) при заполнении транспортной ёмкости определим по формуле

$$G_T = k_T \cdot V_{зак} \cdot \rho_y \cdot (P_s / P_T). \quad (2.17)$$

Величина коэффициента  $k_T$ , при заполнении цистерны сверху открытой струёй, зависит от времени заполнения, способа налива и определяется из выражения

$$k_T = (0,7 + \sqrt[3]{\tau_H})^{-1} = (0,7 + \sqrt[3]{0,213})^{-1} = 0,771; \quad (2.18)$$

$$G_T = 0,771 \cdot 8,5 \cdot 3 \cdot \frac{32857}{101320} = 6,3 \text{ кг.}$$

Плотность паровой смеси будет равна  $6,3 / 8,5 = 0,74 \text{ кг/м}^3$ .

При наливе бензина сверху или снизу закрытой струёй:

$$k_T = 0,85 \cdot \alpha_T \cdot \sqrt{\tau_H},$$

где  $\alpha_T$  – коэффициент, учитывающий высоту  $H_E$  (равную диаметру) наливаемой ёмкости [53]:

$$\alpha_T = \begin{cases} 1 & \text{при } H_E \leq 1 \text{ м;} \\ 1/H_E & \text{при } H_E > 1 \text{ м,} \end{cases}$$

$$\alpha_T = \frac{1}{1,22} = 0,82; \quad k_T = 0,85 \cdot 0,82 \cdot \sqrt{0,213} = 0,322;$$

$$G_T = 0,322 \cdot 8,5 \cdot 3 \cdot \frac{32857}{101320} = 2,6 \text{ кг.} \quad (2.19)$$

Плотность паровой смеси будет равна  $2,6 / 8,5 = 0,3 \text{ кг/м}^3$ .

Из результатов расчёта видно, что по сравнению с наливом открытой струёй налив бензина под уровень (закрытой струёй) в рассматриваемом случае позволяет **сократить потери в 2,4 раза** ( $6,3 / 2,6$ ).

Рекомендуется также проводить ряд других мероприятий для уменьшения потерь нефтепродуктов от испарения: хранение легкоиспаряющихся жидкостей в подземных резервуарах, в вертикальных

наземных резервуарах, окрашенных в светлые цвета, отражающие солнечные лучи и обеспечивающие меньшее нагревание нефтепродукта.

Потери увеличиваются при большой поверхности испарения, поэтому для уменьшения потерь выгоднее хранить нефтепродукт в большей ёмкости, чем в нескольких малых ёмкостях.

Качественные потери происходят при длительном хранении топлива, от загрязнения и обводнения нефтепродуктов в результате внутренних химических превращений.

Для устранения потерь необходимо следить за правильным оснащением автоцистерн, своевременным проведением сервиса, нельзя допускать переполнения цистерн, разлива нефтепродуктов.

При хранении топлив при высокой температуре происходит интенсивное окисление с образованием смол. Окисление происходит под действием кислорода, которого в воздухе 21 % по объему. При повышении температуры на 10°C скорость окисления увеличивается в 3 раза.

В результате окисления октановые числа бензинов снижаются, уменьшается и теплотворная способность. Например, бензол  $C_6H_6$  до окисления имел теплотворную способность 42 МДж/кг, а после окисления кислородом (20 %) превратился в фенол  $C_6H_6O$  с теплотворной способностью 32 МДж/кг. Чем больше окислено топливо, тем меньше в нем запаса теплоты.

На рис. 2.11 показано изменение теплотворной способности (Н) бензола в результате его окисления. Теплотворная способность – это количество теплоты, Дж, выделяющейся при полном сгорании одного кг топлива.

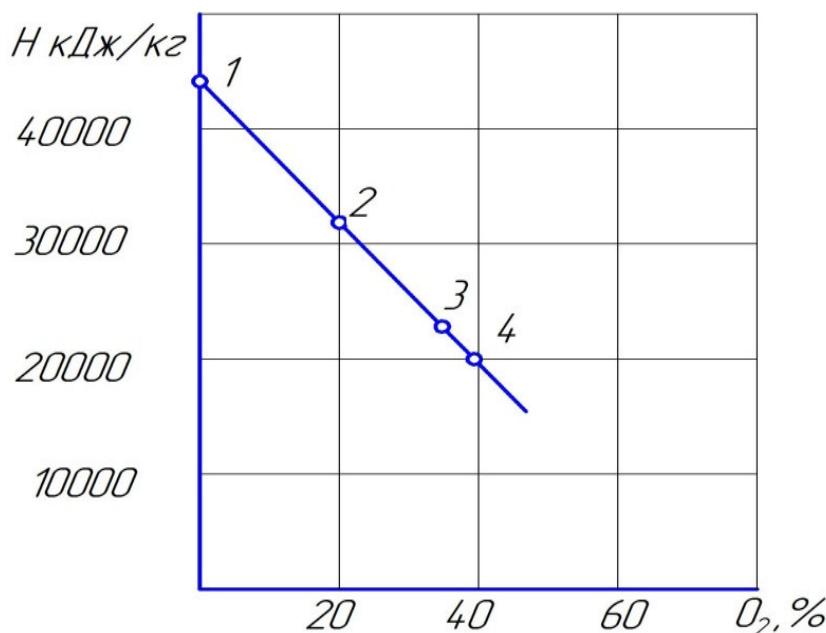


Рисунок 2.11 – Изменение теплотворной способности бензола  $C_6H_6$  (точка 1) в зависимости от степени окисления: 2 – фенол  $C_6H_6O$ ; 3 – гидрохинон  $C_6H_6O_2$ ; 4 – пирогаллол –  $C_6H_6O_3$

Если бензин хранится в наземных резервуарах, то их необходимо окрашивать в белый цвет. Он отражает солнечные лучи от поверхности резервуара, и нагрев уменьшается. Черный цвет «притягивает» солнечные лучи, увеличивая нагрев топлива.

В таблице 2.15 показано влияние цвета, применяемого при окраске резервуаров, на образование смолистых веществ при хранении нефтепродуктов.

**Таблица 2.15 – Влияние цвета окраски резервуаров на образование смолистых веществ в топливе при его хранении, мг на 100 см<sup>3</sup>**

Срок хранения нефтепродукта	Белый цвет	Черный цвет
Начало эксперимента	4	4
Срок хранения 2 месяца	5	6
Срок хранения 6 месяцев	10	25
Срок хранения 12 месяцев	20	60

От степени заполнения резервуара топливом зависит содержание смол в топливе. Например, при полном заполнении резервуара и 25 % заполнении содержание смол за 10 месяцев хранения увеличилось, соответственно, в 4 и 20 раз. Увеличение содержания смол приводит к образованию нагара в цилиндрах двигателя, снижает его мощность.

Цвет резервуара влияет на потери бензина от нагрева лучами солнечного света и испарения. В таблице 2.16 указаны потери бензина за год хранения в зависимости от цвета резервуара.

**Таблица 2.16 – Потери бензина в зависимости от цвета резервуара**

Цвет резервуара	Коэффициент отражения	Потери, %	Цвет резервуара	Коэффициент отражения	Потери, %
Черный	–	1,24	Голубой	0,85	0,56
Серый	0,47	1,03	Светло-кремовый	0,88	0,45
Алюминиевый	0,67	0,83	Белый	0,90	0,42

Срок хранения бензина зависит от индукционного периода, который представляет промежуток времени в минутах, в течение которого испытываемый бензин объемом 100 см<sup>3</sup>, находящийся в замкнутой системе в среде кислорода при давлении 0,7 МПа и температуре 100°C, не подвергается окислению. Окисление начинается при снижении давления (масса кислорода уменьшается), контролируемого по манометру. По ГОСТ Р 1105-97 индукционный период должен быть не менее 360 мин, что соответствует сроку хранения бензина до 6 месяцев.

Допустимые сроки хранения нефтепродуктов приведены в таблице 2.17.

Таблица 2.17 – Срок хранения эксплуатационных материалов в центральной климатической зоне

Виды эксплуатационных материалов	Сроки хранения
Бензин – наземный резервуар	1 год
Бензин – заглубленный резервуар	1,5 года
Дизельное топливо	4 года
Масла всех типов, антифризы, тормозные жидкости	3 года
Пластичные смазки (Литол – 24)	5 лет

Срок хранения бензинов в южных районах снижается в 2 раза. Бензин нужно хранить в ёмкостях, залитых топливом до требуемого уровня. С одного квадратного метра поверхности можно потерять за месяц хранения следующее количество топлива:

Бензин – наземное хранение.....2 кг;  
– заглубленное хранение.....0,5 кг;  
Дизельное топливо .....0,01 кг;  
Масла.....0,06 кг;  
Смазки.....0,005 кг.

В таблице 2.18 указаны потери бензина за год в зависимости от степени заполнения резервуара.

Таблица 2.18 – Влияние степени заполнения резервуара на потери бензина за год

Степень заполнения, %	Потери, %, в климатической зоне		Степень заполнения, %	Потери, %, в климатической зоне	
	средней	южной		средней	южной
90	0,3	0,4	60	1,6	2,3
80	0,6	0,9	40	3,6	5,2
70	1,0	1,5	20	9,6	13,9

Для снижения потерь топлива от испарения в резервуарах устанавливают дыхательные клапаны, которые открываются при избыточном давлении 0,01...0,02 МПа в резервуарах ёмкостью до 40 м<sup>3</sup> (автомобильные цистерны) и 0,001...0,002 МПа в стационарных резервуарах ёмкостью до 100000 м<sup>3</sup>.

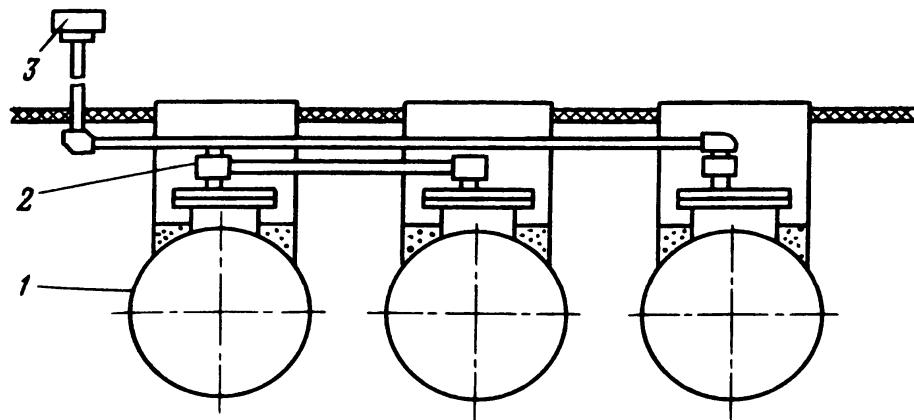


Рисунок 2.12 - Схема газовой обвязки резервуаров АЗС:  
1 – резервуары; 2 – предохранители угловые; 3 – клапан дыхательный

Для снижения потерь нефтепродуктов от испарения производят газовую обвязку резервуаров малой ёмкости (рисунок 2.12) с применением дыхательных клапанов повышенного давления (до 0,01 МПа).

Газовую обвязку целесообразнее выполнять с применением конденсатосборника (рисунок 2.13). В этом случае необходимо, чтобы операция заполнения одних резервуаров совпадала по времени с опорожнением других. Паровоздушная смесь из заполняемых резервуаров не вытесняется в атмосферу, а поступает в опорожняемые резервуары [18]. Часть паровоздушной смеси конденсируется в сборнике 8.

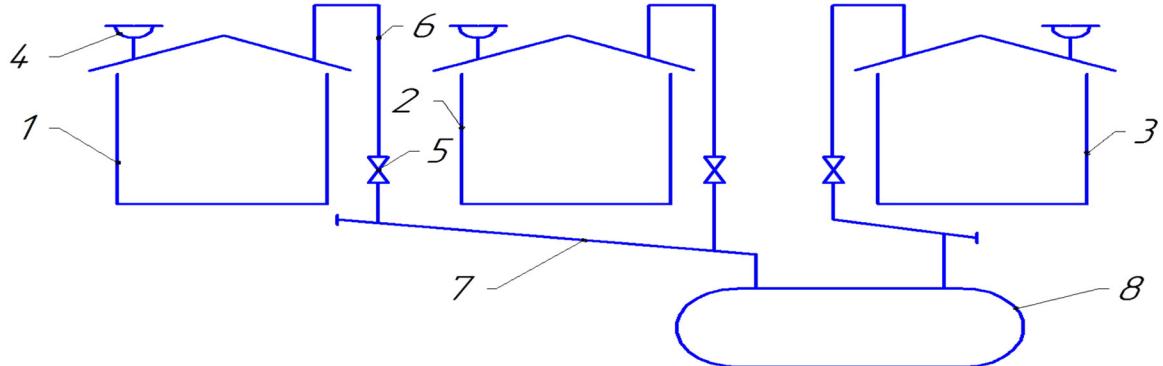


Рисунок 2.13 - Схема газовой обвязки со сборником конденсата:  
1, 2, 3 – резервуары с одинаковыми нефтепродуктами; 4 – дыхательный клапан; 5 – задвижка; 6 – отвод; 7 – коллектор; 8 – конденсатосборник

Газоуравнительная система отличается от газовой обвязки наличием конденсатосборника и газгольдера (рисунок 2.14). Они служат для того, чтобы аккумулировать часть паровоздушной смеси при несовпадении операций закачки – выкачки. Благодаря этому сокращаются потери нефтепродуктов по сравнению с газовой обвязкой, изображенной на рис. 2.6. Газгольдер 3 (англ. *держатель газа*) – стационарное стальное сооружение для приёма и хранения газовых фракций нефтепродукта.

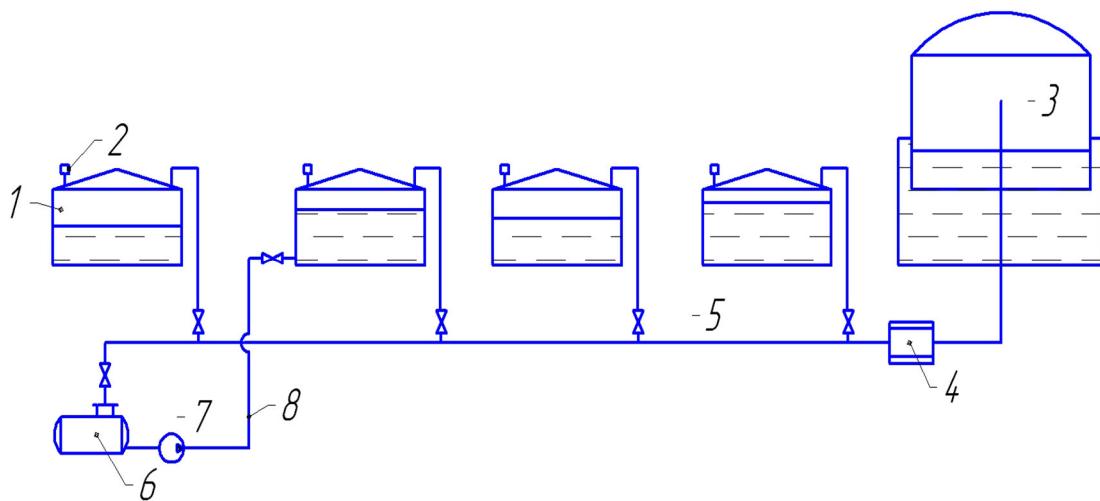


Рисунок 2.14 - Газоуравнительная система парка резервуаров: 1 – резервуар; 2 – дыхательный клапан; 3 – газгольдер; 4 – регулятор давления; 5 – сборный газопровод; 6 – конденсатосборник; 7 – насос для откачки конденсата; 8 – конденсатопровод

На рисунке 2.15 показана система, которая накапливает паровоздушную смесь, выходящую из резервуаров, в мягких резервуарах-газгольдерах. При помощи компрессора газообразная фаза нефтепродукта преобразуется в жидкость и направляется в сборник конденсата. При помощи насоса конденсат откачивается в резервуар. В данной системе пары топлива не загрязняют окружающую среду, а полностью возвращаются в резервуар в жидком состоянии.

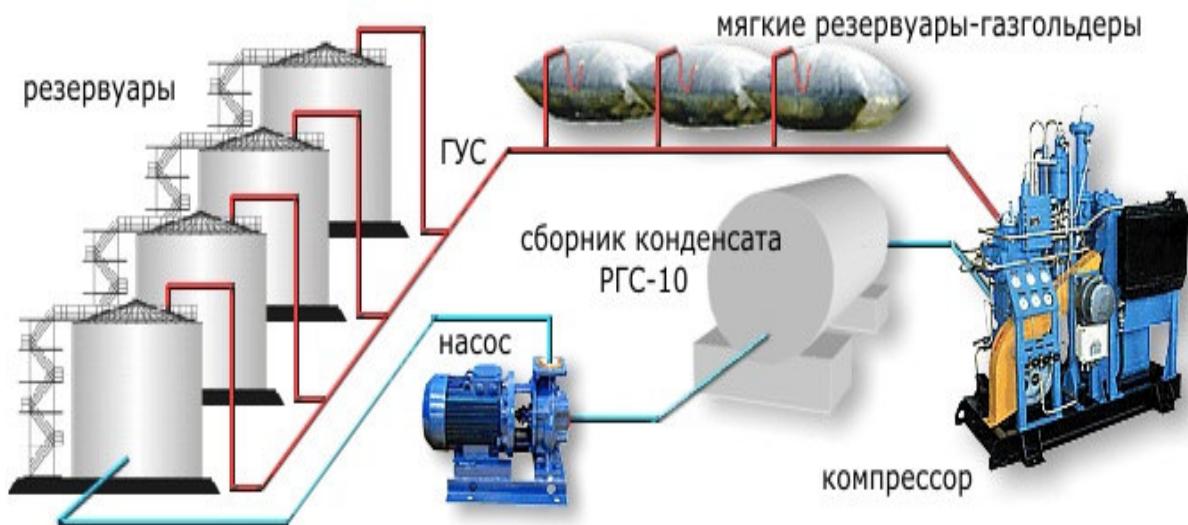


Рисунок 2.15 – Схема преобразования паровоздушной смеси в жидкость и её возврат в резервуар

Для снижения потерь нефтепродуктов от испарения применяют плавающие понтоны, которые закрывают более 95 % поверхности («зеркала») нефтепродукта. Понтоны бывают металлические и синтетические.

Важным узлом pontона является уплотнительный затвор между ковром pontona и стенкой резервуара. Конструкция уплотнения может быть мягкой и жесткой. Мягкие затворы изготавливают в виде оболочек с наполнителями (жидкость, воздух), пористого эластичного материала или резинотканевых материалов (рисунок 2.16).

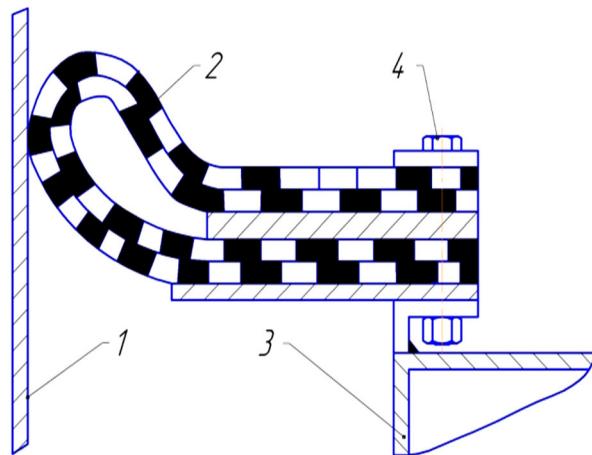


Рисунок 2.16 – Схема мягкого затвора петлевого типа: 1- стенка резервуара; 2– гибкий уплотнительный элемент; 3– корпус pontona; 4– детали крепления

Для снижения загрязнения атмосферы выбросами углеводородов в районах НПЗ, нефтебаз необходимо осуществлять мероприятия (табл. 2.19) по сокращению потерь нефтепродуктов из резервуаров.

Для эффективной работы дыхательных клапанов иногда применяются диски-отражатели (рисунок 2.17).

Таблица 2.19 – Способы сокращения потерь нефтепродуктов от испарения

Наименование мероприятия	Сокращение потерь, %
1. Оснащение резервуаров pontонами, имеющими большую емкость и оборачиваемость	80...90
2. Оборудование резервуаров со светлыми нефтепродуктами, имеющих большую оборачиваемость, дисками-отражателями	20...30
3. Герметизация резервуаров и дыхательной арматуры, своевременный профилактический ремонт трубопроводов и запорной арматуры	30...50
4. Окраска наружной поверхности резервуаров покрытиями с низким коэффициентом излучения	27...45
5. Одновременная окраска внутренней и внешней поверхностей резервуара	30...65
6. Герметизация налива в транспортные средства с использованием установки улавливания и рекуперации паров нефтепродуктов из резервуаров	80...90

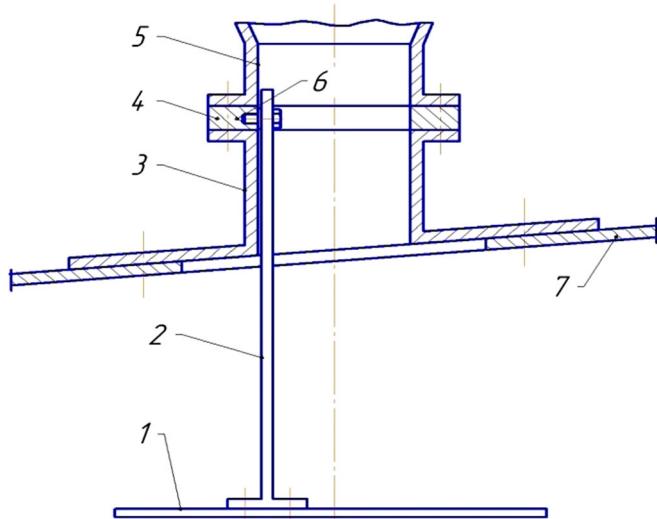


Рисунок 2.17 – Диск-отражатель: 1 – диск; 2 – стойка; 3 – монтажный патрубок; 4 – фланец; 5 – дыхательный клапан; 6 – болт для крепления стойки к фланцу; 7 – крыша резервуара

В процессе «вдоха» вертикальное движение воздушного потока переходит в горизонтальное. Вошедший воздух оттесняет пары нефтепродукта вниз, а сам занимает положение под кровлей. Эффективность дисков-отражателей ограничивается временем, равным 20...30 часов с момента выкачки и закачки нефтепродукта. При увеличении указанного интервала в результате диффузии пары нефтепродуктов перемешиваются с воздухом, заполняя пространство резервуара, что приводит к потерям нефтепродукта при очередном его заполнении.

Таким образом, потери нефтепродуктов можно уменьшить при использовании подземного хранения, окраске в белый цвет наземных резервуаров, использования понтонов, применения дыхательных клапанов, заполнения резервуаров под уровень, полным (допустимым) заполнением резервуаров, высокой герметичностью резервуаров, дыхательных и предохранительных клапанов, устранением утечек топлива.

Утечки светлых нефтепродуктов можно дополнительно снизить за счет применения хлопушек.

### **Уменьшение утечек топлива из резервуаров путем применения хлопушек**

Хлопуши (хлопушки) устанавливают внутри вертикальных резервуаров на приёмо-раздаточном патрубке. Они служат для налива и слива нефтепродуктов, а также для дополнительной защиты от возможных утечек нефтепродукта из резервуара при неисправности запорной арматуры. Хлопуша имеет корпус с наклонным срезом (рис. 2.18) и плотно прилегающей к нему крышкой, соединенной с корпусом рычажным механизмом. При наполнении резервуара струя нефтепродукта, обладая энергией скорости и давлением, приподнимает крышку хлопушки. При остановке перекачки крышка хлопушки под действием собственного веса опускается на свое место, плотно закрывая трубу



Рисунок 2.18 – Общий вид хлопушки

При выдаче нефтепродукта из резервуара крышка хлопушки открывается принудительно при помощи вращающегося барабана с намотанным на него тросом.

Крышка хлопушки изготавливается из искробезопасного материала (алюминиевого сплава). Хлопушки с условным проходом 80 мм изготавливаются без перепуска нефтепродукта в полость между задвижкой и крышкой. Хлопушки с условным проходом более 80 мм изготавливают с перепуском нефтепродукта, что позволяет снизить усилие открытия крышки хлопушки. Рекомендуемое избыточное давление в деталях хлопушки не более 0,2 МПа.

Хлопуша состоит из корпуса 1, крышки 2, пробки 3, рычага большого 4 и рычага малого 5 (рис. 2.19). К петле малого рычага 5 крепится тросик, второй конец которого зафиксирован на механизме управления хлопушей (механический привод барабана). При перекачке нефтепродукта крышка хлопушки поднимается механизмом управления, обеспечивая свободный проход. В случае отказа запорных устройств или аварии крышка хлопушки может быть опущена механизмом, перекрывая проход нефтепродукта в трубопровод. На приемных патрубках обычно хлопуша открывается потоком закачиваемой жидкости. Плотность прилегания крышки хлопушки к её корпусу обеспечивается полимерным покрытием затвора.

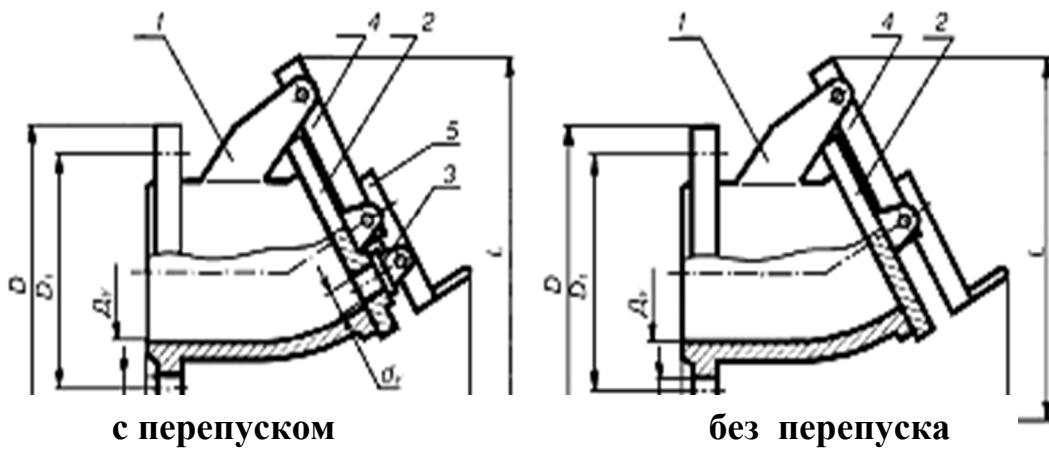


Рисунок 2.19 – Разрез хлопушки: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – пробка; 4 – рычаг большой; 5 – рычаг малый

На крышку хлопушки действует давление паровоздушной смеси, ограничивающееся дыхательным клапаном (2000 Па), и давление от столба жидкости высотой  $H$ , м ( $\rho \cdot g \cdot H$ ).

Суммарное давление действует на площадь крышки, создавая силу прижатия. Для резервуара РВС-3000 с высотой наполнения нефтепродукта от центра крышки хлопушки, равной 9 м, и плотностью нефтепродукта 900 кг/м<sup>3</sup> суммарное давление составит  $2000 + (900 \cdot 9,8 \cdot 9) = 81380$  Н/м<sup>2</sup>. При установке хлопушки ХП-300 с диаметром крышки 0,3 м и площадью 0,07 м<sup>2</sup> усилие прижатия составит 5696 Н или 580 кгс. Для снижения усилия открытия крышки перепад давления уменьшают путем выпуска под давлением нефтепродукта из полости резервуара в полость хлопушки.

В таблице 2.20 приведены основные характеристики хлопушек (ХП). Хлопушки изготавливают согласно ТУ 3689-020-10524112-2003 с учётом ГОСТа 15150-69.

Таблица 2.20 – Технические характеристики хлопушек

Наименование параметров	ХП 80	ХП 150	ХП 200	ХП 250	ХП 300	ХП 400	ХП 500	ХП 600
Условный диаметр $D_u$ , мм	80	150	200	250	300	400	500	600
Наружный диаметр $D$ , мм	185	260	315	370	435	580	710	840
Диаметр крепления $D_1$ , мм	150	225	280	335	395	525	650	770
Диаметр отверстий, мм, и их количество	18/4	18/8	18/8	18/12	22/12	30/16	33/20	36/20
Длина $L$ , мм	160	306	328	380	442	606	700	770
Высота, мм	212	308	370	385	504	686	840	960
Масса, кг	2,3	7,5	17,6	28	47	92	135	205

В зависимости от объема резервуаров нефтебаз (табл. 2.21) приёмно-раздаточные устройства могут иметь различные условные диаметры (от 150 до 500 мм).

Рекомендуемая производительность нефтепродукта в процессе закачки-выкачки должна быть в пределах от 100 до 1300 м<sup>3</sup>/ч. При больших значениях производительности (скорости движения нефтепродукта) возможно образование статического электричества.

**Таблица 2.21 – Рекомендуемые значения диаметра приёмно-раздаточного устройства и производительности нефтепродукта при закачке-выкачке от величины объема резервуара**

<b>Номинальный объем резервуара, м<sup>3</sup></b>	<b>Условный диаметр приёмно-раздаточного устройства, мм</b>	<b>Максимальная производительность при закачке-выкачке, м<sup>3</sup>/ч</b>
1000	150	100
	200	200
	250	300
2000	200	200
	250	250
	300	300
3000	250	250
	300	300
	350	400
5000	350	700
	400	870
	500	1300

По условному диаметру приёмно-раздаточного устройства подбирают марку хлопушки.

### 3 ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

#### 3.1 Влияние качества моторного топлива на работу двигателя

##### 3.1.1 Влияние качества бензина на работу двигателя

Решение о возможности использования нефтепродукта по назначению принимается на основании его паспорта. Показатели топлива, приведенные в паспорте, позволяют сделать заключение о соответствии его стандарту и оценить возможность применения в различных условиях эксплуатации автомобилей. Одновременно данные паспорта позволяют предвидеть возможные отклонения в работе двигателя от нормального режима при использовании этого топлива и провести необходимые профилактические мероприятия и регулировки.

Качество автомобильных бензинов определяется следующими показателями, которые представлены в таблице 3.1 с расшифровкой их влияния на технико-экономические показатели двигателя.

Наименования этих показателей содержатся в стандартах: ГОСТ 2084-77, ГОСТ Р5105-97, ГОСТ Р 51866-2002

Таблица 3.1 – Регламентируемые показатели автомобильных бензинов и их влияние на эксплуатационные свойства двигателя

№ п/п	Наименование показателя	Влияние показателя на работу двигателя
1.	Детонационная стойкость, определяемая октановым числом	<p>Определяет характер горения бензина. Если октановое число бензина меньше нормы то бензин, (самовоспламеняется от сжатия раньше положенного времени) после зажигания смеси от искры, взрывается (детонационное сгорание протекает с очень высокой скоростью и создает в цилиндре повышенные давление и температуру) и это вызывает уменьшение мощности двигателя, повышение расхода топлива, увеличение износа деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателя (повреждение шатунов и расплавление поршневых отверстий, обгорание днища поршня, оплавление канавок компрессионных колец, прогорание выпускающих клапанов и прокладки головки блока цилиндров и т.д.).</p> <p><i>Использование бензина с другим октановым числом.</i></p> <p>Некоторые автолюбители хотят модернизировать свой автомобиль с таким расчетом, чтобы вместо бензина АИ-93</p>

Продолжение таблицы 3.1

№ п/п	Наименование показателя	Влияние показателя на работу двигателя
		<p>можно было использовать более дешевое топливо - А-76 (А-80). Для этого в конструкцию двигателя необходимо внести изменения, которые обеспечат нормальную (бездетонационную) его работу на новом, низкооктановом бензине. Среди автолюбителей широко распространено мнение, что добиться желаемого можно, применив один из следующих способов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установка позднего зажигания;</li> <li>2. Подача воды во впускной трубопровод;</li> <li>3. Уменьшение степени сжатия.</li> </ol> <p>Кратко рассмотрим эти способы, не углубляясь в вопросы теории. Следует отметить, что первый и наиболее простой из них - установку позднего зажигания путем соответствующего поворота корпуса распределителя - нельзя рекомендовать для постоянной эксплуатации автомобиля. При достаточно позднем зажигании двигатель действительно работает без детонации, но в этом случае из-за позднего и продолжительного сгорания тепловой режим его становится чрезмерно высоким: перегреваются поршни, поршневые кольца, выпускные клапаны и двигатель в целом. Длительная эксплуатация двигателя при позднем зажигании неизбежно сократит срок его службы, причем вероятны аварийные поломки из-за прогорания клапанов и по другим причинам.</p> <p><i>Работа двигателя с подачей воды</i> во впускной трубопровод детально и обстоятельно исследована учеными и инженерами. Был сделан следующий вывод: подача определенного количества распыленной воды позволяет двигателю работать без детонации на бензине с пониженным октановым числом. Однако практическому применению этого способа препятствуют следующие обстоятельства.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Во-первых, заметный положительный эффект можно получить только при большом количестве подаваемой воды. Например, для того чтобы двигатель, рассчитанный на бензин АИ-93, мог нормально работать на бензине с октановым числом 76, расход воды должен составлять не менее 15...20 % расхода топлива. Другими словами, за время использования полного бака бензина (около 50 л) в двигатель должно быть подано около 7,5...10 л воды. Следовательно, в автомобиле необходимо иметь большие емкости для воды, что, разумеется, неприемлемо с практической точки зрения.</li> <li>• Во-вторых, для получения удовлетворительных результатов количество подаваемой воды обязательно следует дозировать и изменять в строгом соответствии с изменением режима движения автомобиля (его скорости, нагрузки, профиля дороги и т. д.), чего реально можно добиться только с</li> </ul>

помощью сложной автоматической системы регулирования. Никакие способы «ручного» регулирования (различными кранами и т. п.) здесь непригодны, так как они не обеспечивают необходимой точности.

- В-третьих, при работе с подачей воды существенно снижается долговечность двигателя. Следовательно, и этот способ нельзя рекомендовать для практического использования.

*Третий способ* может быть с успехом реализован автолюбителями. Он заключается в *снижении степени сжатия двигателя*. Для этого необходимо увеличить объем камеры сгорания, поставив дополнительную прокладку под головку блока цилиндров. Толщина дополнительной прокладки должна быть для автомобилей строго индивидуальной, например, для ВАЗ-2103, ВАЗ-2106 – 1,3…1,5 мм, для ВАЗ-2105 – 1…1,2 мм. Прокладку изготавливают из листа алюминиевого сплава АМ-5 (или аналогичного) и устанавливают между головкой блока цилиндров и штатной уплотнительной прокладкой (конфигурация ее такая же). В качестве дополнительной прокладки вместо специально изготовленной металлической недопустимо использовать штатную, т. е. ставить под головку две штатные прокладки. Такой комплект из двух металло-асбестовых уплотнительных прокладок недолговечен: металлическая окантовка отверстий для цилиндров, лишенная тесного контакта с массивной головкой блока, чрезмерно нагревается и через короткое время разрушается. Вслед за этим прокладки прогорают, а двигатель выходит из строя. Автолюбителям следует знать, что при переходе на бензин А-76 мощность двигателя из-за снижения степени сжатия несколько уменьшается, а расход топлива повышается на 7…10%, т.е. приблизительно на 0,6…1,0 л на 100 км пробега автомобиля. Для снижения степени сжатия не допускается использовать дополнительные переходники любой конструкции, которые вворачивают в отверстия для свечей зажигания. Практика показала, что эти детали при работе двигателя перегреваются, появляется калильное зажигание, смесь преждевременно воспламеняется в цилиндрах.

Применение этила для повышения октанового числа бензина крайне нежелательно. К такому способу можно прибегнуть лишь в крайнем случае, так как очень сложно рассчитать точную дозировку этила для того, чтобы октановое число 76-го бензина повысить до 92-го или 95-го. Применение такой «суррогатной» смеси в двигателях современных иномарок может привести к печальным последствиям (выход из строя топливной аппаратуры и прогар поршней). При нынешних расценках на услуги автосервиса экономия на бензине может обернуться для вас дорогостоящим ремонтом

		двигателя. Если вы залили неподходящий для машины бензин, прислушайтесь к работе двигателя. Если машина на нештатном топливе стала хуже тянуть - не страшно. Не открывайте дроссельную заслонку до конца, чтобы перегрузкой не спровоцировать детонацию. Если двигатель резко теряет мощность и быстро перегревается, слышен посторонний стук, из выхлопной трубы валит черный дым, это серьезно. Вы имеете дело с детонацией, при которой эксплуатировать двигатель нельзя. Существуют так называемые стабилизаторы октанового числа. Они немного повышают детонационную стойкость бензина, стабилизируют процесс сгорания и, кстати, очищают систему питания. Пузырек такой «химии» обычно рассчитан на одну заправку. Иногда это помогает. Многие современные автомобили оборудованы специальными устройствами, которые при первых признаках детонации изменяют угол опережения зажигания и выводят двигатель в относительно нормальный режим. Такие машины «безболезненно» реагируют на нештатный бензин (но только «слегка» нештатный), при этом мощность двигателя снижается, а расход топлива возрастает.
2.	Концентрация свинца	Нарушение экологии, ускоренный выход из строя катализаторов и кислородных датчиков. При значительном превышении не только загрязняется атмосфера, но и образуется нагар на деталях двигателя, который может привести к его выходу из строя
3.	Фракционный состав	<p>Обеспечивают оптимальную работу двигателя исходя из температуры окружающей среды.</p> <p><b>Внимание!</b> Влияние фракционного состава на пуск двигателя: Данные по фракционному составу должны приводиться в паспортах качества бензина и соответственно обозначаться, как:</p> <p><math>T_{н.п}</math> (температура начала перегонки)  <math>T_{10\%}</math> (температура испарения 10% топлива)  <math>T_{50\%}</math> (температура испарения 50% топлива)  <math>T_{90\%}</math> (температура испарения 90% топлива)  <math>T_{к.п}</math> (температура конца перегонки, тяжелые фракции)</p> <p>Порядок определения температуры окружающего воздуха, при которой запуск двигателя гарантирован на 100% – параметр «<math>T_{10\%}</math>» разделить на величину 1.25 и от всего полученного отнять величину «59», для примера:</p> $T_{возд} = ( T_{10\%} / 1,25 ) - 59.$ <p>Определение температуры окружающего воздуха, при которой запуск двигателя гарантирован на 50%:</p> $T_{возд} = 0,5 \cdot T_{10\%} - 50,5.$ <p>Фракционный состав бензина вещь противоречивая. Легкие фракции (<math>T_{10\%}</math>) с одной стороны улучшают пуск холодного двигателя, с другой способствует образованию паровых пробок. Чем ниже эта температура, тем легче и быстрее</p>

		<p>можно пустить холодный двигатель, так как большое количество бензина будет попадать в цилиндры в паровой фазе. Поэтому, бензины делят на зимний (1 октября...1 апреля) и летний (1 апреля...1 октября), а Омский НПЗ имеет еще и промежуточный бензин. Вполне возможно, что жалобы водителей в весенне время на временное пропадание мощности связаны именно с заправкой зимним бензином во время резкого потепления.</p> <p>Рабочие фракции (<math>T_{50\%}</math>) влияют на приемистость двигателя, а также скорость его прогрева. Поэтому при гаражном хранении зимой есть смысл брать бензин с большей долей этой фракции, для ускорения прогрева, снижения расхода и улучшения динамики. После пуска двигателя интенсивность его прогрева, устойчивость работы на малой частоте вращения коленчатого вала и приемистость (интенсивность разгона автомобиля при полностью открытом дросселе) зависят главным образом от температуры перегонки 50% бензина (<math>t_{50\%}</math>). Чем ниже эта температура, тем легче испаряются средние фракции бензина, обеспечивая поступление в непрогретый еще двигатель горючей смеси необходимого состава, устойчивую работу на малой частоте вращения коленчатого вала двигателя и хорошую приемистость.</p> <p>По температуре перегонки 90% (<math>t_{90\%}</math>) и температуре конца перегонки (кипения) судят о наличии в бензине тяжелых трудноиспаряемых фракций, интенсивности и полноте сгорания рабочей смеси и мощности, развиваемой двигателем. Для обеспечения испарения всего бензина, поступающего в цилиндры двигателя, эти температуры должны быть как можно более низкими.</p> <p>Применение бензина с высокой температурой конца перегонки приводит к повышенным износам цилиндров и поршневой группы вследствие смывания масла со стенок цилиндров и его разжижения в картере, а также неравномерного распределения рабочей смеси по цилиндрам.</p>
4.	<p>Давление насыщенных паров</p> <p>Физическая стабильность</p>	<p>Превышение этого параметра приводит к увеличению вероятности образования паровых пробок при высоких температурах, а понижение параметра затрудняет пуск двигателя зимой. Кроме того, характеризует физическую стабильность бензина.</p> <p>Наиболее глубокие изменения свойств бензина возможны в результате двух физических процессов: нарушения однородности бензина вследствие выпадения кристаллов высокоплавких углеводородов и испарения его легких фракций.</p> <p>Кристаллизация углеводородов в стандартных отечественных автомобильных бензинах происходит при очень низких температурах (ниже – 60 °C), поэтому при их использовании</p>

		возможна эксплуатация автомобилей в суровых зимних условиях без нарушения работы двигателей и систем питания. При транспортировке и хранении бензина происходит испарение легких фракций, ухудшающее пусковые свойства бензина. Потери от испарения влияют на начальные точки разгонки бензина, его октановое число и особенно сильно на давление насыщенных паров, которое при испарении 3...4% бензина может снизиться в 2...2,5 раза.
5.	Кислотность	Превышение этого параметра выше нормы вызывает коррозию приборов системы питания и деталей двигателя, приводит к снижению его надежности. Органические кислоты корректируют металлы значительно слабее, чем минеральные. В основном они представляют опасность для цветных металлов, и в первую очередь для свинца и цинка (особенно в присутствии воды), т.е. органические кислоты вызывают ускоренный износ вкладышей коренных и шатунных подшипников коленчатого вала, втулок верхней головки шатуна и других деталей (кроме алюминиевых). При хранении – количество органических кислот в бензине, в результате окисления непредельных углеводородов, возрастает. Стандартами содержание органических кислот в бензине строго ограничивается.
6.	Концентрация фактических смол  Химическая стабильность	Повышенное содержание приводит к усиленному нагарообразованию деталей цилиндропоршневой группы. Превышение нормы этого параметра уменьшает пропускную способность жиклеров и, естественно, вызывает обеднение рабочей смеси карбюраторных двигателей, ускоряет засорение или закоксовывание распылителей и форсунок системы впрыска. Значительное увеличение содержания смол (2...3 раза) снижает ресурс двигателя (на 20...25%), приводит к отказу в работе свечей зажигания (замыкание свечей), зависанию клапанов, залеганию колец и т.д. Изменение свойств бензина может произойти и вследствие химических превращений его компонентов и в первую очередь в результате окисления непредельных углеводородов, образующих смолы при длительном хранении бензина. По мере испарения бензина смолы оседают на деталях карбюратора и впускной системы двигателя. В небольших количествах они также проникают в камеру сгорания, где вместе с несгоревшим топливом и маслом образуют нагар, оказывающий вредное влияние на работу двигателя (снижается объем камеры сгорания, увеличивается степень сжатия, как следствие возникает детонация на рекомендованном бензине и т.д.).
7.	Индукционный период	Склонность топлив к окислению и смолообразованию при их длительном хранении характеризуется индукционным периодом - временем (выраженным в минутах), в течение

		которого испытуемый бензин в среде чистого кислорода под давлением 0,7 МПа и при температуре 100°C практически не подвергается окислению. Чем больше индукционный период, тем стабильнее бензин и тем дольше его можно хранить (от 6 мес. до 6 лет в зависимости от климатических условий и тары, в которой он хранится). Индукционный период обычных отечественных бензинов составляет 600...900 мин, а бензинов со знаком качества - 1200 мин.
8.	Массовая доля серы	Большое ее количество способствует образованию окислов, которые при взаимодействии с парами воды в цилиндре (особенно на холодном двигателе, когда температура стенок цилиндров ниже 100°C) вызывают интенсивную химическую коррозию цилиндро-поршневой группы, клапанов и т.д. Увеличение сернистых соединений в составе бензина с 0,003 до 0,1% увеличивает скорость изнашивания в 2,8 раза, а при содержании в количестве до 0,2% - почти в четыре раза. При эксплуатации автомобиля на таком бензине значительно увеличивается нагарообразование с последующими последствиями. Ухудшает экологические показатели.
9.	Испытание на медной пластинке	Характеризует присутствие активных сернистых соединений, которые корролируют металл даже при низких температурах. Испытание воздействия бензина на медную пластину в течение трех часов при повышенной температуре (50 °C) служит качественной пробой на присутствие в нем активных сернистых соединений. Бензин считается не выдержавшим испытание, если пластина покрывается черными, темно-коричневыми или серо-стальными пятнами.
10.	Водорастворимые кислоты и щелочи	Водорастворимые кислоты вызывают коррозию всех металлов. Водорастворимые щелочи вызывают коррозию алюминия.
11.	Механические примеси и вода	Первые засоряют фильтры, ускоряют износ деталей системы питания и двигателя. Вода теоретически (если она во взвешенном состоянии) улучшает процесс сгорания и повышает детонационную стойкость бензина, очищает детали ЦПГ от нагара. Практически вызывает коррозию, может вызвать гидроудар в цилиндре, остановить работу двигателя или закупорить трубопроводы, замерзнув в них зимой.
12.	Цвет и внешний вид	Если нормируется, служит первичным признаком определения качества. Этилированные бензины должны быть окрашены в оранжево-красный цвет. Остальные либо бесцветные, либо бледно-желтые, для некоторых цвет не определен. Характеризует чистоту и отсутствие примесей.
13.	Плотность	Влияет на расход бензина.

### 3.1.2 Влияние качества дизельного топлива на работу двигателя

Качество дизельного топлива определяется показателями, регламентированными ГОСТ Р 52368 – 2005. Влияния показателей на работу двигателя представлены в таблице 3.2

**Таблица 3.2 – Регламентируемые показатели дизельного топлива и их влияние на эксплуатационные свойства двигателя**

№ п/ п	Наименование показателя	Влияние показателя на работу двигателя
1	2	3
1.	Цетановое число	Характеризуют самовоспламеняемость дизельных топлив. При низких показателях (ниже 40 единиц) происходит жесткая работа двигателя (возникает характерный металлический стук, напоминающий детонацию в бензиновом двигателе, вибрация, перегрев поршней и головок цилиндров и др.), смесь плохо самовоспламеняется. При более высоких значениях цетанового числа (более 50 единиц)- происходит преждевременное самовоспламенение смеси и в результате происходит перерасход топлива, падение мощности, работа двигателя с обильным выделением дыма.
2.	Цетановый индекс	
3.	Плотность	Повышение плотности ухудшает экономичность двигателя и увеличивается дымность. При малой плотности «уменьшается» длина струи, ухудшается процесс смесеобразования. Плотность дизельного топлива нормируется (в отечественных стандартах) при температуре +20 °С: для летнего топлива- не более 860 кг/м <sup>3</sup> , зимнего- не более 840 кг/м <sup>3</sup> и арктического- не более 830 кг/м <sup>3</sup> . В зарубежных стандартах плотность нормируется при температуре +15 °С. По европейскому стандарту EN 590 плотность летних дизельных топлив должна составлять 820...850 кг/м <sup>3</sup> , зимних — 800...845 кг/м <sup>3</sup> .
4.	Полициклические ароматические углеводороды	Характеризует склонность к нагарообразованию
5.	Содержание серы	Вызывает химический износ деталей двигателя (из-за образования внутри цилиндра серной и др. кислот), сокращение срока службы моторных масел, нарушение экологии. При производстве дизельных топлив из сернистых нефтепродуктов получают газойлевые и соляровые дистилляты с содержанием серы до 1,0...1,3 %. Серу из дистиллятов удаляют каталитическим способом, позволяющим снизить ее содержание до 0,2...0,5 %,

			<p>что по ГОСТ 305-2013 является допустимой нормой. Повышенное до 0,6 % содержание серы в топливах приводит к увеличению износа гильз цилиндров и поршневых колец в среднем на 15 %, а повышение до 1 % ускоряет этот процесс в 1,5 раза.</p> <p>Из активных сернистых соединений (элементарная сера, меркаптановая сера, сероводород) наибольшей коррозионной агрессивностью обладает меркаптановая сера. Содержание ее в топливах не должно превышать 0,01 % (норма по ГОСТ). При повышении массовой доли меркаптановой серы до 0,06 % коррозионный износ плунжерных пар и деталей форсунок увеличивается в 2 раза. Поэтому при производстве дизельных топлив обязательно проводят их коррозионные испытания медной пластинкой. Если медная пластинка выдерживает испытания, то коррозионная агрессивность топлива отсутствует.</p> <p>Кроме того, учитывая высокую коррозионную агрессивность и низкую химическую стабильность меркаптанов, помимо испытания на медную пластинку (качественная оценка), содержание в производимом топливе меркаптановой серы определяют еще и потенциометрическим методом.</p> <p>По количеству серы судят о коррозионной стойкости топлива. При работе дизеля на сернистом топливе образуются прочные трудноудаляемые нагар и лаковые отложения, а при работе двигателя с пониженной температурой охлаждающей жидкости увеличивается химический износ цилиндров и поршневых колец (из-за образования внутри цилиндра кислот на основе серы). Высокая коксуемость топлива также вызывает заклинивание и повышенный износ колец.</p> <p>Частицы меркаптановой серы при окислении образуют смолы. В сочетании со смолами, образующимися из олефинов, и фактическими смолами, содержащимися в топливе, это приводит к осаждению на запорных иглах форсунок лаковой пленки, что со временем вызывает зависание игл. Кроме того, из окислов серы образуются сильнодействующие кислоты, вызывающие коррозию деталей. Повышенная кислотность топлива, определяемая содержанием водорастворимых кислот и щелочей, ускоряет износ коренных и шатунных подшипников коленчатого вала, особенно если они выполнены из свинцовистой бронзы.</p>
6.	Температура вспышки закрытом тигле	в	Характеризует огнеопасность и однородность состава топлива
7.	Коксуемость		Характеризует склонность топлива к

		нагарообразованию
8.	Зольность	С увеличением зольности значительно возрастает износ деталей топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы
9.	Механические примеси и вода	<p>Влияет на износ деталей топливной аппаратуры.</p> <p>Влияет на срок службы топливных фильтров.</p> <p>Механические примеси и вода в топливах для автомобильных дизелей по ГОСТ 305-82 недопустимы. При наличии в дизельном топливе механических примесей происходит засорение фильтрующих элементов, ускоренный износ топливоподающей аппаратуры. При понижении температуры из воды, находящейся в топливе, образуются кристаллы льда, которые забивают фильтрующие элементы, что уменьшает подачу топлива в двигатель. Применение дизельного топлива с водой при положительной температуре приводит к разрушению фильтрующих элементов. Однако в связи с «чувствительностью» метода оценки содержания механических примесей (ГОСТ 6370-83) и воды (ГОСТ 2477-2014) за отсутствие загрязнений принимаются содержание в топливе механических примесей до 0,005 % и воды до 0,03 % (по массе). Содержание воды в нефтепродуктах до 0,025 % включительно называют «следами».</p> <p>Содержание в топливе загрязнений, способных закупоривать поры бумажных фильтров и нарушать работу топливной аппаратуры (механических примесей, воды, смол, серы, нафтенатов) регламентируется коэффициентом фильтруемости, значение которого тем выше, чем больше в топливе примесей. Степень очистки дизельного топлива, определяемая коэффициентом фильтруемости, не должна превышать 3. Наиболее опасными считаются механические примеси.</p>
10.	Коррозия медной пластиинки	Характеризует наличие активных сернистых соединений
11.	Окислительная стабильность	Характеризует склонность к длительному хранению
12.	Смазывающая способность	Характеризует смазывающие способности деталей топливной аппаратуры при низком содержании серы
13.	Кинематическая вязкость	<p>С <i>уменьшением вязкости</i> увеличивается износ прецизионных деталей из-за снижения смазывающих свойств топлива, снижается цикловая подача, снижается давление впрыска, увеличивается нагарообразование, падает мощность двигателя, топливо больше подтекает через неплотности в плунжерных парах, форсунках и т.д.</p> <p>С <i>повышением вязкости</i> ухудшается фильтруемость</p>

		<p>топлива, процесс смесеобразования, испаряемость и полнота сгорания топлива. При распылении образуются крупные капли, длинная струя и, как следствие, топливо сгорает не полностью, возникает дымление, перерасход топлива, снижение мощности двигателя, отложение нагара. В холодное время двигатель плохо запускается.</p> <p>А также с увеличением вязкости при понижении температуры окружающего воздуха ухудшается подача топлива в двигатель, а при очень низких отрицательных температурах топливо теряет текучесть. При этом из топлива выделяются кристаллы парафина, забивающие фильтры и топливопроводы.</p>
14.	Фракционный состав испаряемость	<p>и</p> <p>Характеризуют испаряемость, пусковые свойства. Фракционный состав и испаряемость дизельного топлива определяются его физико-химическими свойствами. Если на первую стадию смесеобразования - распыливание - решающее влияние оказывает вязкость топлива, то на вторую стадию (испарение) - его испаряемость.</p> <p>По ГОСТ 305-2013, испаряемость дизельного топлива, характеризуемая фракционным составом, определяется температурами выкипания 50 и 96 процентов топлива (соответственно <math>t_{50\%}</math> и <math>t_{96\%}</math>). Температура начала кипения отечественных дизельных топлив обычно находится в пределах 170...200°C, <math>t_{50\%}</math> составляет 255...280°C, а температура конца перегонки (<math>t_{96\%}</math>) примерно равна 330...360°C.</p> <p>Показатель температуры <math>t_{50\%}</math> характеризует пусковые качества топлива. Чем эта температура ниже, тем более облегчен фракционный состав данного топлива тем быстрее и полнее оно испаряется в камере сгорания. Однако после прогрева двигателя до рабочей температуры топливо с облегченным фракционным составом вызывает жесткую работу дизеля.</p> <p>Температура <math>t_{96\%}</math> указывает на содержание в топливе высококипящих углеводородов (трудноиспаряющаяся фракция), которые во время рабочего процесса в камере сгорания испаряются медленно и неполно. Повышение доли этой фракции ухудшает смесеобразование и вызывает неполное сгорание топлива, затрудняет пуск дизеля, снижает его экономичность и увеличивает дымность отработавших газов, двигатель пускается с трудом, повышается нагарообразование, закоксовываются форсунки, интенсивнее идет износ деталей. Поэтому дизельные топлива должны обладать оптимальной испаряемостью.</p>
15.	Предельная	Характеризует низкотемпературные свойства.

	<p>температура фильтруемости</p>	<p>Для экологически чистых дизельных топлив введен дополнительный показатель - <i>предельная температура фильтруемости</i>. Данную температуру определяют путем прямой фильтрации топлива при заданной температуре или в определенном интервале температур. Предельная температура фильтруемости для летнего дизельного топлива составляет <math>-5^{\circ}\text{C}</math>, а для зимнего <math>-25^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>Учитывая, что в нашей стране преобладает холодный климат, для зимних и арктических марок дизельных топлив установлены требования к низкотемпературным свойствам.</p> <p>Низкотемпературные свойства дизельных топлив улучшают двумя способами: удалением из их состава высокоплавких парафинов нормального строения или добавлением в них депрессорных присадок.</p> <p>Дизельные топлива с депрессорными присадками, выпускаемые в соответствии с ТУ 38.101889-81, маркируют как ДЗп. Добавление депрессорных присадок в дизельное топливо приводит к снижению температуры застывания с <math>-10^{\circ}\text{C}</math> до <math>-35^{\circ}\text{C}</math> и снижению предельной (соответствующей температуре применения топлива) температуры фильтрации с <math>-5^{\circ}\text{C}</math> до <math>-20^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>Депрессорные присадки этилцеллозольва (жидкость «И») и ТГФ-М существенно снижают температуру застывания и предельную температуру фильтруемости и практически не изменяют температуру помутнения.</p> <p>Депрессорная присадка «Аспект-Д» вводится в летние и зимние топлива из расчета 2 г на 1 кг топлива. Присадка обеспечивает бесперебойную работу дизеля до температуры <math>-20^{\circ}\text{C}</math>, что значительно сокращает время пуска холодного двигателя.</p> <p><b>Внимание!</b> Присадку следует добавлять в топливо, в котором нет выпавших кристаллов парафина.</p> <p>Введение присадки «Аспект-Д» снижает токсичность отработавших газов (по углеводородам на 20...30 %, по оксидам углерода и азота - на 5%) и дымность (в среднем на 40 %), расход топлива до 3%, увеличивает ресурс дизеля на 30%.</p> <p>Некоторые присадки к дизельным топливам снижают только температуру застывания, но не влияют на температуру фильтруемости, что приводит к образованию в топливных баках двух слоев: верхнего (прозрачного) слоя, обладающего пониженным цетановым числом, и нижнего (мутного), содержащего мелкие кристаллы парафина.</p> <p>При отсутствии зимнего («З») и арктического («А»)</p>
--	----------------------------------	---

		товарных дизельных топлив допускается разбавление летнего («Л») и зимнего топлив тракторным керосином. Однако следует помнить, что разбавленное керосином дизельное топливо теряет часть своих смазывающих свойств, что приводит к ускоренному изнашиванию деталей топливной аппаратуры. Кроме того, такое топливо более пожароопасно. Допускается также добавление в дизельное топливо специальных добавок - антигелей, снижающих его предельную температуру фильтруемости и обеспечивающих эксплуатацию дизельных двигателей при сверхнизких температурах (до -47°C).
16.	Температура помутнения застывания и	Характеризуют низкотемпературные свойства. Низкотемпературные свойства дизельных топлив, характеризуемые температурами помутнения и застывания, оценивают, устанавливая предельно низкую температуру окружающей среды (воздуха), при которой его подача из топливного бака к двигателю происходит бесперебойно. Температурой помутнения называется температура, при которой топливо теряет прозрачность в результате выпадения кристаллов н-парафиновых углеводородов или микрокристаллов льда, но не теряет текучести. Микрокристаллы высокоплавких углеводородов образуют в фильтре тонкой очистки непроницаемую для топлива парафиновую пленку, в результате чего подача топлива прекращается. Чаще всего это проявляется при пуске и прогреве дизеля, так как в это время в подкапотном пространстве еще сохраняется низкая температура. Температура помутнения должна быть на 5...10 °С ниже температуры окружающей среды в которой работает двигатель, чтобы на фильтре не образовалась парафиновая пленка. Температура застывания должна быть на 5...15 °С ниже чем температура помутнения в зависимости от химического состава топлива.

### 3.1.3 Влияние показателей газообразных топлив на работу двигателя

Показатели качества сжиженных нефтяных газов и их влияние на работу двигателя представлены в таблице 3.3.

Показатели качества сжатых природных газов представлены в таблице 3.4.

### 3.1.4 Особенности применения альтернативных топлив

На сегодняшний день в мировой практике все больше применение находят альтернативные топлива не нефтяного происхождения.

В первую очередь это спиртовые топлива метанол и этанол. В странах Европы широко применяется топливо Е 10, который состоит из десяти процентов бензина. В США и на автомобилях этой страны предусмотрено применение топлива Е 85, состоящий из восьмидесяти пяти процентов этанола и пятнадцати процентов бензина.

**Таблица 3.3 – Влияние показателей качества сжиженных газов на работу двигателя**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование показателя</b>	<b>Влияние показателя на работу двигателя</b>
1.	Массовая доля компонентов: - сумма метана и этана - пропан - сумма углеводородов выше С <sub>4</sub> - сумма непредельных углеводородов	Характеризует теплоту сгорания
2.	Давление насыщенных паров при температуре +45°C - 20°C -35°C	Характеризует температурные условия работы
3.	Массовая доля серы и сернистых соединений	Характеризуют химическую агрессивность
4.	Массовая доля сероводорода	

**Таблица 3.4 – Влияние показателей сжатых газов на работу двигателя**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование показателя</b>	<b>Влияние показателя на работу двигателя</b>
1.	Низшая теплота сгорания	Характеризует способность выделения тепловой энергии
2.	Октановое число по моторному методу	Характеризует детонационную стойкость
3.	Содержание сероводорода	Характеризует химическую агрессивность
4.	Содержание меркаптановой серы	
5.	Содержание механических примесей	Характеризует чистоту или уровень очистки
6.	Суммарная объемная доля негорючих компонентов	Характеризует образование золы
7.	Объемная доля кислорода	Характеризует количество балласта
8.	Содержание паров воды	

Для применения в дизельных двигателях за рубежом выпускается биодизель, который вырабатывается из растительного масла (большей частью из рапсового).

Находит также широкое применение производство биогаза, получаемое путем брожения навоза. Получаемый газ метан служит как топливо для коммунально-бытовых нужд и для работы газовых дизельных двигателей с уменьшенной степенью сжатия.

### **3.2 Показатели качества моторных масел и их влияние на работу двигателя**

Показатели минеральных моторных масел и их влияние на работу двигателя представлены в таблице 3.5.

Главные недостатки минеральных моторных масел производимых из масляных фракций нефти, следующие: низкие вязкостно-температурные свойства, определяемые показателем индекс вязкости, влияющий главным образом на низкотемпературные пусковые свойства двигателя. Следующий недостаток, это наличие металлических присадок (см. таблица 3.4.) которые полируют (изнашивают) сопряжения двигателя.

**Таблица 3.5 – Показатели моторных масел и их влияние на работу двигателя.**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование показателя</b>	<b>Влияние показателя на работу двигателя</b>
1.	Вязкость кинематическая	Характеризует вязкостно-температурные свойства. <b>Вязкостью</b> называется свойство жидкости оказывать сопротивление при перемещении ее слоев под действием внешней силы. Это свойство является следствием трения, возникающего между молекулами жидкости.
2.	Индекс вязкости	Вязкость существенно меняется с изменением температуры. С понижением температуры взаимодействие между молекулами усиливается, и вязкость масла увеличивается. Так, например, при изменении температуры на 100°C вязкость масла может изменяться в 250 раз. С повышением давления вязкость масла возрастает. Величины давления в масляной пленке, заключенной между трещимися поверхностями, могут быть значительно выше, чем сами нагрузки на эти поверхности. В масляной пленке коренного подшипника коленчатого вала двигателя величина давления достигает 500 МПа. Правильный выбор вязкости масла в значительной мере влияет на скорость изнашивания. Высоковязкие масла при низкой температуре загустевают и плохо поступают к трещимся поверхностям деталей. В то же время пуск и прогрев двигателя на менее вязких (жидких) маслах облегчается, режим жидкостного трения наступает быстрее.

	<p>Для снижения потерь на трение в моторные масла вводят антифрикционные присадки, основой которых служат беззольные органические соединения, содержащие благородные элементы (никель, кобальт, хром, молибден). Малорастворимые поверхностно-активные вещества такого типа образуют в узлах трения многослойные защитные пленки с внедрением легирующих металлов в зону трения. Особое место при этом принадлежит молибдену, атомы которого способны связывать атомы железа и образовывать структуры, стойкие к питтингу (местному выкрашиванию металла), фреттинг-коррозии и др. Более того, только этот металл образует в результате окисления поверхностных слоев оксиды, температура плавления и твердость которых на порядок ниже, чем у металла поверхности трения.</p> <p>Для получения масел с хорошими вязкостно-температурными свойствами в качестве базовых используют маловязкие масла, имеющие вязкость менее <math>5\text{мм}^2/\text{с}</math> при температуре <math>+100^\circ\text{C}</math>, и добавляют в них вязкостные присадки (загустители). В качестве присадок применяют такие полимерные соединения, как полизобутилен, полиметакрилаты, полиалкилстиролы и др.</p> <p>С понижением температуры объем макромолекул полимера уменьшается (молекулы «свертываются» в клубки). При повышении температуры клубки макромолекул «разворачиваются» в длинные разветвленные цепи, присоединяя молекулы базового масла, объем их становится больше, и вязкость масла возрастает.</p> <p>Загущенные присадками масла обладают необходимым уровнем вязкости при положительных температурах <math>50\ldots100^\circ\text{C}</math>, пологой кривой изменения вязкости и, следовательно, высоким индексом вязкости, равным <math>115\ldots140</math>. Такие масла получили название всесезонных, так как имеют одновременно свойства одного из зимних классов и одного из летних.</p> <p>В системах смазки современных автомобильных двигателей применяются именно загущенные всесезонные масла. При их использовании мощность двигателя повышается на <math>3\ldots7\%</math> (что обеспечивается высоким индексом вязкости и способностью загущенных масел снижать вязкость в парах трения при высоких скоростях сдвига), облегчается пуск и сокращается время прогрева, снижаются потери на трение, и, как следствие, расход топлива, увеличиваются долговечность деталей и срок службы масел. Экономия топлива достигает <math>5\%</math> при больших пробегах и <math>15\%</math> при коротких пробегах в зимнее время с частыми пусками двигателя.</p> <p><b>Индекс вязкости (ИВ),</b> оценивающий вязкостно-температурные свойства масел, является условным показателем, характеризующим степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры и определяемый путем сравнения вязкости данного масла с двумя эталонными маслами, вязкостно-температурные</p>
--	---

	<p>свойства одного из которых приняты за 100, а второго — за 0 единиц.</p> <p>Индекс вязкости определяют по номограмме, расчетным путем или по специальным таблицам. Чем выше ИВ, тем более пологой кривой характеризуется масло и тем лучше его вязкостно-температурные свойства. Из двух масел с одинаковой вязкостью при температуре +100 °C, но с разными ИВ, одно (1) можно применять только в теплое время, так как при низких температурах оно теряет подвижность, а другое (2) - всесезонно, так как оно обеспечит легкий пуск двигателя при низких температурах воздуха и жидкостное трение при рабочих температурах.</p> <p>Учитывая то обстоятельство, что вязкость масла и индекс вязкости определяют работоспособность узла трения, то в стандартах на масла эти параметры нормируются в количественном выражении. Для автомобильных масел ИВ должен быть не менее 90.</p> <p><b>Подбор масла</b> с оптимальными значениями эксплуатационных свойств зависит от конструкции и режима работы узла трения.</p> <p>Вязкость - одно из важнейших свойств масла, имеющее многостороннее эксплуатационное значение. От вязкости в значительной степени зависит режим смазки пар трения, отвод тепла от рабочих поверхностей и уплотнение зазоров, энергетические потери в двигателе, его эксплуатационные свойства. Быстрота пуска двигателя, прокачивание масла по системе смазки, охлаждение трущихся поверхностей деталей и их очистка от загрязнений также зависят от вязкостно-температурных свойств масла.</p> <p><i>Масла повышенной вязкости</i> используются для высоконагруженных, низкооборотных или работающих в условиях напряженного теплового режима двигателей. При этом, чем выше вязкость масла в работающем двигателе, тем надежнее уплотнения, меньше вероятность прорыва газов, ниже угар масла. Поэтому масла с большой вязкостью применяют в случаях, когда двигатель изношен, зазоры увеличены или условия эксплуатации характеризуются высокой запыленностью, повышенной температурой, изменяющимися в больших пределах нагрузками.</p> <p><i>Масла с меньшей вязкостью</i> применяют для легконагруженных высокооборотных двигателей. Они облегчают пуск двигателя, лучше прокачиваются по системе смазки и очищаются от механических примесей, обеспечивают хороший отвод тепла от рабочих поверхностей деталей.</p> <p>Температура масла значительно влияет на его кинематическую вязкость. С понижением температуры вязкость увеличивается, а с повышением — уменьшается. Чем меньше перепад вязкости в зависимости от температуры, тем в большей степени масло удовлетворяет эксплуатационным требованиям.</p> <p>Увеличение вязкости масел с понижением температуры приводит к значительным трудностям при использовании</p>
--	--

		<p>автомобилей, особенно в зимнее время года при пуске двигателей. При отрицательных температурах в диапазоне от <math>-10^{\circ}\text{C}</math> до <math>-30^{\circ}\text{C}</math> резко увеличивается момент сопротивления проворачиванию коленчатого вала двигателя, медленнее достигается минимальная пусковая частота вращения, ухудшается подача масла к трущимся поверхностям деталей.</p> <p>Надежный пуск бензиновых двигателей осуществляется при значениях частоты вращения коленчатого вала в пределах <math>35\ldots 50 \text{ мин}^{-1}</math> при температуре окружающего воздуха <math>-10^{\circ}\text{C}\ldots -20^{\circ}\text{C}</math>, а дизелей с различным способом смесеобразования - в среднем в интервале <math>100\ldots 200 \text{ мин}^{-1}</math> при температуре <math>0^{\circ}\text{C}</math>. Вязкость моторного масла, при которой пусковая система современных двигателей различной конструкции не обеспечивает вращения коленчатого вала, изменяется в пределах <math>(4\ldots 10) \cdot 10^3 \text{ мм}^2/\text{с}</math>. Поэтому для обеспечения пуска двигателя в холодное время моторные масла должны обладать низкой вязкостью при отрицательных температурах.</p> <p><i>Вязкость масла в процессе работы двигателя может, как увеличиваться, так и уменьшаться. Увеличивается она в результате испарения легких фракций масла, накопления в нем продуктов неполного сгорания топлива в виде сажи, окисления углеводородов масла, уменьшается - при попадании в масло топлива, а также в результате разрушения полимерной присадки в загущенных маслах.</i></p> <p>С хорошей точностью вязкость можно установить, используя самодельное приспособление, состоящее из небольшого сосуда (например, металлической банки) объемом <math>3/4</math> литра. Дно банки должно быть немного выдавлено наружу, в нем должно быть просверлено отверстие диаметром <math>4\ldots 5 \text{ мм}</math> без заусенцев. Зажав отверстие пальцем, налейте в банку воду, нагретую до <math>40\ldots 50^{\circ}\text{C}</math>. Уберите палец и замерьте время (в секундах) за которое выльется вода. Повторите эксперимент, на этот раз, используя масло. Вязкость масла может быть вычислена в градусах Энглера (<math>E^{\circ}</math>):</p> <p style="text-align: center;"><b>Вязкость по Энглеру = время слива масла/время слива воды [<math>E^{\circ}</math>]</b></p> <p>Таблицу перевода единиц смотрите в приложении А.</p>
3.	Массовая доля механических примесей	Характеризует чистоту или уровень очистки (для новых масел находится в пределах меньше $0,015\ldots 0,02\%$ ). Увеличение доли механических примесей ведет к возрастанию абразивных и других видов износа деталей.
4.	Массовая доля воды	Характеризует уровень очистки или отстаивания. <b>Содержание воды</b> в масле ухудшает его эксплуатационные свойства: повышает коррозионность, снижает смазывающие свойства. При этом возрастают водородный износ деталей, коррозия вкладышей подшипников скольжения и других деталей из цветных металлов и сплавов при высоких температурах. Вода, сконденсированная в масле, не может быть слита, она формирует с маслом эмульсию. Это, в свою очередь, приводит к быстрому засорению фильтров.

		<p>При наличии воды в масле, его необходимо заменить. Вода может попадать в масло вместе с прорывающимися газами из камер сгорания; из системы охлаждения двигателя через негерметичные уплотнения; в результате конденсации влаги при резком понижении температуры, в частности, при охлаждении двигателя после работы; вследствие заливки в двигатель масла, по каким-либо причинам уже содержащего воду.</p> <p>Для нейтрализации вредного воздействия воды следует содержать системы охлаждения и вентиляции картера двигателя в исправном состоянии, сокращать время прогрева двигателя до рабочей температуры, соблюдать оптимальный тепловой режим двигателя.</p> <p>Содержание воды в масле оценивают по характеру горения фильтровальной бумаги, пропитанной проверяемым маслом; при опускании в масло металлической пластины или стержня (масляного щупа); с помощью сульфата магния, а также гидрида кальция.</p> <p>Наличие воды может быть обнаружено также и следующим образом.</p> <p>Слейте 2...3 см<sup>3</sup> масла в пробирку дайте ей постоять несколько минут, пока не пропадут пузырьки воздуха. Далее нагрейте масло (например, на газовой зажигалке), одновременно слушая (у горлышка пробирки), не происходят ли в масле небольшие "взрывы". Этот звук возникает от появления водяного пара, когда в масле резко закипают маленькие порции воды.</p>
5.	Температура вспышки открытом тигле	<p>Характеризует пожароопасность и попадание в масло топлива.</p> <p>При неполном сгорании топливно-воздушной смеси или вследствие утечек из системы питания в масло может попадать топливо, в результате чего вязкость масла заметно снижается. Кроме того, под воздействием легких фракций топлива масло окисляется значительно быстрее, образующиеся при этом органические кислоты и отложения значительно ухудшают его качество. В результате возможно повреждение подшипников, на деталях двигателя интенсивнее образуются нагар и лаковые отложения.</p> <p>Степень разжижения масла топливом и наличие в масле легких топливных фракций определяют по <i>температуре вспышки масла</i> в открытом тигле и с помощью ловушки. Современные масла при производстве имеют температуру вспышки, превышающую 200°C. Снижение температуры вспышки масла до 175°C и ниже обычно указывает на присутствие в нем топлива.</p>
6.	Температура застывания	<p>Характеризует низкотемпературные свойства.</p> <p><b>Застывание</b>- свойство, определяющее потерю текучести масла. При понижении температуры до определенной величины текучесть масла снижается, а при дальнейшем понижении оно застывает. С увеличением вязкости масла из него выделяются наиболее высокоплавкие углеводороды (парафин, церезин), а при полной потере текучести масла микро-кристаллы твердых углеводородов (парафина) образуют пространственную кристаллическую решетку, связывающую все масло в</p>

		<p>единую неподвижную массу.</p> <p>Температуру, при которой масло теряет текучесть, называют <b>температурой застывания</b>. Нижний температурный предел применения масла примерно на 8...12°C выше температуры застывания, т.е.:</p> <p><b><math>t_{\text{ов}} t_3 + (8 \dots 12)^\circ\text{C}</math></b>, где: <math>t_{\text{ов}}</math> - нижний температурный предел окружающего воздуха (применения данной марки моторного масла) <math>^\circ\text{C}</math>; <math>t_3</math> - температура застывания определенной марки масла, регламентируемая стандартом, <math>^\circ\text{C}</math>.</p> <p>Снижения температуры застывания масел добиваются путем депарафинизации (частичного удаления парафинов) или добавлением присадок-депрессоров в процессе их производства. Депрессоры предотвращают образование кристаллической решетки, когда кристаллы парафина объединяются в объемные структуры. Понижая температуру застывания масла, депрессоры не влияют на его вязкостные свойства.</p>
7.	Коррозионность	<p>Характеризует стойкость к коррозии металлов.</p> <p><b>Коррозионность</b> свежего масла, в котором присутствуют природные органические кислоты и сернистые соединения, незначительна, но резко возрастает в процессе эксплуатации. Присутствие в свежих маслах органических (нафтеновых) кислот связано с их неполным удалением в процессе очистки.</p> <p>Коррозионное действие масел связано также с содержанием в них 15...20 % сернистых соединений в виде сульфидов и компонентов остаточной серы, которые при высоких температурах приводят к выделению сероводорода, меркаптанов и других активных продуктов. В условиях высоких температур сернистые соединения особенно агрессивны по отношению к серебру, меди, свинцу. В процессе использования масла содержание кислот в нем возрастает в 3...5 раз, что зависит от его химической стабильности, содержания антиокислителей и условий работы.</p> <p>Оценку коррозионной стойкости производят по кислотному числу, которое для свежих масел не превышает 0,4 мг КОН на 1 г масла. В коррозионном отношении эта концентрация практически не опасна.</p> <p>Коррозионные процессы в двигателях замедляют нейтрализацией кислых продуктов путем введения антикоррозионных присадок; замедлением процессов окисления путем добавления в масла антиокислительных присадок; созданием на поверхности металла (при изготовлении деталей) стойкой защитной пассивированной пленки из органических соединений, содержащих серу и фосфор.</p> <p>Известны присадки и ингибиторы коррозии и их композиции, которые снижают все виды износа.</p>
8.	Детергентно — диспергирующие (моющие) свойства	<p>Характеризует способность к очищению внутренних полостей двигателя.</p> <p><b>Детергентно-диспергирующим (моющим) свойством</b> масла называют его способность препятствовать слипанию углеродистых частиц и удерживать их в</p>

		<p>состоянии устойчивой суспензии, что значительно снижает процессы образования лаковых отложений и нагара на горячих поверхностях деталей двигателя. При использовании масел с хорошими диспергирующими свойствами детали двигателей выглядят чистыми, как бы вымытыми, отсюда и появление термина «моющие». Диспергирующие свойства масел оценивают в баллах от 0 до 6 по методу ПЗВ. Образование лаковых отложений на деталях двигателя, работающего на маслах с моющими присадками, уменьшается в 3...6 раз, т.е. с 3...4,5 до 0,5...1,5 балла.</p> <p><b>Моющие присадки</b> бывают зольными и беззольными. Зольные присадки содержат бариевые и кальциевые соли сульфокислот (сульфонаты), а также алкилфеноляты щелочноземельных металлов бария и кальция. Масла с зольными присадками в количестве 2...10 %, сгорая, образуют золу, прилипающую к поверхности деталей. Беззольные моющие присадки не образуют золы при сгорании масел, так как не содержат металлов.</p>
9.	Термоокисли-тельная стабильность	<p>Характеризует стойкость показателей и свойств при длительной эксплуатации.</p> <p>Поскольку время службы масла для гидросистем сильно зависит от рабочей температуры, обычно следует стремиться к поддержанию рабочей температуры 30...60°C. Существует эмпирическое правило: срок службы масла уменьшается вдвое каждый раз при увеличении его рабочей температуры на каждые 8°C выше 60°C. Таким образом, при 90°C срок службы масла составит около 10% от его срока службы при 60°C. Причиной этого является окисление. При атмосферном давлении все масла содержат менее 0,1 литра воздуха на 1 литр масла. Поэтому на практике всегда присутствует кислород, который, постепенно воздействуя на масло, реагирует с углеводородами; при увеличении окисления масло становится темнее по цвету, повышается его вязкость. В конце концов, продукты окисления перестают растворяться в масле и оседают по всей системе, образуя коричневый липкий слой.</p> <p>Это вызывает залипание клапанов и повышенное трение в подшипниках, цилиндрических золотниках и цилиндрах насосов. Окисление также приводит к образованию кислот, вызывающих коррозию.</p> <p>Дальнейшее увеличение рабочей температуры масла ускоряет процесс ее окисления, и вскоре, из-за осадка, высокой вязкости и накопленных кислот, масло становится совершенно непригодной для работы в системе. Поэтому необходимо следить за маслом. Многие моменты можно проверить даже без лабораторного оборудования.</p>
10.	Щелочное число	<p>Характеризует способность нейтрализовать кислотные соединения.</p> <p><b>Щелочное число</b> масла снижается при уменьшении концентрации моющих присадок. При этом в масле накапливаются кислые продукты, что повышает коррозионный износ деталей. Основной функцией</p>

		щелочных присадок масла является нейтрализация кислот и защита от коррозии. Детергентно-диспергирующие (моющие) свойства и загрязнение масла оценивают методом капельной пробы и методом определения объема выделившегося осадка под действием растворителя селективного характера.
11.	Зольность сульфатная	Характеризует уровень образования золы от угара масла с зольными присадками в количестве 2...10 % (зольные моющие присадки).
12.	Стабильность по индукционному периоду	Характеризует стабильность показателей при длительном хранении
13.	Цвет на калориметре	Характеризует однородность, присутствие различных примесей
14.	Плотность	Характеризует тип масел
15.	Массовая доля активных элементов: кальция бария цинка фосфора	Характеризует свойства минеральных масел
16.	Моторные испытания	<p>Характеризует работу масел при проведении моторных испытаний.</p> <p><b>Старение масел</b> при работе двигателей представляет собой СЛОЖНЫЙ процесс. В процессе старения масла наблюдаются изменения концентрации, строения и эффективности присадок. Это происходит в результате разложения, взаимодействия с продуктами сгорания топлива и окисления масла фильтрующими элементами и деталями автомобиля.</p> <p>Повышенная температура и кислород воздуха, с которым контактирует масло, вызывают окисления и окислительную полимеризацию его молекул. Такие продукты окисления углеводородов, как смолы, органические кислоты, присутствующие в масле в растворенном состоянии, способствуют увеличению вязкости и кислотного числа, а асфальтеновые соединения, вызывающие образование лаковых отложений, — залеганию и пригоранию поршневых колец. Мелкая устойчивая механическая смесь продуктов окисления приводит к образованию нагара и шлама. Продукты глубокой окислительной полимеризации, отличающиеся в зонах высокой температуры и поступающие обратно в картер, как и другие выпавшие отложения, продолжают оказывать негативное влияние на масло.</p> <p>Таким образом, в картере работающего двигателя формируется сложная смесь исходного масла с самыми разнообразными продуктами его старения, от которых полностью очистить масло фильтрацией не удается.</p> <p>Отложения, образующиеся в двигателе в результате превращения углеводородов, делятся на нагары, лаки и осадки.</p> <p><b>Нагары</b> — твердые углеродистые вещества, откладывающиеся на стенках камеры сгорания, клапанах, свечах, днище поршня и на верхнем поясе боковой</p>

	<p>поверхности поршня.</p> <p>Химический состав нагара зависит как от качества масла и топлива, так и от режима работы двигателя, запыленности воздуха, наличия присадок и др. Основную часть нагара составляют карбены и карбоиды (50...70 %), смолы и масла (15...40 %), асфальтены и оксикислоты (3...6 %), зола (1...10 %).</p> <p>Количество образующегося нагара зависит от качества масла и его расхода, а также от качества применяемого топлива. Толщина слоя нагара зависит от теплового режима работы двигателя: чем ниже температура стенок камеры сгорания, тем больший слой нагара на них образуется. Летом нагара образуется меньше, чем зимой. Обильный нагар ухудшает охлаждение камеры сгорания и уменьшает ее объем, в результате чего увеличивается степень сжатия, возникает детонация (характерный металлический стук), снижается мощность двигателя. Возможно разрушение деталей из-за преждевременного воспламенения смеси от раскаленных частиц нагара, абразивный износ зеркала цилиндра частицами нагара, а также загрязнение моторного масла.</p> <p>Нагар с деталей двигателя удаляют механическим или химическим способами, используя различные добавки в моторное топливо.</p> <p><b>Лаковые отложения</b> представляют собой богатые углеродом вещества, формирующиеся в виде отложений на поршне: в канавках под поршневые кольца, на юбке и внутренних стенках.</p> <p>В состав лаковых отложений входят оксикислоты, асфальтены и другие продукты глубокого окисления масла.</p> <p>Несмотря на относительно небольшую толщину (50-200 мкм), лаковые отложения существенно ухудшают отвод тепла от деталей двигателя из-за теплоизоляционного воздействия лаковой пленки. Возможно пригорание («загорание») поршневых колец, что вызывает снижение компрессии в цилиндрах и мощности двигателя, а также повышенный расход масла. Нарастает изнашивание и возможны задиры зеркала цилиндра, а также поломка поршневых колец и даже заклинивание поршня. Вероятно повреждение сепаратора подшипника качения, установленного в заднем торце коленчатого вала (передний подшипник первичного вала коробки передач).</p> <p>На интенсивность лакообразования влияют температура, количество и качество применяемого масла, его термоокислительная стабильность и моющая способность, техническое состояние цилиндро-поршневой группы двигателя.</p> <p>Кроме того, для предотвращения образования лаковых отложений в эксплуатационных условиях нежелательно подвергать двигатель частым перегрузкам и экстремальным тепловым режимам.</p> <p><b>Осадки</b>- это мазеобразные сгустки, откладывающиеся на стенках поддона картера, крышке головки блока цилиндров, шейках коленчатого вала и других деталях</p>
--	---

	<p>двигателя, а также в фильтрах и маслопроводах. Осадки состоят из масла (50...85 %), воды (5...35 %) и продуктов их окисления: оксикислот (2...15 %), карбенов и карбоидов (2...10 %), асфальтенов (0,1...15 %), а также механических примесей различного происхождения. В результате цементирующего действия асфальтосмолистых продуктов частицы осадков образуют конгломераты размером до 30...40 мкм, которые под действием собственной массы выпадают в осадок, формируя на деталях низкотемпературной зоны двигателя (в поддоне) отложения в виде шламов. Отложение осадков в масляных каналах и маслопроводах приводит к прекращению подачи масла к трущимся поверхностям и вызывает повреждение деталей (например, задиры шатунных шеек коленчатого вала). Для предотвращения образования осадков необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• поддерживать оптимальный тепловой режим работы двигателя;</li> <li>• применять масла, обладающие хорошей химической стабильностью;</li> <li>• вводить в масла диспергирующие присадки, которые сдерживают коагуляцию частиц, размягчают и даже переводят в коллоидный раствор органические примеси;</li> <li>• своевременно менять масляные фильтры и тщательно промывать картер и систему смазки двигателя перед заправкой свежим маслом.</li> </ul> <p>На процесс загрязнения масла, происходящий в работающем двигателе практически непрерывно, оказывают влияние, прежде всего – вид и свойства топлива, качество моторного масла, тип, конструкция, техническое состояние (степень изношенности), режим работы и условия эксплуатации двигателя и другие факторы.</p> <p>Так, например, при снижении полноты сгорания топлива и увеличении прорыва газов в картер масло загрязняется, прежде всего, органическими примесями. Средняя скорость загрязнения масла в дизелях из-за повышенного содержания в масле сажи в 2...5 раз выше, чем в бензиновых двигателях и в 10...20 раз больше, чем в газовых (при одинаковой их мощности). При сроке службы масла, соответствующем 6...12 тыс., км пробега автомобиля, содержание загрязняющих примесей в бензиновых двигателях составляет 0,6...0,8 %, а в дизелях – 1...3 %.</p> <p>Кроме того, на изменение свойств масел существенно влияют температурный режим и техническое состояние двигателя. Скорость окисления и загрязнения масла значительно выше в изношенных двигателях, когда увеличен прорыв газов в картер и повышена температура деталей, а также при работе автомобиля с перегрузкой или с неустановившимися нагрузками.</p> <p>В холодное время года, при пробегах на короткие расстояния, частых пусках и остановках, продолжительной работе на холостом ходу двигатели нередко работают в пониженном тепловом режиме. При этом условия работы масел столь же жесткие, как при</p>
--	--

		<p>напряженном тепловом режиме из-за ухудшения процесса сгорания топлива, увеличения попадания в картер сажи и тяжелых фракций топлива. В результате ускоряются процессы старения и загрязнения масла, выпадения осадков. При работе двигателя на пониженном тепловом режиме образование осадков ускоряется в 20...30 раз. Кроме того, повышается износ деталей из-за нарушения жидкостного режима смазки трущихся поверхностей. При оптимальном тепловом режиме работы двигателя температура масла в картере примерно равна 95...100 °C.</p> <p>Скорость срабатывания введенных в масло присадок зависит от типа и технического состояния двигателя, теплового режима его работы, условий эксплуатации, качества используемого топлива.</p> <p>Срабатывание присадок приводит к изменению показателей качества масла: снижается его щелочное число, ухудшаются моющие свойства, повышается коррозионность и т.д.</p> <p>Таким образом, в работавшем масле накапливаются продукты превращения углеводородов, загрязнения, попавшие с воздухом и топливом, увеличивается количество агрессивных соединений.</p> <p>Оценка изменений состава масла может быть как количественной, так и качественной. Количественные изменения происходят при испарении легких масляных фракций, сгорании масла (угар масла), частичном вытекании через уплотнения. Качественные изменения связаны со старением масла и с химическими превращениями его компонентов, попаданием в масло пыли, продуктов износа деталей, воды и несгоревшего топлива. Уменьшение количества и ухудшение качества работающего масла может привести к выходу современного высокофорсированного двигателя из строя. При контроле качества масел используются предельные значения браковочных показателей состояния масла для автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Выбор браковочных показателей зависит от типа двигателя, режима его работы, качества применяемого масла и других факторов. Замена масла в двигателе необходима, если достигнуты предельные значения одного или нескольких браковочных показателей. Замену масла по фактическому состоянию производят на основе оценки экспресс-методами в лабораториях по контролю качества масел.</p> <p>Вязкость масла, зависящая от изменения работоспособности систем двигателя, режимов его работы, качества эксплуатационных материалов, а также уровня технического обслуживания позволяет объективно оценить состояние сопряжений, узлов и агрегатов автомобиля.</p>
17.	Степень чистоты	Характеризует отсутствие видимых взвешенных частиц

Таблица 3.6 – Взаимозависимость показателей качества работавших масел и технического состояния двигателей

Наименование основного показателя	Изменение других показателей	Возможные причины
Существенное (на 3...4 $\text{мм}^2/\text{с}$ ) увеличение вязкости.	Незначительное.	Доливка масла повышенной вязкости (двигатель исправен).
	Высокое содержание нерастворимого осадка, резкое увеличение коксуюемости, потемнение центрального ядра и сокращение зоны диффузии на капельной пробе.	Неудовлетворительные эксплуатационные свойства масла, увеличенный прорыв газов в картер (износ или потеря подвижности поршневых колец, неполное сгорание топлива, неисправность топливной аппаратуры, закоксовывание распылителей форсунок, загрязнение воздушного фильтра), не работают масляные фильтры.
	Масляное пятно за зоной диффузии на капельной пробе коричневого цвета.	Перегрев двигателя (длительная работа с перегрузкой при высокой температуре окружающего воздуха, накипь в системе охлаждения), загрязнения масляного радиатора.
Существенное (на 3...4 $\text{мм}^2/\text{с}$ ) снижение вязкости.	Незначительное	Доливка масла меньшей вязкости, деструкция присадок в загущенных маслах (двигатель исправен).
	Снижение температуры вспышки.	Течь в системе питания, плохое распыление топлива (неисправность топливной аппаратуры, закоксовывание отверстий распылителей форсунок и т.д.), конденсация бензина в непрогретом двигателе, переобогащение рабочей смеси.
Увеличение содержания воды выше 0,3...0,5%	Снижение щелочного числа, коксуюемости, уменьшение нерастворимого осадка, исчезновение зоны диффузии и характерное свертывание пятна на капельной пробе Повышение кислотного числа	Течь жидкости из системы охлаждения в картер; доливка масла, обводненного при хранении; негерметичность водомасляного теплообменника. Повышенный износ цилиндро-поршневой группы: необходима смена масла и проверка состояния колец

Продолжение таблицы 3.6

Существенное увеличение нерастворимого осадка	Пропорциональное увеличение коксемости и вязкости	Большой прорыв газа в картер из-за износа или потери подвижности поршневых колец
Существенное снижение температуры вспышки	Повышение содержания нерастворимого осадка и коксемости, наличие топливных фракций в масле	Течь в топливной системе, плохое распыление топлива, прогар выпускного клапана или днища поршня (нет компрессии)
Существенное увеличение содержания продуктов износа	Незначительное	Неисправен воздухоочиститель, подсос неочищенного воздуха через неплотности впускного тракта, нарушение вентиляции картера

Синтетические моторные масла, основой которых служат синтезированные путем целенаправленных химических реакций однородные органические соединения, обладают низкой температурой застывания, превосходными пусковыми характеристиками при низких температурах, стойкостью к окислению, меньшей склонностью к образованию отложений на деталях двигателей, а также лучшей экологичностью.

Таблица 3.7 – Эксплуатационные качества минеральных, полусинтетических и синтетических моторных масел

№ п/п	Эксплуатационные качества	Полностью синтетическое	Полусинтетическое	Минеральное
1.	Защита двигателя от износа	4	3	3
2.	Защита двигателя в условиях экстремально высоких температур	4	3	3
3.	Защита двигателя в условиях экстремально низких температур	4	3	2
4.	Содержание двигателя в чистоте	4	3	3
5.	Экономия топлива	4	3	2
6.	Продление срока службы двигателя	4	3	3
7.	Рекомендовано для применения: а) частая эксплуатация в условиях повышенных нагрузок б) редкая эксплуатация в условиях повышенных нагрузок в) обычный режим эксплуатации	+	+	+
8.	Стоимость	2	3	4

Полусинтетические масла изготавливают на основе смесей высококачественных минеральных базовых компонентов, выработанных из нефти и с синтетическими компонентами.

Сравнительная характеристика трех типов масел по пятибалльной шкале представлена в таблице 3.7.

Как видно из таблицы 3.7 синтетические масла значительно дороже минеральных, кроме этого хуже совмещаются с эластомерами (изделия из резины), в них труднее растворяются присадки, некоторые их компоненты нестойки при попадании воды. Однако эти недостатки перекрываются другими преимуществами.

### **3.3 Влияние качества трансмиссионных масел на надежность агрегатов мобильной сельскохозяйственной техники**

Трансмиссионные масла выполняют следующие функции: предохранение от износа, заедания, выкрашивания зубьев зубчатых соединений, смягчение ударных нагрузок, снижение потерь энергии на трение, отвод теплоты из зоны контакта зубчатых передач, снижение шума и вибрации шестерен. В особо тяжелых условиях работают масла в гипоидных передачах.

**Таблица 3.8 – Основные показатели трансмиссионных масел и их влияние на работу трансмиссий**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование показателя</b>	<b>Влияние показателя на работу трансмиссий</b>
1	2	3
1.	Вязкость кинематическая при +40°C	Характеризует вязкостно-температурные свойства, которые вызывают значительные потери мощности на преодоление трения в узлах трансмиссии. Индекс вязкости для минеральных масел находится в пределах 90...95 единиц, для синтетических в пределах 150...185 единиц.
2.	Вязкость кинематическая при +100°C	Вязкостно-температурные свойства относятся к важнейшим характеристикам масел, определяющим возможность их применения на автомобилях. Значения температуры и вязкости масла влияют на: <ul style="list-style-type: none"><li>способность бесперебойно смазывать трещицеся поверхности деталей трансмиссии;</li><li>возможность начала движения автомобиля при низких температурах окружающей среды, когда масло имеет ее температуру;</li><li>мощностные показатели агрегатов трансмиссии.</li></ul>
3.	Индекс вязкости	Например, при изменении вязкости трансмиссионного масла с 5 $\text{мм}^2/\text{с}$ при температуре 100°C до 30 $\text{мм}^2/\text{с}$ в условиях городского режима движения автомобиля КПД трансмиссии снижается почти на 2%, кроме того,

по мере снижения температуры масла резко возрастает сила сопротивления вращению деталей трансмиссии. Вязкостно-температурные свойства масел характеризуют к тому же минимальную температуру окружающего воздуха, при которой возможно трогание автомобиля с места (начало движения). Вязкость масла значительно влияет на условия смазки в зоне контакта деталей. Такие характеристики, как скорость скольжения (от 1,5 до 25 м/с) и удельные нагрузки на поверхности зубьев (от 500 до 4000 МПа по линии контакта) определяют возможность применения масла в передаче того или иного типа по показателям вязкости. Так, например, при резком увеличении вязкости масла при указанных нагрузках в зоне контакта условия смазки ухудшаются. Нижний допустимый уровень вязкости масла – 5 мм<sup>2</sup>/с при достаточно надежном уплотнении картеров редукторов. Вязкость при эксплуатационной температуре на установившемся рабочем режиме должна быть достаточной для предотвращения износа при больших контактных нагрузках. Предельно допустимое верхнее значение вязкости определяется величиной вязкости при минимальной рабочей температуре, допускающей свободное трогание автомобиля без ущерба для зубчатых передач и подшипников и без предварительного подогрева масла в агрегатах. Применение масел с оптимальными температурными значениями вязкости снижает гидравлические потери, повышает КПД трансмиссии автомобилей, что обеспечивает меньший расход топлива. В случаях, когда вязкость несколько больше, возможны повреждения деталей сцепления, коробки передач при трогании автомобиля, а при значительном превышении неизбежны поломки деталей и агрегатов. Для достижения необходимой вязкости масел при низких температурах окружающего воздуха в случаях отсутствия зимних или арктических сортов в имеющиеся масла допускается добавлять зимнее или арктическое дизельное топливо. Благодаря наличию в трансмиссионном масле большого количества противоизносных, противозадирных и других присадок при добавлении в него 20 % дизельного топлива эксплуатационные свойства масла (в том числе и смазывающие) практически не ухудшаются. Температура масла в агрегатах трансмиссии колеблется в широких пределах, что значительно влияет на интенсивность изнашивания (истирания) зубьев шес-

терен. Так, при понижении температуры с +20°C до -40°C интенсивность истирания возрастает в 2 раза, а при температуре до -30°C - в 4 раза. С повышением температуры интенсивность истирания замедляется и при температуре масла +70...80°C и воздуха +20...40°C стабилизируется.

При оценке температурного режима работы масла в зубчатых передачах определяют минимальную, максимальную и среднеэксплуатационную температуры. Минимальная температура характерна для момента начала работы передачи после длительного перерыва. Она равна, как правило, наиболее низкой температуре окружающего воздуха. Максимальная температура устанавливается при экстремальных для данной передачи условиях работы. Как правило, это режимы работы при передаче максимального крутящего момента. За среднеэксплуатационную температуру принимают наиболее вероятную во время эксплуатации передачи температуру. В значительной степени она определяется температурой окружающего воздуха, вязкостью масла, его уровнем в картере передачи и другими эксплуатационными условиями (например, величиной передаваемого агрегатом трансмиссии крутящего момента).

Для получения масел с пологой вязкостно-температурной кривой в них добавляют загущающие присадки в виде полимеров (полиизобутилен или полиметакрилат). Вязкость масел с такими присадками снижается, что связано с механическим разрушением (деструкцией) полимера. Независимо от условий эксплуатации автомобилей вязкость не должна снижаться более чем на 30 процентов.

Температура является самым эффективным ускорителем процесса окисления масла. Так, при ее увеличении со 140°C до 160°C содержание нерастворимого осадка в масле возрастает с 0,05 до 0,19 %, вязкость (по сравнению с ее величиной при 100°C) - с 3 до 5 %, а показатель коррозии медной пластиинки - с 53 до 480 г/м<sup>2</sup>.

Окисление масла, интенсивно разогревающегося в процессе работы в агрегатах трансмиссии, вызывает изменение его физико-химических и эксплуатационных свойств. Свойства присадок, добавляемых в основу масла, также влияют на показатели температурной окисляемости.

Противокоррозионными свойствами трансмиссионное масло должно обладать для уменьшения коррозионных процессов, которые объективно протекают на

	<p>поверхностях деталей.</p> <p>Детали агрегатов трансмиссии автомобилей, изготовленные из цветных металлов, металлокерамики на медной основе, сплавов, содержащих олово, активно корролируют в результате химического взаимодействия с кислыми продуктами (образующимися в процессе окисления). Коррозию медных деталей вызывают также входящие в состав трансмиссионных масел противозадирные и противоизносные присадки, отличающиеся высокой химической стабильностью. <i>Повышенные рабочие температуры масел усиливают коррозионные процессы.</i></p> <p>Для предупреждения или уменьшения коррозионных процессов в масла добавляют присадки. Механизм действия противокоррозионных присадок основывается на их способности создавать на поверхности металла защитные пленки, которые исключают прямой контакт с ними агрессивных соединений и одновременно пассивируют металлическую поверхность. Это исключает действие металла как катализаторов окисления масла и накопления в нем агрессивных соединений.</p> <p>Ввиду того, что противоокислительные и моющие (диспергирующие) присадки замедляют процессы окисления (благодаря снижению концентрации в масле агрессивных продуктов) или нейтрализуют уже образовавшиеся кислые вещества, их можно рассматривать и как противокоррозионные.</p> <p>Защитные свойства масла обеспечиваются путем введения в них защитных присадок или, как их еще называют, ингибиторов коррозии.</p> <p>Концентрация воды в трансмиссионных маслах во время эксплуатации автомобилей может достигать 8 процентов. Обводнение масла происходит из-за проникновения во внутренние полости картера через уплотнения и сапун воздуха, содержащего пары воды, а также при негерметичности системы охлаждения редукторов. Влага привносит в масло неорганические соли и коррозионно-агрессивные компоненты (подобные могут образовываться также и в процессе старения масла). Кроме того, вода выполняет также и функции электролита, проводящего электрический ток, а потому становится причиной возникновения электрохимической коррозии.</p> <p>Ингибиторы коррозии вытесняют влагу и другие электролиты с поверхности металла и создают на ней прочную адсорбционную или хемосорбционную пленку. Таким образом, исключается контакт металла</p>
--	---

		<p>деталей с агрессивной средой. Отличие защитных присадок от противокоррозионных состоит в их устойчивости к действию не только органических кислот, но и воды.</p> <p>Для улучшения качества трансмиссионных масел в них вводят, кроме противозадирных, противоизносных и противоокислительных присадок, еще и моющие (диспергирующие), депрессорные, деэмульгирующие, противопенные, антисептические и ряд других присадок.</p> <p>Важнейшее требование к присадкам и добавкам, как и к другим компонентам, входящим в состав трансмиссионных масел, состоит в создании с их основой физически стабильных смесей. Выпадение в осадок и расслаивание присадок должны быть исключены.</p>
4.	Температура вспышки в открытом тигле	Характеризует пожароопасность и попадание топлива в трансмиссионное масло
5.	Температура застывания	Характеризует пригодность трансмиссионного масла для применения в зимних условиях. Температура застывания синтетических масел значительно ниже минеральных
6.	Плотность при +20°C	Позволяет определить тип масла. Плотность минеральных выше плотности синтетических трансмиссионных масел

### 3.4 Влияние качества гидравлических масел на работу сельскохозяйственной техники

В агрегатах и механизмах современных тракторов, автомобилей и различных сельскохозяйственных машин широко используются гидравлические передачи. К ним относятся гидромеханические и гидростатические трансмиссии, гидроусилители руля и другие устройства. Они обеспечивают не только смазывание, но плавную передачу мощности с высоким КПД (около 95%).

Основные характеристики гидравлических масел представлены в таблице 3.9.

### 3.5 Влияние качества охлаждающих жидкостей на работу двигателей

Жидкость для системы охлаждения двигателя должна отвечать следующим требованиям:

- обладать высокой теплоемкостью, теплопроводностью и определенной вязкостью;
- иметь высокую температуру кипения и низкую температуру замерзания;

- не образовывать отложений на омываемых стенках и не загрязнять систему охлаждения;
- не вызывать коррозии металлических деталей и не разрушать резиновые детали;
- иметь хорошую химическую и физическую стабильность;
- не вызывать поломок деталей системы охлаждения при застывании возможно меньше изменять объем при нагревании и не вспениваться при попадании нефтепродуктов;
- не обладать токсичностью и не повышать пожарную опасность;
- быть дешевой и недефицитной.

**Таблица 3.9 – Основные характеристики гидравлических масел и их влияние на работу гидроагрегатов**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование показателя</b>	<b>Влияние показателя на работу гидроагрегатов</b>
1	2	3
1.	Вязкость кинематическая при +40°C	Характеризует вязкостно-температурные свойства. Индекс вязкости для минеральных масел находится в пределах 90...95 единиц.
2.	Индекс вязкости	
3.	Температура вспышки в открытом тигле	Характеризует пожароопасность
4.	Температура застывания	Характеризует работоспособность при низких температурах
5.	Кислотное число	Характеризует наличие кислотной среды
6.	Зольность	Характеризует качество пакета присадок, которые уменьшают процент зольности
7.	Плотность при 20°C	Характеризует тип гидравлического масла: минеральное или синтетическое

Зарубежные и отечественные производители охлаждающих жидкостей выпускают антифризы (тосолы) (антифризы имеют более высокие качества) по более высоким технологиям, дающим возможность использовать с увеличенным интервалом замены, на основеmonoэтиленгликоля и карбоксилатной технологии, которые не содержат аминов, нитратов, фосфатов, силикатов и других неорганических ингибиторов коррозии.

Основные физико-технические характеристики антифризов следующие:

- Внешний вид (цвет);
- Плотность;
- Температура начала кристаллизации;
- Температура защиты от замерзания;

- Температура кипения;
- Коррозионные воздействия на металлы:
  - медь;
  - припой;
  - латунь;
  - сталь;
  - чугун;
  - алюминий;
- Вспениваемость или устойчивость пены;
- Набухание резины;
- Водородный показатель;
- Показатель преломления;
- Щелочность.

### **3.6 Основные направления экономного и рационального использования нефтепродуктов с учетом повышения надежности и снижения эксплуатационных затрат**

#### **3.6.1 Экономия моторных топлив**

Проблема экономии моторных топлив ставится и решается, в основном, на двух стадиях- *на стадии проектирования двигателей внутреннего сгорания и на стадии их эксплуатации.*

Развитие двигателей внутреннего сгорания в мире идет по пути повышения экономичности, удельной мощности, экологичности и надежности.

Повышение литровой мощности бензиновых двигателей в первую очередь связано с увеличением степени сжатия и соответственно с необходимостью применения бензинов с повышением октановым числом.

Бензин А-76(АИ-80) применяют в основном для двигателей грузовых автомобилей и на устаревших моделях двигателей со степенью сжатия 6,5...7 единиц.

Бензины АИ-91, АИ-92, АИ-93 предназначены для среднефорсированных двигателей со степенью сжатия 8...11 единиц.

Бензины АИ-95, АИ-98 используют в высокофорсированных двигателях отечественного и зарубежного производства со степенью сжатия 8...12 единиц. Высокофорсированные современные двигатели имеют меньший удельный расход топлива, чем нефорсированные двигатели.

Существенное сокращение расхода бензина имеют инжекторные двигатели с микропроцессорным управлением впрыска бензина и системы зажигания.

Исходя из этого, современный экономичный бензиновый двигатель – это двигатель с непосредственным впрыском бензина АИ-95 или АИ-98 с давлением до 15 МПа, смазываемый энергосберегающим маслом.

Рекомендации по применению марок бензинов обеспечивающих оптимальную работу, указаны в руководствах по эксплуатации.

Для карбюраторных двигателей, работающих на бензине А-76, допускается применение бензина АИ-92 с изменением угла опережения зажигания на более позднее. Для современных высокофорсированных двигателей вместо АИ-98, допускается использование бензина АИ-95 только при средних режимах работы (обороты и нагрузка). Вместо бензина АИ-92 допускается использование смеси А-76 (АИ-80) и АИ-95. Формула для расчета представлена ранее.

*Экономия бензина в условиях эксплуатации* начинается с момента начала организации его учета при приеме, хранении, отпуске и списании. Учитывая недостатки объемного учета (объем меняется от изменения температуры), необходимо параллельно с объемом вести весовой учет, пользуясь формулой:

$$G=V\rho, \quad (3.1)$$

где  $G$  - масса измеряемого топлива, кг;  $V$  - объем топлива, м<sup>3</sup>;  $\rho$  - плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>.

Объем и плотность топлива должны быть учтены при одной и той же температуре.

Если отсутствует такой учет, то это свидетельствует о запущенности учета, что приводит к потерям бензина.

В документах на поступающий бензин должны указываться марка, масса, объем и плотность, замеренные при отпуске с нефтебазы. Если отсутствует хотя бы один показатель, то это характеризует недостачу топлива.

Таким образом, бухгалтерский и складской учет должен вестись в массовых единицах, все остальные операции в объемных единицах.

Следующая составляющая экономии бензина, это *техническое состояние автотранспортных средств*. Каждая система автомобиля: двигатель, трансмиссия, ходовая часть, влияет на экономичность. Наибольшая часть потерь топлива связана с неисправностями двигателя и его систем.

Важной составной частью по снижению расхода бензина являются *условия работы и организация использования автотранспорта*.

Так, например, перерасход бензина достигает до 35...40 процентов по вине низкой квалификации водителя (неправильное переключение передач, неправильное выполнение разгона и замедления, длительное движение автомобиля на промежуточных передачах и с включенным передним мостом, несоблюдение оптимального температурного режима двигателя, движение с использованием инерции (наката) автомобилей с карбюратором, движение с использованием принудительного холостого хода в инжекторных двигателях, движение на больших скоростях.

Перерасход до 25 процентов достигает при недостаточном использовании грузоподъемности автотранспорта, при больших переездах на заправку.

Большие резервы имеются во внедрении обоснованных норм расхода бензина.

Огромные денежные средства направляется в стране на приобретение другого моторного топлива - дизельного.

Дизель для грузовых автомобилей и тракторов на ближайшую перспективу будет обладать следующими свойствами:

- Максимальное давление газов в камере сгорания 220...250 бар, оптимизированная конструкция головки и блока цилиндров из чугуна;
- Удельные мощности 35...40 кВт/л, двухступенчатый турбонаддув без промежуточного охлаждения наддувочного воздуха, комбинированный наддув;
- Гибкая система впрыска, обеспечение давления впрыска до 2500 бар, предпочтительно Common Rail, стандартизированные форсунки;
- Привод валов газораспределения со стороны маховика, расположение валов газораспределения, одного или двух, в головке цилиндров (ОНС или DOHC);
- Высокоэффективный, встроенный моторный тормоз;
- Оптимизированная, высокотехнологичная система контроля расхода воздуха и рециркуляции отработавших газов, основанная на физической модели алгоритма контроля. Степень рециркуляции на режимах полной нагрузки до 30%;
- Фильтр частиц как базовая комплектация, возможно применение «открытого» фильтра, SCR (впрыск мочевины).

Конструкционные и эксплуатационные составляющие по экономии дизельного топлива представлены в таблице 3.10

Решение проблемы уменьшения затрат на моторное топливо связано с переводом автотранспорта на сжиженный и сжатый газ, которые имеют октановое число больше 100 единиц и дешевле по сравнению с бензином.

В Республике Татарстан имеется опыт полного перевода автопарка на сжиженный газ в ЗАО «Бирюли» Высокогорского района. Данное хозяйство, имеющее на своей территории газо-заправочную станцию, использует газообразное топливо с 2006 года. Из опыта предприятия – несмотря на небольшое падение мощности двигателя, уменьшение запаса времени работы после одной заправки затраты топлива в натуральных величинах и в рублях сократились более чем в два раза. При этом значительное отрицательное влияние изменения вида топлива на надежность автопарка не фиксируется.

Большой экономический эффект получается от применения сжатого (природного) газа, благодаря меньшей стоимости по сравнению с бензином.

Таблица 3.10 – Конструкционные и эксплуатационные составляющие экономии дизельного топлива

Конструкционные особенности мобильной техники, ведущие к экономии топлива		Эксплуатационные факторы, влияющие на расход топлива мобильной техникой	
техническое состояние	квалификация оператора	организационные меры	
<p>1. Дизельные двигатели с непосредственным впрыском топлива и электронным управлением ее подачей (форкамерные дизели не приобретать!).</p> <p>2. Турбированные дизели с аккумуляторной впрыска.</p> <p>3. Наличие многоступенчатой трансмиссии с ручным, лучше с автоматическим переключением передач.</p> <p>4. Наличие бесступенчатой трансмиссии.</p> <p>5. Наличие системы автоматизированного управления – режим экономии топлива.</p>	<p>1. Дизеля и его систем.</p> <p>2. Трансмиссии.</p> <p>3. Ходовой части.</p> <p>4. Гидронавесной системы.</p> <p>5. Пневмосистемы.</p> <p>6. Вала отбора мощности.</p> <p>7. Агрегатируемой сельскохозяйственной техники.</p>	<p>1. Неправильный выбор параметров и режимов работы двигателя и агрегата в целом.</p> <p>2. Продолжительная работа двигателя на холостом ходу.</p> <p>3. Нарушение теплового режима дизеля.</p> <p>4. Своевременное определение возникающих неисправностей мобильной техники.</p> <p>5. Своевременное обслуживание рабочих органов</p> <p>5. Наличие системы автоматизированного управления – режим экономии топлива.</p>	<p>1. Внедрение точного учета поступления и расходования дизельного топлива.</p> <p>2. Использование широкозахватных агрегатов (посевных комплексов других сельскохозяйственных машин), комбинированных агрегатов.</p> <p>3. Правильный выбор скоростного режима работы агрегата, двигателя, способов движения по полю.</p> <p>4. Наличие хорошо организованной системы технического обслуживания и ремонта.</p> <p>5. Наличие обоснованных норм расхода топлива.</p> <p>6. Предотвращение хищения дизельного топлива.</p>

Несмотря на значительное падение мощности, большую массы баллонов, уменьшение в два раза запаса хода, себестоимость перевозки грузов снижается.

Использование сжатого газа оправдано для хозяйств, находящихся недалеко от газонаполнительных компрессорных станций.

### **3.6.2 Экономия масел и охлаждающих жидкостей**

Условия применения смазочных материалов и требования к ним приводятся в руководствах по эксплуатации, а также в отечественных и зарубежных стандартах.

Качество моторных масел отражает маркировка, по которой можно судить об эффективности применения для конкретного двигателя.

В мировой практике и в последние годы и в отечественной практике приняты следующие обозначения:

-по областям применения и уровню эксплуатационных свойств по классификации API (Американского института нефти), которая стала применяться с 1947 г. с принципом разделения масел на бензиновые S и дизельные C. Вторая буква после S и C показывает уровень эксплуатационных свойств по латинскому алфавиту. N-самое высококачественное для бензиновых двигателей, для дизельных - самое высококачественное CJ-4 (для четырехтактных). Универсальные масла (для бензиновых и дизельных) обозначаются двойной маркировкой;

-вязкостно - температурные свойства обозначаются общепринятой на международном уровне классификацией SAE.

Она подразделяет моторные масла на шесть зимних (QW, 5 W, 10 W, 15 W, 20W и 25W) и 5 летних классов вязкости (20,30,40,50,60). Всесезонные обозначаются сдвоенным номером, первый указывает на минимальное значение динамической вязкости при отрицательных температурах (0-с минимальной вязкостью при отрицательных температурах, 25-самое густое масло). Температурный диапазон работы масла представляется в виде температурной шкалы;

-учет конструктивных особенностей Европейских двигателей и режимов их эксплуатации в дополнение к API характеризуются следующими классификациями:

CCMC- с 1972 года

ACEA- с 1996 года

ACEA- с 2002 года

ACEA- с 2004 года

ACEA с 2007 года

ACEA с 2010 года

Требования ACEA к маслам превышают требования API, поэтому предпочтение надо отдавать классификации ACEA.

ACEA с 2010 года предусматривает соответствие качества масел требованиям Евро 4, которая отличается меньшим количеством категорий моторных масел остались только 12, разделенных на три класса:

А/В - для бензиновых и дизелей легковых автомобилей, микроавтобусов и легких грузовиков;

С - масла, совместимые с нейтрализаторами отработавших газов;

Е - масла для мощных дизелей грузовиков, тракторов, комбайнов и спецтехники.

В декабре 2010 года ACEA ввела обновленную и самую актуальную на сегодня классификацию, состоящую из нескольких классов по типу двигателей и категорий различного уровня эксплуатационных свойств:

- четыре для бензиновых и легких дизельных двигателей:

А1/В1,

А3/В3,

А3/В4,

А5/В5;

- четыре специально для бензиновых и легких дизельных двигателей, оборудованных каталитическими системами доочистки:

С1,

С2,

С3,

С4;

- четыре для тяжелогруженых дизельных двигателей:

Е4,

Е6,

Е7,

Е9;

Примерное соответствие API и SAE отечественной маркировке представлено в таблице 3.11.

Кроме вышеприведенных классификаций каждый производитель двигателей может выдвигать свои специфические требования путем ужесточения проходных оценок или путем введения дополнительных испытаний в двигателе собственной конструкции.

Тип масла обозначается: минеральное (mineral), или синтетическое (synthetic, full synthetic). Когда тип не указан, масло имеет минеральную основу.

Энергосберегающие масла обозначаются буквами ЕС (Energy Conserving) или FE (Fuel Economy), долгоработающие обозначаются - LL-Longlife.

Таким образом, эффективную работу двигателей можно обеспечивать, если моторное масло соответствует заложенному в спецификацию изготовителя мобильной техники маслу.

Таблица 3.11 – Примерное соответствие классов вязкости моторных масел по ГОСТ 17479.1-85 классификациям вязкости SAE и API

Класс вязкости		Класс вязкости	
ГОСТ 17479.1-85	SAE	ГОСТ 17479.1-85	SAE
3 <sub>3</sub>	5W	24	60
4 <sub>3</sub>	10W	3 <sub>3</sub> /8	5W-20
5 <sub>3</sub>	15W	4 <sub>3</sub> /6	10W-20
6 <sub>3</sub>	20W	4 <sub>3</sub> /8	10W-20
6	20	4 <sub>3</sub> /10	10W-30
8	20	5 <sub>3</sub> /10	15W-30
10	30	5 <sub>3</sub> /12	15W-30
12	30	6 <sub>3</sub> /10	20W-30
14	40	6 <sub>3</sub> /14	20W-40
16	40	6 <sub>3</sub> /16	20W-40
20	50		
Группа масла		Группа масла	
ГОСТ 17479.1-85	API	ГОСТ 17479.1-85	API
А	SB	Г <sub>2</sub>	CC
Б	SC/CA	Д <sub>1</sub>	SF
Б <sub>1</sub>	SC	Д <sub>2</sub>	CD
Б <sub>2</sub>	CA	Е <sub>1</sub>	SG
В	SD/CB	Е <sub>2</sub>	CF-4
В <sub>1</sub>	SD		SH*
В <sub>2</sub>	CB		SJ*
Г	SE/CC		CG-4*
Г <sub>1</sub>	SE		SN*
			CJ-4*

\*Эти классы API не имеют аналогов в отечественной классификации.

Основными путями экономии масел в условиях эксплуатации являются:

- соблюдение применяемости;
- постоянный контроль расхода масла на угар. При достижении 1% от расхода топлива, требуется проведение ремонтных операций (цилиндро-поршневой группы и турбокомпрессора);
- поддержание в исправном состоянии воздушного фильтра, вентиляции картера.
- своевременная смена масла;
- исключение работы с топливом, содержащим большое количество серы;
- применение газообразных топлив, которое повышает срок службы масел до 80%.
- внедрение системы смены масла по фактическому состоянию, на основе браковочных показателей;

Для правильного применения трансмиссионных масел и решения вопросов взаимозаменяемости необходимо знать соответствие маркировок отечественных и зарубежных марок, которое представлено в таблице 3.12

Таблица 3.12 – Соответствие маркировок отечественных и зарубежных марок масел

Отечественная марка		Зарубежная марка	
По ГОСТ 23652-79	По ГОСТ 1749.2-85	По классификации API	По классификации SAE
ТЭп-15	TM-2*-18**	GL-2***	Подбирается с учетом температурного диапазона работы. 75W-85W зимнее, 80-250-летнее, с двойной маркировкой-всесезонное.
ТСП-10	TM-3-9	GL-3	
ТСП-15к	TM-3-18	GL-3	
ТАП-15в	TM-3-18	GL-3	
ТСП-14гип	TM-5-18	GL-5	
ТАД-17и	TM-5-18	GL-5	

\*- цифры указывают уровень эксплуатационных свойств (1 – низкого, 5 – высокого качества);

\*\*- класс вязкости ( цифра 9 – жидккая при 100°C, 34 – густая;

\*\*\*- уровень эксплуатационных свойств (1 – низкого, 5 – высокого качества);

Важное значение имеет тип трансмиссионного масла: минеральное или синтетическое, от которого зависит срок службы трансмиссии, срок службы масла до замены, а также экономия моторного топлива.

В сельском хозяйстве широко применяются гидравлические масла для привода гидравлических передач: гидромеханические трансмиссии, гидротрансформаторы, гидростатические передачи и др.

В таблице 3.13 приведены применение и взаимозаменяемость гидравлических масел.

Экономию охлаждающей жидкости (ОЖ) можно получить строгим соблюдением применяемости, а также использованием современных долгоработающих ОЖ, смешивание производится с учетом цвета и основы.

Исправление качества ОЖ можно проводить из следующих соображений.

Во время работы двигателя на низкозамерзающей этиленгликоловой жидкости, несмотря на высокие температуры кипения (этиленгликоля +197,5°C и 100°C воды), в первую очередь, будет испаряться вода и, следовательно, исправление качества жидкости будет сводиться к добавлению в систему охлаждения недостающего количества воды. Если же имеет место утечка жидкости из-за микрощелей в радиаторе, ослабленного

крепления хомутов на шлангах и других неисправностей, то убыль восполняется не водой, а соответствующей маркой этиленгликоловой жидкости.

**Таблица 3.13 – Применение и взаимозаменяемость гидравлических масел**

<b>Отечественная маркировка по ГОСТ 17479.3-85</b>	<b>Эксплуатационные свойства*</b>		<b>Деление по вязкости при 40°C</b>
	<b>По международному стандарту ISO 3448</b>	<b>По отечественному стандарту</b>	
(ВМГ3) МГ-15-В	НМ	В	На 10 классов: 5,7,10,15,22,32,46,68,100,150
(Веретенное АУ) МГ-22-А	НН	А	
ЭШ	НМ	В	
(МГ-30у) МГЕ-46В М- минеральное Г- гидравлическое	НМ	В	

\* Н, А – без присадок;

Л, Б – с небольшим содержанием присадок

М, В – с большим содержанием присадок.

При необходимости долива устанавливают показатели качества образца этиленгликоловой жидкости и при необходимости принимают решение о его восстановлении путем долива этиленгликоля или воды.

Количество добавляемого этиленгликоля рассчитывается по формуле:

$$X = \left( \frac{a-b}{b-k} \right) V, \quad (3.2)$$

где X - количество добавляемого этиленгликоля, мл; V - объем анализируемого образца, мл; a - объемный процент воды в анализируемом образце; b - объемный процент воды в исправленном образце; k - объемный процент воды в добавляемом этиленгликоле.

Количество добавляемой воды рассчитывается по формуле:

$$U = \left( \frac{c-d}{d} \right) V, \quad (3.3)$$

где U - количество добавляемой воды, мл; V - объем анализируемого образца, мл; c - объемный процент этиленгликоля в анализируемом образце; d - объемный процент этиленгликоля в исправленном образце.

Необходимые данные по жидкостям находят по диаграмме учитывая, что смесь с заданной температурой кристаллизации может иметь две точки на кривой кристаллизации с различным составом, но одинаковой температурой. Более экономичнее рассчитать, т.е. приготовить ту смесь, где больше воды.

## 4 ПЕРЕХОДИМ НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО

### Основные понятия и определения

**Из статья 3. Основные понятия, используемые в ПРОЕКТЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА «Об использовании газового моторного топлива» [АГЗК+АТ, № 6 (54) / 2010.- С. 70]**

Для целей настоящего Федерального закона используются следующие основные понятия.

**Моторное топливо** – жидкое топливо, получаемое в результате переработки нефти (бензин, керосин, дизельное топливо, мазут), используемое в двигателях внутреннего или иного теплового сгорания различного назначения;

**Газовое моторное топливо** – компримированный природный газ, сжиженный природный газ, сжиженный углеводородный газ. Перечень иных видов газового моторного топлива утверждается Правительством Российской Федерации;

**Газозаправочная станция** – территориально-производственный комплекс, технологическая система которого предназначена для приёма, хранения и заправки транспортных средств газовым моторным топливом;

**Многотопливная заправочная станция** – территориально-производственный комплекс, технологическая система которого предусматривает заправку транспортных средств различными видами моторного и газового моторного топлива;

**Передвижная газозаправочная станция** – технологическая система, предназначенная для заправки баллонов топливной системы транспортных средств газовым моторным топливом, характеризующаяся наличием совмешённого блока транспортировки и хранения газового моторного топлива, выполненного как единое заводское изделие;

**Зарядные устройства** – технические устройства для заправки транспортных средств компримированным природным газом от газораспределительных сетей;

**Транспортные средства, работающие на газовом моторном топливе**, – устройства, предназначенные для перевозки людей, грузов или оборудования, установленного на них, и использующие тепловые двигатели, работающие на газовом моторном топливе;

**Битопливные транспортные средства** – транспортные средства, использующие тепловые двигатели, работающие на смеси газового моторного и моторного топлива;

**Универсальные транспортные средства** – транспортные средства, использующие тепловые двигатели, работающие как на газовом моторном, так и на моторном топливе;

**Переоборудованное транспортное средство** – транспортное средство, первоначально оборудованное тепловым двигателем, работающим

на моторном топливе, и переоборудованное для использования газового моторного топлива путём установки на него газобаллонного оборудования;

**Газобаллонное оборудование** – оборудование, обеспечивающее автономное хранение и использование на транспортном средстве запаса газового моторного топлива.

## 4.1 Почему газ?

### 4.1.1 Виды альтернативного топлива

Альтернативные моторные топлива можно разделить на три группы [12, 19]:

- *синтетические* (искусственные) жидкые топлива – получают из нетрадиционного органического сырья и они по эксплуатационным свойствам близки к нефтяным топливам;
- *смеси нефтяных топлив* с кислородсодержащими соединениями (спирты, эфиры, водно-топливные эмульсии) – по эксплуатационным свойствам близки к нефтяным топливам;
- *ненефтяные топлива* – по своим свойствам значительно отличаются от нефтяных топлив (КПГ – компилированный природный газ, СПГ – сжатый природный газ, СНГ – сжиженный нефтяной (попутный газ), спирты).

Использование топлив последней группы требует модификации двигателей и систем хранения топлива.

При выборе сырьевого ресурса для производства моторных топлив необходимо учитывать их эффективность, которая определяется разными критериями оценки.

Основными критериями эффективности являются технико-экономические показатели, а также стоимость их производства, транспортировки.

Выбор альтернативного топлива диктуется факторами, представленными на рисунке 4.1 [12, 13].

Наиболее важными факторами являются наличие сырья для топлива в данном регионе и его стоимость по сравнению с традиционным топливом, а также близость свойств альтернативного топлива к свойствам обычных топлив, получаемых из нефти. Последний фактор минимизирует затраты на переделку серийных двигателей, а также позволяет использовать имеющиеся заправочные станции для заправки автотракторов.

Сегодня в качестве перспективных альтернативных энергоносителей для дизельных двигателей рассматриваются газообразные топлива (КПГ, СПГ, СНГ, водород, биогаз и др.) [15].

Возможно использование биотоплива – топлива из растений и животных остатков [16]. В Бразилии и в США широко используются смесевые топлива (смеси бензина и дизельного топлива со спиртами,

эфирами и другими альтернативными топливами, бензометанольные и многокомпонентные смеси, водотопливные эмульсии) [9].



Рисунок 4.1 – Основные факторы, определяющие целесообразность выбора альтернативного топлива

Перечисленные виды альтернативного топлива имеют характеристики, значительно отличающие их от обычных нефтяных топлив (см. таблица 4.1) [12, 15].

Их использование сопровождается проблемами, связанными с транспортировкой, хранением и заправкой на имеющихся автомобильных заправочных станциях (АЗС).

Недостатки и преимущества перечисленных альтернативных топлив, а также особенности их использования как топлива в дизелях обусловлены свойствами этих топлив.

Дизельное топливо (ДТ) по ГОСТ 305–2013 это смесь углеводородов, имеющих различные свойства и выкипающих при различных температурах [17, 18, 37]. Дизельное топливо по ее свойствам адаптировано для использования в дизельных двигателях. Температура выкипания дизельного топлива 160...360°C, температуру самовоспламенения – 250°C, цетановое число – 45 ед., благодаря этому ДТ хорошо воспламеняется, плавно горит в цилиндре, имеет приемлемые показатели по выбросу вредных веществ в отработавших газах (ОГ), позволяет получить хорошие технико-экономические показатели двигателя.

Дизельное топливо, являющееся слабо испаряющимся нефтепродуктом, практически не изменяющим своих свойств при хранении, хорошо адаптировано к транспортировке и хранению [17, 18]. Имеется широкая сеть АЗС, для заправки автотранспортных средств этим видом топлива.

Таблица 4.1 – Сравнительная характеристика различных топлив по свойствам

Свойства топлив	Виды альтернативного топлива					МЭРМ
	Дизельное Топливо	КПГ (метан)	СНГ (пропан)	Метанол	ДиМетил Эфир	
Формула	$C_{16,2}H_{28,5}$	$CH_4$	$C_3H_8$	$CH_3OH$	$CH_3OCH_3$	$C_{19,6}H_{36,6}O_2^*$
Вязкость кинематическая при $20^{\circ}C$ , $MM^2/C$	3,8	-	0,17**	0,55	0,22**	75
Плотность при $20^{\circ}C$ , $kg/m^3$	830	416**	490**	795	668**	916
Коэффициент поверхности наложения при $20^{\circ}C$ , $MN/m$	27,1	33,2	-	-	12,5	33,2
Теплота сгорания низшая, $MДж/kg$	42,5	50,3	46,5	20,1	28,9	37,3
Теплота испарения при температуре кипения, $kДж/kg$	250	511	427	1115	467	-
Общее содержание серы, % по массе	0,20	-	0,015	-	-	0,002
Цетановое число	45	3	16	3	55...60	36
Температура, $^{\circ}C$						48
–самовоспламенения	250	540	487	464	235	318
–помутнения	-25	-	-	-	-	-9
–застывания	-35	180...360	-161,5	-42	-97,9	-20
–кипения					64,5	-25
Давление насыщенных паров при $0,1 MПa$ и $20^{\circ}C$ , $MПa$	-	21,4	0,84	0,013	0,51	-
Количество воздуха, необходимого для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	17,2	15,7	6,4	9,0	12,5
Содержание, % по массе						12,6
C	87,0	76,0	81,8	37,5	52,2	77,0
H	12,6	24,0	18,2	12,5	13,0	12,0
O	0,4	0	0	50,0	34,8	11,0

**Примечание.** «-» – свойства не известны; \* – формула состава; \*\* – параметр для жидкой фазы; КПГ – компримированный природный газ; СУГ – сжиженный углеводородный газ; МЭРМ – метиловый эфир рапсового масла.

Необходимо отметить, что использование дизельного топлива имеет очень существенные недостатки, главные из которых это – невозобновляемость и ограниченность нефтяных ресурсов.

По данным аналитиков ОПЕК при существующих темпах потребления нефти ее запасов, в среднем по миру, может хватить лишь на период до 2055 г. и лишь по отдельным странам до 2110 года. Запасы природного газа с учетом запасов и темпов потребления превышают нефть (см. таблицу 4.2) [21]:

Ясно, что с уменьшением запасов нефти будет расти цена нефтяных топлив. В течение промежутка времени с 1980 по 1990 гг. себестоимость нефтяных топлив в РФ возросла в 3 раза и в дальнейшем продолжала непрерывно увеличиваться. Снижение поставок нефтяных топлив для внутреннего потребления в 2004...2005 гг. привело к значительному их подорожанию на 235%. Это обусловлено как увеличением затрат на нефтепереработку, так и удорожанием добычи нефти.

**Таблица 4.2 – Запасы разведанной нефти и газа по странам мира [21]**

Страна	Нефть	Природный газ
Иран	2090 г	Более 2110 г
США	2021 г	2023 г
Ирак	2110 г	Более 2110 г
Венесуэла	2140 г	Более 2110 г
Россия	2032 г	2086 г
Весь мир	2055 г	2069 г.

Число транспортных средств в России и во всем мире непрерывно растет и это ведет к кризису в области нефтяных топлив.

Горение дизельного топлива сопровождается значительным выбросом углекислого газа, что способствует возникновению парникового эффекта (таблица 4.3) [12].

Сегодня возникает необходимость сокращения выбросов в окружающую среду не ядовитого газа двуокиси углерода  $\text{CO}_2$ . Его концентрации в атмосфере увеличивается, что вызвано как быстрым ростом промышленного производства так и резким увеличением числа автотракторов. Если в сегодня в атмосферу поступает около 25 млн т углекислого газа в год, то к 2020 г. годовой выброс  $\text{CO}_2$  в атмосферу увеличится до 35 млн. т (рисунок 4.2) [12].

Углекислый газ не токсичен, однако его увеличение в атмосфере создает парниковый эффект, ведущий к повышению средней температуры планеты. Вследствие этого явления наблюдается глобальное потепление, особенно заметное в последние годы, и различные климатические аномалии.

Таблица 4.3 – Недостатки и преимущества различных топлив

Свойства топлива	Топлива						
	ДТ	КПГ	СУГ	ДМЭ	Метанол	РМ	МЭРМ
Возобновляемость ресурсов	-	-	-	-	-	+	+
Экологичность при производстве	-	+	+	-	-	+	+/-
Экологичность при сгорании	+/-	+	+	+	+	+	+
Адаптированность к транспортировке и хранению	+	-	-	-	+	+	+
Адаптированность к АЗС	+	-	-	-	+	+	+
Адаптированность дизеля	+	-	-	-	-	+/-	+
Парниковый эффект	-	-	-	-	-	+	+

Примечание. «+» – преимущество; «-» – недостаток; «+/-» – сочетание преимуществ и недостатков.

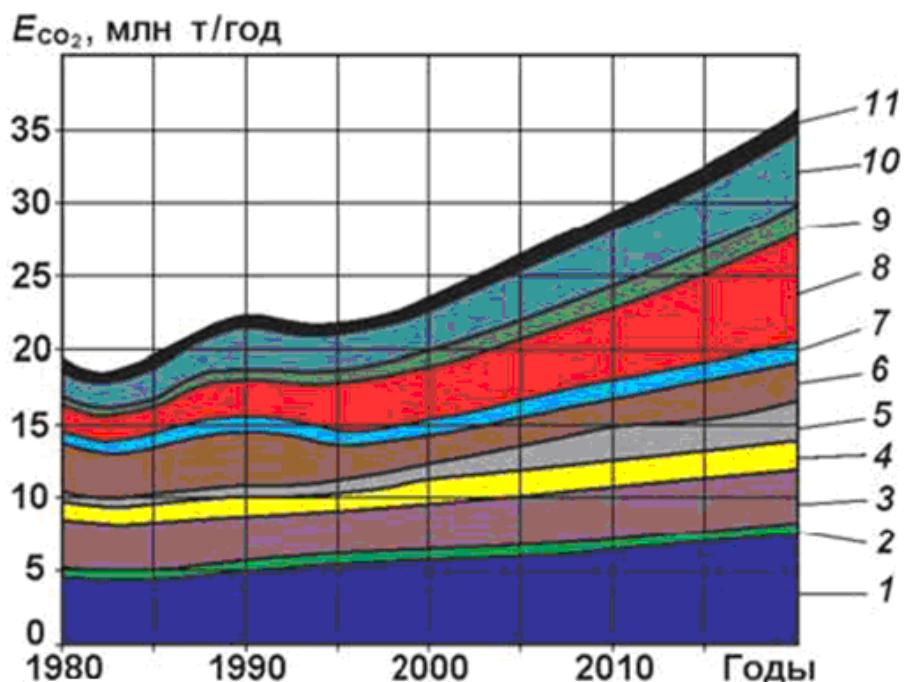


Рисунок 4.2 – Прогноз поступления в атмосферу диоксида углерода  $\text{CO}_2$ , от деятельности человека в различных странах:

- 1 – США; 2 – Канада; 3 – Западная Европа; 4 – Япония и страны Тихоокеанского региона; 5 – Латинская Америка; 6 – страны СНГ; 7 – Восточная Европа; 8 – Китай; 9 – Индия; 10 – Азия; 11 – Африка

Образующийся при горении невозобновляемых энергоносителей углекислый газ нарушает баланс кислорода и углекислого газа в атмосфере. Именно поэтому более предпочтительны топлива, полученные из возобновляемого источника энергии – сырья растительного и животного происхождения.

У нефти один, но большой недостаток – его осталось мало (см. таблицу 4.2). А ресурсов разведенного, особенно неразведенного природного газа, несмотря на их невозобновляемость хватит еще на сотню лет.

Кроме того, производство компримированного природного газа (КПГ) (это готовое топливо, не требующее химической обработки) и его использование в качестве моторного топлива, отвечает ужесточающимся требованиям экологов по снижению выброса вредных веществ в окружающую среду. Из-за гомогенности, получаемой в цилиндре топливовоздушной смеси наблюдается ее более полное сгорание по сравнению с дизельным топливом, что и снижает выброс всех вредных компонентов вместе с выхлопными газами.

Также ведут себя и другие топлива, имеющих низкую температуру кипения и находящихся в газообразном состоянии в нормальных условиях (СУГ, ДМЭ, см. таблицу 4.1). Они обычно подаются в цилиндры двигателя или в газообразном или в жидком виде [12].

При газодизельном цикле смесеобразование улучшается за счет быстрого испарения легкокипящей жидкости из топливной смеси, что улучшает смешивание воздуха и топлива на молекулярном уровне.

Однако дизельные двигатели не приспособлены к работе на этих топливах, что требует внесения значительных изменений в конструкцию двигателя, особенно в его топливоподающую систему, а это является, по сути, большим недостатком газовых топлив.

Крупным недостатком на настоящий момент является отсутствие в РФ разветвленной сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС).

Информация в таблице 4.3, не является исчерпывающей ни по видам рассматриваемых топлив, ни по их свойствам. Для окончательного выбора топлива необходимо провести сравнение также и других показателей, для более полной оценки преимуществ использования того или иного топлива.

Исследованию различных показателей обычных нефтяных и альтернативных топлив посвящены работы ряда авторов [19-23].

Сравнительная оценка топлив по некоторым показателям представлена в таблице 4.4, построенной с использованием данных работы [21].

Информация таблицы 4.4 свидетельствуют о перспективности использования в качестве топлива для дизельных двигателей природного и сжиженного нефтяного газов, диметилового эфира, а также биотоплив.

Для предотвращения снижения технико-экономических показателей дизельного двигателя, работающего на газовых топливах, необходима правильная организация процесса их подачи в цилиндры.

Газовым топливам характерны небольшие пределы воспламеняемости горючей смеси – узкий допустимый диапазон изменения коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  (у природного газа  $\alpha = 0,4 \dots 2,0$ , у пропана  $\alpha = 0,4 \dots 1,7$ ).

Природный газ эффективно горит при  $\alpha = 1,1 \dots 1,2$ , а при  $\alpha > 2$  эффективность горения заметно ухудшается. При работе на дизельном топливе наибольшая эффективность сгорания соответствует  $\alpha = 1,7 \dots 2,5$  [12].

Таблица 4.4 – Сравнительные характеристики различных топлив

Свойства топлива	Топлива						
	ДТ	КПГ	СПГ	ДМЭ	Метанол	РМ	МЭРМ
Цетановое число	+	-	-	++	-	0	+
Топливная экономичность и диапазон ее изменения	+	-	0	+	0	+	+
Выброс оксидов азота $N0_x$	+	+	+	+	+	+	+
Выброс формальдегида $HCHO$	+	+	+	+	-	+	+
Опасность коррозии	+	+	+	0	-	+	0
Доступность топлива	+	0	-	-	-	+	0
Затраты на обслуживание двигателя и транспортного средства	+	-	-	-	-	0	0

Примечание. «++» – отличные свойства; «+» – хорошие; «0» – нейтральные; «-» – плохие; СПГ – сжиженный природный газ.

Важно отметить, что из-за плохой воспламеняемости газовых топлив увеличивается периода задержки воспламенения и в итоге меняется динамики процесса горения.

Сырье для газовых топлив (КПГ, СПГ, метанол, ДМЭ) относится к невозобновляемым (в основном, это природный газ).

Широкому использованию газомоторного топлива препятствуют отсутствие необходимой инфраструктуры для снабжения транспорта этими топливами, неприспособленность двигателя к работе на газообразных топливах, повышение выброса с ОГ оксидов азота, монооксида азота и несгоревших углеводородов на определенных режимах работы двигателя.

С данной точки зрения более предпочтительны для использования в двигателях внутреннего сгорания жидкие биотоплива, в первую очередь – полученные из рапса и подсолнечника, при условии достаточно высокой урожайности культур и их низкой себестоимости.

Продолжающийся рост цен на нефтяные моторные топлива привел к тому, что в структуре затрат на производство сельскохозяйственной продукции доля стоимости дизельного топлива уже превышает 20...30% [25]. Это прямой путь к разорению предприятий агропромышленного комплекса различных форм собственности. Ситуация угрожает продовольственной безопасности страны и может привести к полной зависимости от ввозимого продовольствия, особенно сегодня в условиях объявления западом экономических санкций.

Поэтому в настоящее время важен процесс разработки и внедрения новых технологий использования альтернативных топлив – газообразного топлива, биотоплива и других альтернативных топлив.

Но приоритетное внедрение того или иного альтернативного топлива в сельскохозяйственное производство должно базироваться на всесторонней оценке преимуществ и недостатков конвертирования двигателей внутреннего сгорания на этот вид топлива и использования его для сельскохозяйственной техники. Поэтому целесообразнее выбрать наиболее выгодное в экономическом плане альтернативное топливо и сконцентрировать усилия на его более широком внедрении в автотракторное хозяйство страны.

Поэтому экономическое обоснование приоритетного направления широкомасштабного внедрения альтернативного топлива является актуальной задачей.

**Таблица 4.5 – Относительные экономические показатели альтернативных видов моторного топлива**

Вид топлива	Затраты на производство, %	Стоимость единицы пробега автомобиля, %
Бензин из нефти	100	100
СПГ	50...60	70...75
КПГ	70...80	75...85
СУГ	60...70	80...90
Электроэнергия	65	90...130
Метанол	110	120
Этанол	120	170
Синтетический бензин	160	120

Сегодня научные работники, работники производства и руководство страны пришли к согласию, что наиболее перспективным альтернативным топливом для условий России является метановое топливо (природный газ).

**Природный газ.** В настоящее время в мире насчитывается более миллиона транспортных средств, использующих газомоторное топливо. Зарубежный опыт показывает, что при замене бензина на природный газ выброс вредных веществ (г/км) в окружающую среду падает: моноксид углерода в 8 раз, углеводороды - в 3 раза, оксиды азота - в 2 раза, сажа, зола - в 9 раз.

Доступность, большие запасы, экологичность, безопасность в сравнении с традиционными видами топлива позволяют рассматривать КПГ (сжатый метан) и СПГ (сжиженный метан) как наиболее перспективное моторное топливо России в XXI в.

Перевод в РФ пассажирского автотранспорта, коммунальной и сельскохозяйственной техники, личного транспорта граждан на альтернативные виды топлива требует выполнения исследований по оценке, как их потребительских свойств, так и себестоимости производства.

Согласно Постановлению Правительства России от 15 января 1993 г. № 31, даже в условиях свободного рынка стоимость 1 м<sup>3</sup> природного газа для транспортных средств не будет превышать 50% стоимости 1 л бензина А-76, эквивалентного ему по энергосодержанию.

Таблица 4.6 – Сопоставление показателей различных видов топлива [28]

Сопоставление различных видов топлива					
Топливо/ особенности	Бензин/- дизель	Природ- ный газ	Сжижен- ный газ	Водо- род	Электри- чество
Выброс вредных веществ	**	****	****	*****	*****
Цены на заправку	***	**	***	*	*****
Время заправки	*****	**	* * *	**	*
Цена топливного бака	*****	**	* * *	**	*
Необходимый объем для установки топливного бака	*****	**	* * *	**	*
Вес бака	*****	* * *	* * *	**	*
Сеть распределения и заправок	*****	*	**	*	* * *
Зависимость от добычи природных материалов	*	*	**	*****	*****
Техническое состояние развития	*****	***	***	**	* * *
Потенциал развития	**	* * *	* * *	*****	*****

\* - посредственное топливо; \*\* - удовлетворительное топливо; \*\*\* - хорошее топливо; \*\*\*\* - очень хорошее топливо; \*\*\*\*\* - превосходное топливо

#### Достоинства природного газа в качестве топлива:

- высокое октановое число (100...105 единиц);
- значительные ресурсы;
- низкое содержание СО<sub>2</sub> в отработавших газах (в 1,22 и в 1,34 раза меньше по сравнению с бензином и дизельным топливом);
- содержание токсичных веществ в отработавших газах в 1,5...2 раза ниже по сравнению с бензином;
- практически не образуется нагар в камере сгорания;
- ниже ударные нагрузки на детали двигателя;
- отсутствие разности октанового числа по цилиндрям.

**Главный недостаток сжатого природного газа (КПГ) как моторного топлива – это его низкая энергоплотность, что приводит:**

- к уменьшению пробега на одной заправке и необходимость в большом количестве баллонов, что снижает грузоподъемность на 9...14%;
- снижению мощности двигателя на 18...20%;
- уменьшение максимальной скорости на 5...6%;
- возрастание времени разгона на 24...30%.
- выделение в атмосферу метана;
- сложная система подачи топлива;
- затруднения с пуском холодного двигателя;
- довольно высокая взрыво- и пожароопасность, но меньшая, чем у бензина и нефтяного газа (СНГ).

С учетом существующих в России цен на энергоносители, в таблице 4.5 представлены расчетные экономические показатели альтернативных моторных топлив, которые могут быть использованы в качестве топлива.

Учитывая, что в России практически отсутствуют данные по эксплуатации отечественных автомобилей на СПГ и электромобилей, для оценки потребительских свойств взят опыт, накопленный за рубежом. В целом он будет соответствовать отечественным разработкам.

В таблице 4.7 представлены потребительские свойства ряда альтернативных видов моторного топлива для легковых автомобилей.

Здесь приведен важный показатель – запас хода техники и по нему автомобили (соответственно и трактора), использующие компримированный природный газ (КПГ), и электроэнергию значительно уступают прочим видам энергоносителей. Время заправки бензином, сжиженным природным газом (СПГ) и СУГ (пропаном) примерно одинаково. Газомоторные двигатели гораздо экономичнее бензиновых. Низкий расход энергии электромобилями характерен лишь на малых скоростях до 50 км/ч.

**Таблица 4.7 – Некоторые показатели альтернативных видов моторного топлива**

Вид топлива	Масса автомашины, кг	Запас раб. хода, км	Скорость, км/ч	Уд. расход энергии, кВт · ч/км	Время заправки
Бензин	1600	550	90	1.07	5 мин
СПГ	1600	550	90	0.89	5 мин
КПГ	1700	170	90	0.91	5...10 мин
СУГ	1600	550	90	0.91	5 мин
Электроэнергия	1800	70	40-50	0.47	8...12 часов

В РФ по эффективности нет альтернативы газовому топливу. Благодаря более низкой стоимости газового топлива по сравнению с топливами, полученными из нефти, благодаря повышению времени службы двигателей, свечей зажигания и масла будет падать себестоимость выполненных автотракторами работ.

Таблица 4.8 – Относительный выброс вредных веществ в % при использовании различных видов топлива

Топливо	СО	С <sub>x</sub> Н <sub>y</sub> (без метана)	NO <sub>x</sub>	Сажа	Оксид свинца	Бензопирен
Бензин	100	100	100	нет	100	100
Бензин (двигатель с катализатором)	25...30	10	25	нет	нет	50
Дизтопливо	10	10	50...80	100	нет	50
Дизтопливо + газ	8...10	8...10	50...70	20...40	нет	30...40
СУГ (пропан)	10...20	50...70	30...80	нет	нет	3...10
Природный газ	5...10	1...10	25...50	нет	нет	3...10

Для выявления перспективности топлива, необходимо учесть ее экологичность. Выброс вредных веществ в выхлопных газах двигателей, работающих на различных видах топлива (в %), приведен в таблица 4.8. Выбросы при сжигании бензина приняты за 100%.

Количественное представление об экологической опасности токсичных веществ, попадающих в атмосферу при использовании различных видов топлива, можно получить из нормативов платы за загрязнение атмосферы (Постановление СМ РФ от 9.01.91 г. № 13). Приняв коэффициент экологической опасности для СО равным 1, для С<sub>x</sub>Н<sub>y</sub> получим — 2, для NO<sub>x</sub> — 70, для сажи — 60, для оксидов свинца — 10 000, для тетраэтилсвинца (при утечках и разливе бензина) — 1 000 000, а для бензопирена — 3000000.

При оценке перспективности того или иного вида моторного топлива за рубежом обязательно учитывают ее экологичность и в стоимость топлива включают не только «внутренние» затраты на добычу, транспортировку, хранение и т.д., но и «внешнюю», эквивалентную размеру компенсации ущерба здоровью населения и окружающей среды. Это позволяет учитывать те затраты и потери, которые восполняются обществом за счет налогоплательщиков (расходы на медицину, реновацию объектов, потери рабочего времени и т.д.). К сожалению, в России такие расчеты во внимание пока не принимаются, но после введения в действие Федерального закона «Об экологизации автотранспорта» экологическая компонента в стоимости топлива будет присутствовать. С учетом «внешней» составляющей существенно изменяется соотношение народнохозяйственной и социальной стоимости различных видов топлива. Опыт показывает, что при учете социальной «внешней» стоимости замена нефтяного топлива на альтернативное существенно сокращает срок окупаемости [29].

В настоящее время среди множества различных вариантов альтернативных видов топлива наиболее высокие шансы вступить в конкуренцию с нефтяными видами топлива в России имеет природный газ.

## 4.2 Зарубежный опыт

### 4.2.1 Анализ зарубежного опыта использования природного газа

Газомоторное топливо сегодня используется более чем в 80 странах мира. Компримированный природный газ (КПГ) и сжиженный природный газ (СПГ) более всего используется в Иране, Пакистане, Бразилии, США, Германии, Италии [30-34] (смотрите таблицу 4.9). Количество автотехники, использующей в качестве топлива КПГ, каждый год возрастает на 25...30%. В 2013 году число автомобилей, использующих газомоторное топливо возросло до 17 млн., но это составляет всего лишь порядка 1,5% от общего количества имеющихся в мире автомобилей (см. рисунок 2). Доля газового транспорта в автопарке Ирана составляет 27%, а Пакистана более 85%.

В Иране замена бензина газовым топливом рассматривается как средство нейтрализации санкций. По заявлению властей, развитие индустрии КПГ для автотранспорта позволило сэкономить миллиарды долларов. В настоящее время в Иране осуществляется проект дальнейшего развития газотранспортной инфраструктуры стоимостью \$3 млрд.

Таблица 4.9 - Количество газомоторного транспорта и газозаправочных станций в мире (середина 2013 года)

Ведущие страны	Машины*	% от всего автопарка на территории	Газозаправочные станции	В т.ч. КПГ
Иран	3 300 000	27,1	1 922	1 992
Пакистан	2 790 000	85,2	2 997	2 997
Аргентина	2 244 346	17,5	1 916	1 916
Бразилия	1 743 992	5,0	1 793	1 793
Китай	1 577 000	1,5	5 080	3 350
<b>Всего в мире</b>	<b>17 730 433</b>	<b>1,6</b>	<b>24 036</b>	<b>22 162</b>

\*Исключая суда, поезда, самолеты (Источник: NGVA Europe)

В Пакистане широкое использование газомоторного топлива на транспорте связано с необходимостью снижения импорта нефти в условиях наличия достаточных запасов газа и полной самообеспеченности внутреннего спроса на газ.

Согласно прогнозу Международного газового союза, парк автотранспорта, использующего в качестве топлива природный газ и сжиженный углеводородный газ, может составить к 2020 году 50 млн. единиц, а к 2030 году - более 100 млн. единиц [30].

За последние 5 лет объем потребления природного газа в качестве моторного топлива вырос более чем в 3 раза. В соответствии со сценарием развития мировой газовой промышленности, рассмотренному на 20-й

Мировой газовой конференции, потенциальное мировое потребление природного газа к 2030 году должно возрасти до 4 трлн. м<sup>3</sup> [33].

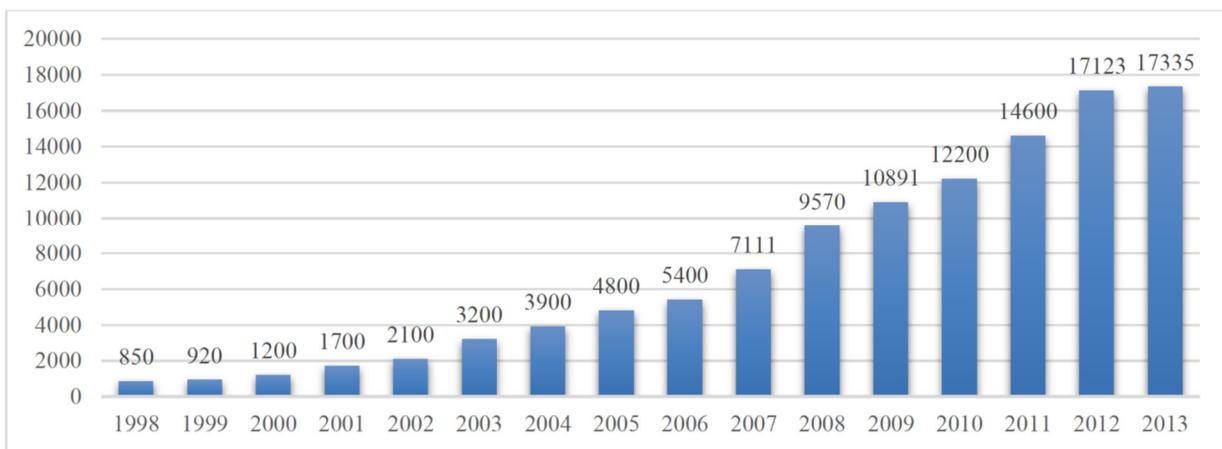


Рисунок 4.3 – Рост числа автомобилей в мире, использующих КПГ в качестве топлива, (тыс. ед.)

Среди развитых стран по объемам потребления КПГ лидируют Южная Корея и США, где в год потребляется соответственно 1116 млн. м<sup>3</sup> и 930,24 млн. м<sup>3</sup> природного газа в качестве моторного топлива. В Южной Корее высокое потребление природного газа связано с тем, что более 95% городских автобусов используют именно этот вид топлива.

Таблица 4.10 – Количество газомоторного транспорта в ЕС и ОЭСР

Ведущие страны	Количество газомоторного транспорта*	% от количества газомоторного транспорта в ЕС	% от всего автопарка на территории
Италия	846 523	77,0	2,1
Германия	96 349	8,8	0,2
Болгария	61 270	5,6	1,8
Швеция	44 321	4,0	0,9
Франция	13 538	1,2	0,04
Всего в ЕС	1 098 902	100	0,4
<b>Другие развитые страны ОЭСР</b>			
США	250 000	1,4	1,0
Япония	42 590	0,2	0,05

\*Исключая суда, поезда, самолеты (Источник: NGVA Europe)

Прогнозируется, что к 2020 году автопарк Германии, использующий КПГ в качестве моторного топлива, вырастет до 6,5 млн. автомобилей и составит примерно 30% от всего автопарка.

Таблица 4.11 – Газозаправочные станции СПГ в мире

Страна	Число заправок СПГ
США	46
Европа	43
Великобритания	13
Испания	12
Швеция	8
Нидерланды	7
Эстония	2
Польша	1
<b>Китай</b>	<b>1 330</b>
Австралия	10
Канада	2
Таиланд	1
Россия	1
<b>Всего в мире</b>	<b>1 433</b>

Источник: NGVA Europe

Наиболее перспективным топливом, сточки зрения повышения времени непрерывной работы автотракторов, является СПГ – сжатый природный газ. Больше всего он используется в Китае (см. таблицу 4.11), здесь сосредоточено 1330 заправок из 1433 во всем мире. В США, он занимает второе место, имеется 46 заправок. Однако для СПГ нужны криогенные баки для техники и криогенные заправщики. По разработке эффективных баков и криогенных заправочных устройств в мире идет интенсивная работа.

Меры стимулирования, которые применяются за рубежом имеют четкое деление на организационные, нормативно-технические и финансовые.

*К организационным мерам стимулирования можно отнести следующие:*

- Запрет на использование дизельного топлива на автомобилях малой и средней грузоподъемности/пассажировместимости (действует в Пакистане, Южной Корее и Бразилии);
- Обязательное приобретение бюджетными организациями газобаллонных автомобилей при обновлении автотранспортного парка (США);
- Предоставление предприятиям, использующим компримированный природный газ, преимущественного права на получение муниципального заказа (Франция, Италия, Иран);
- Нераспространение на автомобили, работающие на газе, запрета на въезд в природоохранные зоны (Великобритания, Италия, Чили, Китай);
- Запрет на использование нефтяных видов моторных топлив на общественном и коммунальном транспорте (действует во Франции).

*Нормативно-технические меры стимулирования*, в первую очередь касаются норм технологического проектирования заправочных пунктов – автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), многотопливных АЗС и терминалов бункеровки железнодорожного и водного транспорта. К ним можно отнести:

- Запрет на строительство новых заправочных станций без блока заправки природным газом (действует в Италии);
- Разрешение на строительство АГНКС в черте городской застройки (действует в Турции, Австрии и Южной Корее).

*Финансовые меры* сводятся преимущественно к уменьшению размеров сборов в бюджеты различных уровней, а именно:

- Выплата владельцам единовременных премий или компенсация части затрат на переоборудование автомобиля для работы на КПГ (в Италии) или на покупку нового автомобиля, использующего КПГ (в Германии);
- Выделение грантов и дотаций на приобретение автомобилей, работающих на природном газе, газобаллонного оборудования (Австралия, Великобритания, Канада, Малайзия, Япония);
- Освобождение владельцев от платежей за парковку (в Швеции);
- Освобождение импортного газозаправочного и газоиспользующего оборудования для КПГ от ввозных таможенных пошлин (действует в странах ЕС и Иране);
- Выделение грантов и дотаций на строительство АГНКС (Австралия, Великобритания, Канада, Малайзия, Япония);
- Освобождение на определенный период от уплаты налога на землю при строительстве АГНКС (Япония);
- Предоставление возможностей ускоренной амортизации для АГНКС (Япония);
- Предоставление возможностей ускоренной амортизации автомобилей с газобаллонным оборудованием (Япония).
- Снижение налога на имущество при строительстве АГНКС (Япония);
- Сокращение базы для исчисления налога на имущество на определенный процент от стоимости АГНКС и газобаллонных автомобилей на компримированном природном газе (США);
- Отказ от ценовой привязки природного газа к нефтяному топливу (в странах ЕС), что позволяет устраниить внерыночный механизм регулирования стоимости природного газа и способствует развитию рынка природного газа независимо от рынка нефтяных топлив.

Таблица 4.12 – Цены на газомоторное топливо (КПГ) в сравнении с другими видами транспортного топлива

Страны	Цены на КПГ, евро/м <sup>3</sup>	Цены на КПГ как % от цены		
		Бензина	Дизельного топлива	Пропан-бутановой смеси
Евросоюз	0,83	58,4	60,2	74,1
Россия	0,27	35,0	38,0	53,0
США	0,46	59,0	61,0	49,0
Китай	0,43	60,0	65,0	н/д

Источник: NGVA Europe

*По мнению экспертов, мировой опыт свидетельствует о том, что перевод транспорта на природный газ является приоритетным направлением в части обеспечения устойчивого энергетического развития и экологической безопасности страны. Следовательно, необходимо изучение лучших зарубежных практик и применение рекомендаций первоочередных мероприятий, направленных на успешное развитие отрасли в условиях Российской Федерации.*

#### 4.3 Законодательно-правовая и нормативно техническая поддержка перехода на газомоторное топливо

##### 4.3.1 Законодательно-правовая база перехода на газомоторное топливо

Несмотря на наличие значительных природных ресурсов, Россия в настоящее время уступает лидирующие позиции в списке стран, использующих газ в качестве моторного топлива. Удельный вес транспорта, использующего КПГ, невысок. Основная причина низкого спроса на газовые автомобили – слаборазвитая инфраструктура отрасли (сеть АГНКС). Построенная в конце 80-х – начале 90-х годов прошлого века, она состоит примерно из 250 станций с проектной максимальной производительностью 2 млрд. м<sup>3</sup> КПГ. Они распределены по территории страны неравномерно: в некоторых регионах имеются всего одна - две АГНКС, в других – станции полностью отсутствуют. Кроме того, существующая сеть АГНКС привязана к трубопроводной сети газопроводов, что ограничивает ее дальнейшее развитие.

Системная работа по расширению использования КПГ многие годы проводилась с участием ОАО «Газпром» путем постепенного увеличения количества принадлежащих компаний АГНКС.

Правительство Российской Федерации также постоянно обращает внимание на актуальность вопроса и предпринимает организационно-правовые и финансовые мероприятия по содействию перехода на газовые

виды топлива, в связи с чем, были разработаны различные постановления, поручения, программы:

- Постановление правительства Российской Федерации от 15 января 1993 г. №31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 12.06.2003 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления»;
- Поручение Президента России «О стимулировании широкомасштабного перевода сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо» от 18 ноября 2004 г. № Пр-1686 ГС;
- Поручение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2004 г. № МФ-П9-5799;
- «Комплексная программа по стимулированию широкомасштабного внедрения современных технологий перевода сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо». – Москва – 2006 г.
- Поручение Первого заместителя Председателя Правительства России «О необходимости развития рынка газомоторного топлива» от 2 октября 2006 г. № ДМ-П9 5169;
- Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»;
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. №1662-р «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года»;
- Распоряжение правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. №1-р «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г.»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 17.12.2012 г. № 1315 «О внесении изменений в Правила предоставления и распределения федеральных субсидий бюджетам субъектов Российской Федерации» [35], в соответствии с которым 22 регионам была оказана дополнительная бюджетная помощь в размере 1,6 млрд. рублей. Эти средства пошли на софинансирование расходов бюджетов субъектов Российской Федерации, связанных с осуществлением мероприятий по обновлению подвижного состава работающего на газомоторном топливе;

- Постановление Кабинета министров Республики Татарстан от 26 апреля 2013 года № 283 об утверждении государственной программы Республики Татарстан «Развитие рынка газомоторного топлива в Республике Татарстан на 2013...2023 годы»;
- Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 мая 2013 г. № 767-Р «О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива»;
- Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива от 14 мая 2013 г.;
- Для развития газомоторного рынка Татарстана 21 июня 2013 года Президентом Республики, Председателем Правления ОАО «Газпром» и Председателем Совета директоров ОАО «Газпром» - Генеральным директором ООО «Газпром газомоторное топливо» подписано «Соглашение о сотрудничестве по вопросам расширения использования природного газа в качестве моторного топлива»;
- Выделено в 2013 году из бюджета Российской Федерации 6,1 млрд рублей на перевод транспортных средств на природный газ;
- 8 октября 2014 года на закупку газовой техники в регионах, федеральный центр выделил 3,8 млрд. рублей.
- ОАО «КАМАЗ» предлагает новую **программу обновления автопарка** - «Трейд ин» (новый автомобиль взамен старой);
- Находится на рассмотрении проект федерального закона № 130858-4 «Об использовании альтернативных видов моторного топлива».

По мнению экспертов, положения, касающиеся перевода значительной части подвижного состава общественного транспорта на газомоторное топливо, являются эффективной мерой, способной поднять спрос на данный вид топлива. При этом заместитель генерального директора по научной работе ОАО «НИИАТ» Виталий Комаров отмечает, что «*на сегодня почти 50% техники автопредприятий в России старше десяти лет*. Естественно, что перевод этого транспорта на газовое топливо – мера не эффективная. По его мнению, «*нужно активнее закупать новый транспорт на газомоторном топливе*» [36].

#### **4.3.2 Нормативно – техническая документация для перехода на газомоторное топливо**

<b>Название документа</b>	<b>Год издания</b>
1. ГОСТ 8.053-73. Манометры мановакуумера, вакууметры, напоромеры с пневматическими выходными сигналами.	1973
2. ГОСТ 949-73 «Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на Рр/19,6 МПа (200 кг/см <sup>2</sup> ).	1973

3. ГОСТ 949-73. Баллоны стальные малого и среднего объёма для газов $P_p < 20$ МПа ( $200$ мПа/см $^2$ ).	1973
4. ГОСТ 22387.4-77 Газ для коммунально-бытового потребления. Метод определения содержания смолы и пыли.	1977
5. ГОСТ 22667-82 Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа «Воббе».	1982
6. ГОСТ 25136-82. Соединения трубопроводов. Методы испытаний на герметичность.	1982
7. ГОСТ 25651-83. Приборы автомобилей контрольно-измерительные.	1983
8. ГОСТ 20060-83 Газы горючие природные. Методы определения содержания водяных паров и точки росы влаги.	1983
9. ИО-200-РСФСР-15-0077-83 «Типовая технология выполнения регламентных работ первого, второго и сезонного технического обслуживания автомобилей ЗИЛ 138А (138И), ГАЗ 5327, ГАЗ 5227», М, 1983 г.	1983
10. МУ 200-РСФСР-12-184-83. Рекомендации по диагностированию топливоподающей аппаратуры газобаллонных автомобилей в АТП.	1983
11. ГОСТ 15860-84. Баллоны стальные сварные для сжиженного газа.	1984
12. МУ-200-РСФСР-12-0016-84 «Методические указания по контролю и оптимальной регулировке систем питания газовой аппаратуры автомобилей, работающих на СПГ», НИИАТ, 1994 г.	1984
13. РТ-200-РСФСР-15-0082-84 «Временное руководство по текущему ремонту автомобилей ЗИЛ 138А (138И), ГАЗ 5227, работающих на природном газе», М., 1984 г.	1984
14. РТ-200-РСФСР-15-0087-84 «Руководство по текущему ремонту автомобилей, работающих на сжатом природном газе», НИИАТ, 1984 г.	1984
15. РТМ-200-РСФСР-12-0014-84 «Руководство по организации и проведению переоборудования автомобильного подвижного состава для работы на сжатом природном газе», НИИАТ, 1994 г.	1984
16. МУ-200-РСФСР-12-0052-85 «Типовая технология испытания топливных систем автомобилей, работающих на сжатом природном газе», НИИАТ, 1985 г.	1985
17. ИО 200-РСФСР-15-0043-86. Типовая технология выполнения регламентных работ первого, второго технического обслуживания газобаллонных автомобилей.	1986

18. ТУ-200-РСФСР-12-538-86	«Технические условия. Переоборудование легковых автомобилей, работающих на сжатом природном газе. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования, испытания топливных систем», НИИАТ, 1986 г.	1986
19. РД-200-РСФСР-12-0111-87	«Положение о временном пункте по периодическому освидетельствованию автомобильных баллонов для СПГ. Классификатор дефектов автомобильных баллонов», НИИАТ, 1997 г.	1987
20. РТ 200-РСФСР-15-0124-87	Руководство по текущему ремонту газовой аппаратуры системы питания автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе, семейства ЗИЛ и ГАЗ.	1987
21. ГОСТ 23781-87	Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава.	1987
22. ГОСТ 27578-87	Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта.	1987
23. МУ-200-РСФСР-12-0163-87	«Методические указания по эксплуатации газодизельных автомобилей на сжиженном природном газе».	1987
24. РД-200-РСФСР-12-0176-87	«Руководство по организации и проведению переоборудования автомобильного подвижного состава для работы на сжиженном нефтяном газе», НИИАТ, 1987 г.	1987
25. РД-200-РСФСР-12-0185-87	«Руководство по эксплуатации автомобилей, работающих на сжиженном природном газе».	1987
26. РТ200-РСФСР-15-0123-87.	Руководство по текущему ремонту газовой аппаратуры системы питания автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе семейств ЗИЛ и ГАЗ.	1987
27. Руководство по эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжатом природном газе. (РД-200-РСФСР-12-0185-87), ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1987 г.		1987
28. РД-200-РСФСР-12-0227-88	«Руководство по переоборудованию грузовых автомобилей с дизельными двигателями для работы на СПГ», НИИАТ, 1988г.	1988
29. МУ 200-РСФСР-12-0228-88.	Методические указания по организации работ по освидетельствованию баллонов для сжиженных нефтяных газов.	1988
30. Нормативы для определения количества природного газа при технологическом выпуске его из ГБА. Киев, 1988.		1988
31. Руководство по техническому обслуживанию газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженных нефтяных газах (Р 311299-0305-89), Минавтотранс РСФСР, НИИАТ, 1989 г.		1989

32. Переоборудование автомобилей ЗИЛ-431410 для работы на СНГ в книге «ЗИЛ 431410».	1990
33. РД 3112199-0182-94 «Нормативная база сертификации услуг по переоборудованию автомобильного подвижного состава для работы на газовом топливе», М., 1994 г.	1994
34. Закон РФ «О сертификации продукции и услуг», Пост. ВС РФ от 10.06.93 г. № 51531 с изменен. от 27.12.95 г.	1995
35. Комплект газобаллонной аппаратуры для легковых автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе. Паспорт УГС-454400.001 ПС. Калининградгазоавтоматика. 1995.	1995
36. Р 3112199-0339-95 Учебный план и программа занятий по техническому обслуживанию и ремонту газобаллонных автомобилей	1995
37. Р 3113199-0340-95 Программа подготовки ИТР по организации технической эксплуатации газобаллонных автомобилей	1995
38. 39. ГОСТ 22387.2-97 Газы горючие природные. Методы определения содержания сероводорода и меркаптановой серы.	1997
39. РД 03112194-1014-97 Установка на автобусы газобаллонного оборудования. Приемка. Испытание газотопливных систем.	1997
40. РД 03112194-1014-97. Переоборудование автобусов в газобаллонные. Изменение № 1.	1997
41. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом) [Текст]: утв. М-вом транспорта Рос. Федерации 28.10.1998: ввод в действие 01.01.1999. – М., 1998. – 31 с.	1998
42. РД 3112199-98 Требования пожарной безопасности для предприятий, эксплуатирующих автотранспортные средства на компримированном природном газе: утв. М-вом транспорта Рос. Федерации 21.05.1998. – М.: Министерство транспорта РФ, 1998. – 27 с.	1998
43. Типовой проект организации труда на участке ТО и Р газового оборудования грузовых автомобилей.	1998
44. Газобаллонные тракторы МТЗ-80Г и МТЗ-82Г. Дополнение к техническому описанию и инструкции по эксплуатации тракторов МТЗ-80, МТЗ-82. ООО «Дизельавтоматика», Саратов, 1999.	1999
45. ГОСТ Р 17.2.2.06-99 Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах газобаллонных автомобилей.	1999
46. МУ 152-12-009-99. О регистрации ГБА автотранспортных средств в ГИБДД.	1999

47. МУ 152-12-010-99. О проведении государственного технического осмотра ГБА автотранспортных средств в РФ.	1999
48. ТУ 152-12-007-99 «Автомобили. Переоборудование грузовых, легковых и специализированных автомобилей в газобаллонные для работы на компримированном природном газе. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытания газотопливных систем», НИИАТ, 1999 г.	1999
49. ТУ 152-12-007-99. Переоборудование грузовых, легковых и специализированных автомобилей в газобаллонные для работы на компримированном природном газе. Приёмка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Изменение №1.	1999
50. ТУ 152-12-008-99 «Автомобили и автобусы. Переоборудование грузовых, легковых автомобилей и автобусов в газобаллонные для работы на сжиженных нефтяных газах. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытания газобаллонных систем», НИИАТ, 1999 г.	1999
51. ТУ 152-12-008-99. Переоборудование грузовых, легковых автомобилей и автобусов в ГБА для работы на сжиженных нефтяных газах. Приёмка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытание газотопливных систем. Взамен ТУ 200-РСФСР-12-544-87. Изменение №1.	1999
52. ГОСТ 27577-2000 «Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия».	2000
53. Методические указания по приспособлению действующих предприятий для эксплуатации автомобилей, работающих на СПГ и СНГ и устройству пунктов выпуска СПГ и слива СНГ.	2000
54. ОСТ 153-39.1-003-00 Баллоны стальные сварные для сжиженного углеводородных газов. Правила ремонта и освидетельствования.	2000
55. Руководство по организации и проведению переоборудования тракторов для работы на компримированном природном газе. М., 2000.	2000
56. ГОСТ Р 51753-2001 Баллоны высокого давления для сжатого природного газа, используемого в качестве моторного топлива на автомобильных транспортных средствах.	2001
57. РД 03 -485-02 Положение о порядке выдачи разрешений на применение технических устройств на опасных производственных объектах.	2002
58. Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе [Текст]: РД 03112194-1094-03: утв. М-вом транспорта Рос. Федерации: ввод в действие 01.01.2003. – М.: Департамент автомобильного транспорта ФГУП НИИАТ, 2003. – 43 с.	2003

59. ГОСТ Р 41.49-2003, Правила ЕЭК ООН № 49 Едиообразные предписания, касающиеся сертификации двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на газе.	2003
60. ПБ 03-576-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.	2003
61. Правила безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа. Постановление №6 Гостехнадзора России от 04.03.2003.	2003
62. РД 03112194-1094-03 Руководство по организации, эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе.	2003
63. РД 03112194-1098-03 Руководство по выполнению работ по переводу на газ автотранспортных средств.	2003
64. РД 03112194-1099-03 «Руководство по организации и выполнению услуг и работ по переводу на компримированный природный газ автотранспортных средств, находящихся в эксплуатации». 2004.	2003
65. Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на компримированном природном газе [Текст]: РД 3112199-1095-03: утв. М-вом транспорта Рос. Федерации: ввод в действие 01.01.2003. – М.: Департамент автомобильного транспорта ФГУП НИИАТ, 2003. – 59 с.	2003
66. РЭ 233.4400020-01 Комплект газобаллонного оборудования для АТС категории Н и М с двигателями КамАЗ с системой распределенного впрыска газа и микропроцессорной системой управления. 2004. (утвержден фирмой ООО «Мобильгаз»).	2004
67. ГОСТ Р 41.83-2004, Правила ЕЭК ООН № 83 Едиообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в зависимости от топлива.	2004
68. РД 03-10-2004 Инструкция по организации выдачи в центральном аппарате Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору разрешений на применение конкретных видов (типов) технических устройств на опасных производственных объектах.	2004
69. Рекомендации по использованию компримированного природного газа в качестве моторного топлива для транспортно-энергетических средств сельскохозяйственного назначения. М.: «Издательство ВИМ», 2005. -103 с.	2005
70. РД 03-19-2007 Положение об организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, поднадзорных Ростехнадзору.	2007
71. ГОСТ Р, Газпром. 2-1.13-232-2008 «Эксплуатация криогенных бортовых топливных систем для транспорта на сжиженном природном газе».	2008

72. Автомобильная газовая топливная система «САГА-6». 2010  
 Руководство по эксплуатации. Инкар.
73. ISO 11439 Международный стандарт.
74. NGV-2 Национальный стандарт США.
75. Методические рекомендации по установке газобаллонного оборудования на колесные транспортные средства, находящиеся в эксплуатации в Российской Федерации (утв. распоряжением Минтранса РФ от 30 июля 2012 г. № НА-96-р). 2012
76. Правила №110 ЕЭК ООН.

#### **4.4 Проблемы и пути решения**

В процессе решения проблемы перехода на новое топливо – природный газ, связанное со снижением запасов нефти и все возрастающим ростом цен на нефтяное топливо, задействованы несколько игроков или заинтересованных сторон.

**Первая сторона** – владельцы автотракторной техники, потенциальные потребители нового газомоторного топлива в лице индивидуального владельца техники, пассажирские и грузовые автотранспортные предприятия различных форм собственности, коммунальные службы, бюджетные и коммерческие организации владельцы мобильной автотракторной техники, сельскохозяйственные предприятия и т.д.

**Вторая сторона** – производители техники в лице крупных, и не очень крупных автотракторных предприятий (заводы, агрохолдинги, концерны типа КАМАЗ, ВАЗ, ГАЗ, «Агромаш», «Тракторные заводы»), производители газобаллонного оборудования типа САГА, ГИГ, Новогрудок, Рязань, Компрессор, Автосистема и другие.

**Третья сторона** – производители газа и газомоторного топлива в лице ООО «Газпром» и ее дочернего предприятия ООО «Газомоторное топливо», а также нынешних и будущих владельцев автогазозаправочных станций.

Сегодня наблюдается немногого парадоксальная ситуация в области организации использования, казалось бы весьма эффективного топлива, затраты на использование которой обещают быстро окупиться:

– **Первая сторона**, оправдывая очень медленный переход на использование газового топлива, говорит – Нет инфраструктуры, недостаточно заправок, как стационарных, так и передвижных, заводы не выпускают сертифицированную технику, оснащенную газовым оборудованием, отсутствует наложенная система сервисного обслуживания, устарела нормативно-техническая документация, регламентирующая установку газового оборудования на технику, ее безопасную эксплуатацию, техническое обслуживание, хранение и списание.

– **Представители производителей**, до недавнего времени, да и сегодня говорят – Нет большой потребности в автотракторной технике, работающей

на газу. В России на газомоторном топливе работают всего около 80 тысяч автомашин (в Италии 1 млн., в Иране 3.5 млн.), которые заправляются на газозаправочных станциях, количество которых не превышает 250 единиц (и в Италии и в Германии больше 900, в Пакистане 3000, в Китае более 5000). При наличии устойчивого спроса мы готовы обеспечить потребности автовладельцев.

– **Третья сторона** – в лице «Газпрома» и потенциальные бизнесмены, владельцы будущих автогазозаправочных станций сетуют на две первые стороны, их нерасторопность, невозможность получения прибыли при загрузках АГЗС ниже 70%, длительность срока окупаемости вложенных денег – 7...8 лет.

Таким образом, получается замкнутое кольцо, в пределах которой разворачивается бурная деятельность (такая динамика сравнима с собакой бегающей за своим хвостом), однако, как говорится «А воз и ныне там».

Для того чтобы разорвать порочный круг, несомненно, нужен комплексный, системный подход – в виде создания условий, когда все игроки, вступившие в игру, будут в «плюсе». Условия или правила игры в стране должно создавать государство, находящееся выше всех сторон, участников данного процесса. Государство является регулятором процесса и по своим функциям оно должно взять на себя обязательства по снижению имеющихся рисков, служить гарантом успеха.

В первую очередь необходимо создать ясную, понятную нормативно правовую базу в виде закона. Закон об использовании газомоторного топлива в России бьет все рекорды по длительности и безуспешности принятия. Его первый проект старше многих автовладельцев, мечтающих перевести свой автомобиль на газовое топливо (около 20 лет). Что нужно закрепить в законе в первую очередь – это гарантию государства, что газомоторное топливо отныне, а может быть и навсегда будет дешевле топлива, полученного из нефти. Насколько дешевле? – рассчитать это не трудно, если исходить из себестоимости газа, аппетитов «Газпрома» на прибыль, учитывая, что прибыль должны иметь владельцы газовых заправок и в плюсе должны остаться владельцы автотракторов и, несомненно, производители мобильной техники и те, кто обслуживает газовое оборудование. Государство получит налоги, будет иметь довольных и счастливых, не слишком политизированных граждан, которые, дыша экологически чистым воздухом, будут здоровы и меньше придется тратиться на медицину.

В накладе останутся те, кто проводил различные манипуляции с нефтяным топливом, начиная от «некороших» водителей, связывающих «концы с концами» за счет продажи слитого бензина и-и... те, кто наверху – власть имущие (закон о газомоторном топливе не просто так залежался в думе, тормозился правительством, десятки раз переписывался).

Не было бы повода для беспокойства, ведь в России еще в силе – Постановление правительства Российской Федерации от 15 января 1993 г. №31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом». В этом документе черным по белому написано –

Стоимость сжиженного газа не может быть выше 50% от стоимости бензина А-76. Уже нет дешевого бензина А-76, но на некоторых газозаправочных станциях в Республике Татарстан, стоимость СНГ превышает половину стоимости даже бензина А-92. Народ волнуется, народ желает иметь прозрачные, честные, устойчивые правила игры.

Чтобы лед тронулся, в законе необходимо учесть хотя бы часть мер (из опыта зарубежных стран) по стимулированию и владельцев техники, и бизнеса – в лице владельцев заправочных станций, и производителей техники.

Вот что говорил по поводу перехода на газомоторное топливо при принятии закона «Законопроект о природном газе 2009» член Сената США Гарри Рейд: «Если мы собираемся перевести эти большие грузовики на газомоторное топливо – природный газ, то для этого потребуется хороший пинок под зад, чтобы это было всё-таки сделано. Это не может быть сделано усилиями только частного сектора, в этом есть нечто такое, что требует пристального внимания от нас, законодателей» [АГЗК+АТ. № 5 (47) / 2009. С.78-80].

Остается надеяться, что после провала выполнения поручения Президента России «О стимулировании широкомасштабного перевода сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо» от 18 ноября 2004 г. № Пр-1686 ГС и принятия нового документа «Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива от 14 мая 2013 г» развитие рынка газомоторного топлива и мобильной техники пойдет более уверенно, затронет и сельские регионы, и успешно претворится в жизнь.

## **4.5 Производители техники и оборудования**

### **4.5.1 Производители ГБО**

На сегодняшний день в России можно встретить ГБО со всего мира, в продаже оборудование из Италии, Голландии, Польши, Болгарии, Австралии, Литвы, Латвии, Бельгии. Причем зачастую одну страну представляют несколько марок. Родоначальниками европейской газификации по праву можно назвать итальянцев, перечислять всех производителей мы не будем, а затронем лишь самых именитых: Lovato, Landi Renzo, Stefanelli, Bedini, BRC, Westport. Далее идут голландцы, их продукция всегда считалась элитарной и сравнительно дорогой: Necam&Koltec, Landi Hartog, GMS, AMG — вот лишь некоторые бренды из предлагаемых для реализации в России.

Некоторые фирмы специализируются на выпуске отдельных элементов, компонентов, агрегатов ГБО:

- Производство газоредуцирующей аппаратуры – BRC, Lovato, Bugatti GNC, Centro Motor Gas, Tomasetto Achile, EnarGas, Impulso Gas, Cilbras, Salustri;

- Производство электронного оборудования и систем впрыска – A.E.B. L'elettronica Nel Gas, 'ElektroDizel SRL, EMER SRL, Dinamotor Injecion GNC;
- Производство компрессоров и оборудования для АГНКС – Ag Agira, Indro Meccanica, Omar Vetrano, Sulser Argentina SA, Grupo Galileo;
- Производство баллонов – Faber, Dynetek-Agroeste, Mergogas, Inflex-Argentoil SA, Cilbras, Sitec SRL
- Производство газовых клапанов – Bustamante E Hijos, Emer SRL.

Но не стоит забывать и о российских производителях: НПФ САГА, ООО «ГИГ Инжиниринг» лидер конкурса «Высокие технологии XXI века», Рязанский завод автомобильной аппаратуры, Компрессор, Автосистема, Московская фирма «Скиф-Сервис-Газ», компания «Экогаз» в составе ЗАО «Плазменные технологии» имеет представительства в Москве, Новосибирске, компания Alpha и др. Отечественные производители завоевывают рынок за счет низких цен на оборудование, но достичь уровня мировых стандартов им пока не удалось, работа продолжается.

В конце XX века на волне острого дефицита и ажиотажного спроса на газовое оборудование для легковых автомобилей особенно резко обострившегося в 1999 году появилось большое количество фирм, предлагающих свои услуги по продаже, монтажу и ремонту газового оборудования. Предлагаемый ассортимент отечественной и импортной аппаратуры сегодня довольно разнообразен, но устойчивый интерес проявляется к трем-четырем. Из оборудования, производимого в пределах СНГ, наибольшей популярностью пользуется оборудование **Новогрудского завода газовой аппаратуры** (НЗГА, Белоруссия) благодаря низкой стоимости, хотя качество и надежность на оценку «хорошо».

Лидером среди отечественных производителей ГБО является Рязанский завод автомобильной аппаратуры (РЗАА). Он выпускает наиболее широкую гамму оборудования, устанавливаемого на любые легковые и грузовые автомобили. Редуктор для сжиженного газа, изготовленный по итальянской лицензии, не имеет себе равных, имеет наиболее приемлемое соотношение цена - качество. Надежность и стабильность регулировочных параметров рязанских редукторов находится на очень высоком уровне среди российских аналогов.

Следующим производителем, участвующим в рыночной гонке за качество и продажи, является **Пермское научно-производственное объединение «ИНКАР»**. Единственным недостатком оборудования этого производителя является высокая стоимость, сравнимая разве что со стоимостью импортного.

Пользуется спросом оборудование **Московской фирмы САГА** (САГА-6, САГА-7), разработанное совместно с Пермским «Инкар».

Газобаллонное оборудование марки **Alpha** (Россия) обладает массой опций и инноваций. Оно полностью соответствует нормам ЕВРО-5.

Высококлассное отечественное ГБО Альфа является отличной альтернативой дорогостоящим зарубежным аналогам.

Еще один отечественный производитель качественного ГБО – ООО «ГИГ Инжиниринг» (компания GIG). Фирма занимается передовыми разработками систем впрыска газа с микропроцессорным управлением.

Автолюбители, выбирая газобаллонное оборудование, обычно руководствуются собственным опытом, советами знакомых, рекомендациями работников фирм, занимающихся продажей ГБО. Но, все-таки, решая вопрос, ставить или не ставить газовое оборудование, лучше всего определиться с выбором фирмы, которая должна стать в дальнейшем надежным помощником и советником на долгие годы. При этом фирму желательно выбирать с богатым опытом и достаточно высокотехнологичным оборудованием. А там уже остается полагаться на мнение квалифицированных специалистов, обладающих действительными знаниями, профессиональными навыками и объективным практическим опытом.

Все системы имеют одинаковый набор комплектующих: газовый баллон с блоком заправочно-расходной арматуры, трубопровод и электромагнитный клапан подачи жидкого газа к двигателю, газовый редуктор-испаритель, который подает горючее уже в газообразном виде от редуктора к смесителю, установленному во впускном тракте двигателя. Добавим к этому электронные согласующие устройства для автомобилей с впрыском топлива и коммутаторы, переключающие питание двигателя с бензина на газ. Комплектующие от разных изготовителей заметно отличаются качеством, что, естественно, отражается на цене оборудования.

Системами хранения, заправки и размещения на автомобильном транспорте компримированного природного газа и сжиженного природного газа занимаются ряд организаций среди которых следует отметить Казанский ОКБ «СОЮЗ», НПО «Гелиймаш», ОАО «КРИОГАЗ», Уральский компрессорный завод.

Возможности основных предприятий – изготовителей газотопливного оборудования превышают 300 тыс. единиц комплектов газобаллонного оборудования в год для всех основных типов автомобилей, автобусов и сельскохозяйственной техники. Некоторые модели газового оборудования, выпускемого в России приведены в таблице 4.13.

В наши дни славу лучшего в мире производителя газовой автоаппаратуры перехватила Италия. И сейчас на мировом рынке наибольшим спросом пользуется техника итальянских компаний "Stargaz", "LANDI RENZO" и "LOVATO", электронные устройства, эмуляторы и блоки управления фирмы "A.E.B."; безаварийные на 100% газовые клапана "MED" и смесители "O.M.V.L.", электронные переключатели с памятью и цифровые датчики уровня топлива "Stargaz".

Таблица 4.13 – Комплекты газобаллонного оборудования, устанавливаемые на отечественные автомобили и автобусы

Модель автомобиля	Модель газобаллонного оборудования (ГБО)	Фирма-производитель ГБО
ВАЗ 2101...2107	ГБА-210	ЗАО «Автосистема»
ВАЗ-2121	ГБА-212	ЗАО «Автосистема»
АЗЛК-2141-02	ГБА-211 Р-132	ЗАО «Автосистема» ОАО «РЗАА»
АЗЛК-2335	ГБА-212 Р-134	ЗАО «Автосистема» ОАО «РЗАА»
УАЗ-2206	АТШ-402.800	ЗиФ (Завод им М.В. Фрунзе)
УАЗ-3303	АТШ-359.800	ЗиФ (Завод им. М.В. Фрунзе)
ГАЗ-3221 «Газель» (8-местный)	«Сага-7» ИПФ	«Сага»
ГАЗ-322173 «Газель» (13-местный)	Р-131	ОАО «РЗАА»
ГАЗ-330210 «Газель»	АКТШ-410.800	ЗиФ (Завод им М.В. Фрунзе)
ГАЗ-330211 «Газель»	ГБА-240	ЗАО «Автосистема»
ГАЗ-3307	Р-117	ОАО «РЗАА»
ГАЗ-52-27, ГАЗ-52-28	ГБА-291	ЗАО «Автосистема»
ГАЗ-53-12	ГБА-291	ЗАО «Автосистема»
ЗИЛ-431410, ЗИЛ-431510	АВСТР. 454400.290	ЗАО «Автосистема»
ЗИЛ-431610	ГБА-290	ЗАО «Автосистема»
ЗИЛ-433100	ГБА-292	ЗАО «Автосистема»
КамАЗ-5320	ГБА-450	ЗАО «Автосистема»
ПАЗ-3205	ТШ-408.800	ЗиФ (Завод им. М.В. Фрунзе)
ЛиАЗ-5256	ГБА-500	ЗАО «Автосистема»
ЛИАЗ-677М	ГБА-501	ЗАО «Автосистема»
ЛАЗ-695Н, ЛАЗ-699Р	ГБА-502	ЗАО «Автосистема»
ЛАЗ-42021	ГБА-500	ЗАО «Автосистема»
Икарус-250, 260, 280, 283	Р-04462	ОАО «РЗАА»
Икарус-260, 260.10, 280, 283	ГБА-601	ЗАО «Автосистема»

Редуктор для сжиженного газа, разработанный и изготовленный по итальянской лицензии, не имеет себе равных и обеспечивает при эксплуатации устойчивость параметров, требуемое качество, имеет приемлемое соотношение цена - качество. Известное ГБО из Италии производится компанией Bigas. Продукция этой фирмы весьма востребована европейскими автолюбителями, а также нашими соотечественниками.

Газобаллонное оборудование Bigas отличают надежность, длительный срок эксплуатации и высочайшее качество сборки.

Итальянская компания BRC выпускает ГБО в премиум-сегменте рынка. Продукция этой фирмы постоянно совершенствуется. Разработчики применяют оригинальные конструктивные решения и внедряют новейшие технологии в производство. ГБО компании BRC отнюдь не дешевое, но по качеству — выше всяких похвал.

Компания Rail является продуктом слияния двух профессионалов — Luigi Stevani и Paride Saleri. Результатом объединения стала мощная компания по производству ГБО, которое получило всемирное признание.

Справка о фирмах, выпускающих ГБО из Италии, был бы не полным без упоминания компании Tomasetto. Этот производитель присутствует на международном рынке уже более 25 лет, и его ГБО является одним из самых продаваемых, благодаря оптимальному соотношению параметров «цена-качество». Надежное, безотказное и простое в обслуживании газобаллонное оборудование этого производителя идеально подходит под климатические условия России.

Литовское ГБО. Tamona — относительно молодой, но перспективный разработчик газобаллонного оборудования. Высокое качество изделий для автогазового оборудования этого производителя дополняется разумной ценой. Эксперты характеризуют продукцию этой фирмы не иначе, как современная, надежная.

Голландское ГБО марки Prins отвечает требованиям даже самых взыскательных автомобилистов. Газобаллонное оборудование этой марки позволяет достичь великолепных характеристик работы автомобиля на газу. ГБО из Голландии — это традиционное качество, проверенное многими десятилетиями работы.

Компания Gurtner (Франция) отлично зарекомендовала себя на мировых рынках. Уже более 100 лет производитель выпускает высококлассные двигатели для авто- и мототехники. С 1960 года к ассортименту продукции добавилось и газобаллонное оборудование. Собственный научно-исследовательский отдел Gurtner помогает инженерам создавать и воплощать в жизнь яркие и нестандартные технические решения. Качество и ценовую доступность продукции компании высоко ценят европейские, российские и украинские автолюбители.

Импортное оборудование настолько разнообразно, что описать его на страницах одного издания просто не представляется возможным. А качество и надежность его может колебаться от самого низкого до очень высокого и стабильного.

Различие в ценах сказывается на окупаемости оборудования с учетом экономии топлива. Поэтому у отечественной газовой аппаратуры она достигается за 12–18 тыс. км пробега, а у итальянской — за 20–40 тыс. км. Так что оборудование из России и Белоруссии может окупиться еще до окончания гарантийного срока.

## **4.5.2 Поколения ГБО выпускаемые для бензиновых и дизельных двигателей**

Существует ли четкое деление ГБО на поколения?

Среди установщиков газобаллонного оборудования существует классификация (или, можно сказать, разделение) газового оборудования по поколениям. Сделано это было для удобства общения между собой и для разделения между собой систем разного типа (по работе и конструкции). Так как ни в одном официальном издании нет четкого разграничения по признакам разделения на поколения, то между установщиками существуют разнотечения к какому поколению отнести ту или иную систему.

В Автомеханическом институте (МГТУ-МАМИ) (сейчас Университет Машиностроения) предложили такую классификацию:

### **Первое поколение ГБО (ГБО 1)**

К системам ГБО первого поколения относят оборудование с раздельным редуктором и испарителем газа.

В свое время такая конструкция газового редуктора была вывезена (после войны) из Германии и поставлена для производства на завод РЗАА в г. Рязань. Закончили их выпускать лет 10 назад. Причем эти редукторы до сих пор работают на автомобилях в глубинке России (Хакасии, Мордовии и т.д.). Простота, надежность и продолжительность их работы вызывает уважение. Наряду с вышеуказанным редуктором, РЗАА освоил выпуск редуктора совмещенного с испарителем. За основу была взята схема голландской фирмы (Poliauto и Vialle). Чуть раньше Новогрудский завод газовой аппаратуры начал выпуск своего совмещенного редуктора, взяв за основу итальянский редуктор Bedini.

### **Второе поколение ГБО (ГБО 2)**

Различие между вторым и третьим поколением ГБО состоит только в способе дозирования подачи газа в двигатель автомобиля. В ГБО второго поколения регулирование подачи газа в смеситель осуществляется вручную, с помощью так называемого дозатора который представляет собой обычный патрубок с изменяющимся проходным сечением при ввинчивании или вывинчивании обычного винта, вставленного поперек патрубка. В дозаторе выбирается некое среднее положение винта, при котором мотор стablyно работает на газе. Это положение винта при эксплуатации автомобиля остается практически неизменным (иногда корректируется при засорении воздушного фильтра).

## **Третье поколение ГБО (ГБО 3)**

В оборудовании третьего поколения - ГБО 3 используется не ручной, а электронный дозатор, осуществляющий регулирование количества подаваемого газа с помощью шагового электродвигателя. Управление дозатором осуществляется электронный блок, который, в свою очередь, использует в основном информацию, поступающую от лямбда-зонда. ГБО этого поколения настраивается с помощью ПК.

## **Четвертое поколение ГБО (ГБО 4)**

Проще всего отличить оборудование четвертого поколения - ГБО 4. В данном случае между установщиками отсутствуют разнотечения в классификации. В системах четвертого поколения - ГБО 4 газ из редуктора поступает к газовым форсункам, представляющим собой электромагнитные клапаны, работающие по такому же принципу, как и бензиновые форсунки. Форсунки подают газ через тарированные жиклеры в район расположения впускных клапанов двигателя автомобиля.

Управление работой газовых форсунок ГБО 4 осуществляется электронный блок управления, аналогичный штатному контроллеру автомобиля. "Газовый" электронный блок в своей работе использует сигналы бензиновых форсунок и при помощи собственного программного обеспечения пересчитывает параметры дозирования под использование газового топлива. Настройка и поиск неисправности газового оборудования (4-го поколения) автомобилей осуществляется только с использованием ПК и своего собственного программного обеспечения (т.е. нельзя отрегулировать, допустим, систему Zavoli программой для системы OMVL).

Системы ГБО 4 поколения нельзя установить на автомобиль с системой впрыска бензина непосредственно в цилиндр автомобиля (например, Mitsubishi GDI (Gasoline Direct Injection)).

## **Пятое поколение ГБО (ГБО 5)**

Сейчас уже существует система LPI (Liquid Petroleumgas Injection), разработанная в Голландии, где газ впрыскивается не в газообразном, а сжиженном виде опять же около впускных клапанов двигателя.

LPI работает только с насосом высокого давления, который находится внутри баллона. К сожалению, качество Российского газа губительно оказывается на работе этого насоса.

Некоторые установщики ошибочно относят к пятому поколению оборудование 4-го поколения, работающего с системой OBD автомобиля. В этом ГБО вмешательство установщика в регулировку почти не требуется и настройки газового оборудования автомобилей происходят более точно.

## Шестое поколение ГБО (ГБО 6)

Оборудование 6-го поколения возможно устанавливать на автомобили с непосредственным впрыском топлива, т.к. подача газа происходит через бензиновые форсунки.

5, 6 поколение работает только с насосом высокого давления, который находится внутри баллона. В России установку ГБО 5 – го и 6-го поколения делают в очень ограниченном числе сервисов. Программное обеспечение идет в комплекте для определенной модели автомобиля.

Предложенное разделение ГБО на представленные шесть поколений весьма условно и спорно. Можно встретить разделение на поколения согласно развития системы питания бензиновых двигателей: 1-ое поколение – для карбюраторных и инжекторных двигателей без нейтрализаторов, 2-ое поколение для инжекторных с нейтрализатором, 3-ее поколение для инжекторных двигателей с впрыском топлива внутрь цилиндров двигателей с нейтрализатором. Количество поколений можно увеличить в зависимости от особенностей системы подачи бензина.

Некоторые из имеющихся поколений ГБО для бензиновых двигателей рассмотрим на примере продукции **«Brc Gas Equipment»**. Но прежде несколько слов о нормативно-технической документации, используемой западными странами.

### Нормативные документы, используемые в мире

Газовые установки для транспортных средств широко используются во всем мире. Существующие нормативы регулируют данную деятельность – некоторые из них были приняты для отдельно взятой страны, иные имеют более широкое применение. Одним из наиболее распространенных на мировом уровне является Положение ECE ONU R110 (Правила №110 ЕЭК ООН), часть 1, которое регулирует стандартные характеристики метановых компонентов. Во второй части Положения оговорены правила использования и установки данных компонентов. Нормами ISO 15500 определяются характеристики типовых испытаний, они же применяются в некоторых странах, где не принято Положение R110. Нормы ISO 15501 и ISO 15502 относятся к монтажу и испытанию газовых установок непосредственно на транспортных средствах.

В Италии относительно монтажных операций типа OEM (первичная сборка) существует Положение R110, в то время как для послепродажной установки 21.11.2002 был принят Протокол №4043-MOT2/C.

Италией был принят ряд поправок к европейскому Положению R110, в которых оговариваются инструкции относительно проведения типовых испытаний по устройствам питания для транспортных средств, переоборудованных на метан. В этом случае прекращается использование предыдущих национальных норм как, например, статьи 341 и 351 Правил

дорожного движения и различных распоряжений, изданных ранее Министерством по транспортным вопросам.

Вслед за введением Положения Р110 были определены правила установки компонентов на транспортные средства посредством Протокола № 4043-МОТ2/С. Эксперты по приемочным испытаниям Региональных комиссий отдела наземных перевозок проводят контроль монтажа отдельных компонентов, проверку на соответствие нормам и надежности установки, подвергая ее гидравлическому давлению в 300 бар. Приемочные испытания могут быть также проведены в установочной мастерской. Газовые установки не вносят изменений в устройство транспортного средства, а лишь добавляют отдельные компоненты, описание которых следует далее.

В связи с тем, что метан является наиболее перспективным для России топливом, рассмотрим оборудование для использования именно этого газа (КПГ, СПГ).

Большая часть компонентов, устанавливаемых на автомобиле с целью переоборудования его на газ, одинаковы для **карбюраторных, инжекторных** автомобилей и **автомобилей с нейтрализаторами** выхлопных газов (иногда называют катализаторами).

Перечень этих компонентов следующий:

- заправочная муфта;
- вентили;
- метановые баллоны;
- трубы высокого давления и соединения;
- метановый клапан;
- метановый манометр.

**Первое поколение ГБО** предназначено для использования в карбюраторных и инжекторных автомобилях **без катализатора**.

Различают 2 вида оборудования 1-го поколения:

- *Вакуумное* - для карбюраторных автомобилей без катализатора.
- *Электронное* - для карбюраторных и инжекторных а/м без катализатора.

Принципиальное различие *вакуумного редуктора* от электронного заключается в запорном элементе разгрузочной камеры – в вакуумном эту функцию выполняет вакуумная мембрана, к которой подаётся разрежение от впускного коллектора:

- двигатель работает - есть вакуум - редуктор открыт;
- двигатель заглушен - вакуума нет - редуктор закрыт.

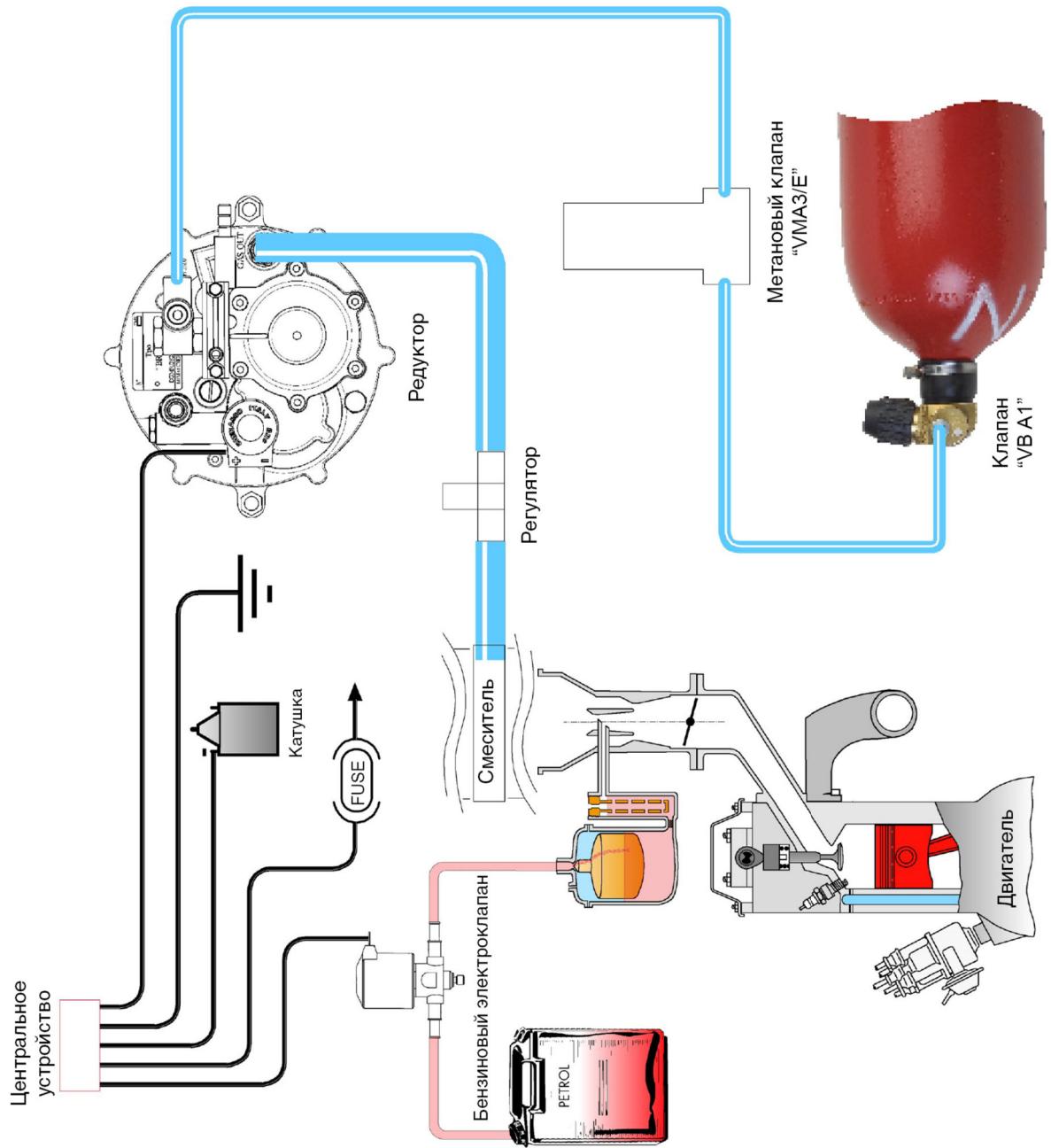


Рисунок 4.4 – Расположение компонентов метановой установки на карбюраторном автомобиле

В *электронном редукторе* эту функцию выполняет электромагнитный клапан, управляемый от "электронного блока безопасности" который при работающем двигателе открывает его, обеспечивая подачу газа из 1 ступени редуктора во 2-ю. При прекращении работы двигателя, электронный блок безопасности перекрывает подачу газа.

Многие электронные редукторы, в отличие от вакуумных, имеют двойную регулировку "холостого хода" - динамическую и статическую, что позволяет точнее отрегулировать и более стабильно удерживать холостой ход.

Для инжекторных автомобилей применяют защитный клапан обратного хлопка.

## **Карбюраторные автомобили**

Схема перевода на метан, тип и местоположение компонентов для карбюраторных автомобилей представлена на рисунке 4.4. Метан, выходящий из баллона через клапан VB F1, поступает в пневматический или электромагнитный редуктор через трубы высокого давления и метановый клапан «VM A3». Здесь он нагревается жидкостью, поступающей из охладительной системы.

Вентиль «VB A1» был разработан и выпускается BRC. В соответствии с международными нормами по безопасности, которые регулируют такого рода компоненты, он сочетает в себе все классические функции вентиля.

Многолетний опыт производства вентиляй для национального и международного рынка позволяет выпускать вентиль "VB A1" в нескольких вариациях, которые соответствуют существующим нормам для различных рынков.

В каждой модели остаются неизменными функции:

- зарядки баллона;
- заправки баллона;
- изоляции баллона посредством ручного кранника;
- вентиляции.

К базовой модели могут быть добавлены некоторые предохранительные устройства:

- клапан излишнего напора;
- предохранительный диск при избытке давления;
- предохранительное - термическое устройство.

Вентиль «VB A1» (смотрите рисунок 4.5) состоит из основной части с нарезным узлом крепления для соединения с баллоном, а также двумя другими нарезными узлами крепления для соединения с трубками высокого давления. Первый, как правило, используется для соединения точки заправки с двигателем, второй - для связи с другими баллонами.

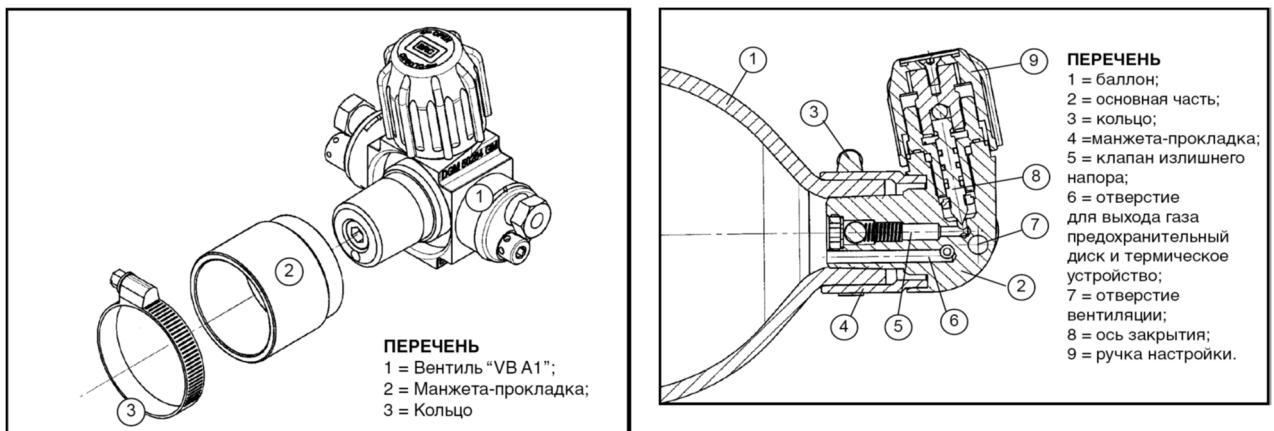


Рисунок 4.5 – Вентиль «VB A1» общий вид и установка на баллон в разрезе

Метановый клапан «VM A3» является устройством, спроектированным BRC для контроля состояния метана на линии высокого напряжения между баллоном и редуктором. Обычно «VM A3» устанавливается внутри моторного отделения в соединении с заправочной муфтой.

Основываясь на опыте конструирования метановых клапанов для национального и международного рынка, «VM A3» выпускается в двух версиях:

- «VM A3/R» метановый клапан с ручным краником;
- «VM A3/E» электромагнитный метановый клапан (смотри рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 – Метановый клапан «VM A3/E» WP: соединение с муфтой «IMA6»

*Метановый манометр.* Метан находится в баллоне в газовом состоянии, поэтому индикатор уровня топлива измеряет давление газа на выходе из бака, и устанавливается на соединение у основания редуктора (рисунок 4.7). Стрелка манометра указывает количество топлива.

Манометр указывает на уровень давления на выходе из бака, и, следовательно, на период автономной работы.

Визуальная информация, предоставляемая манометром, может быть передана электронным устройствам BRC посредством особого соединителя.

Таким образом, в салоне автомобиля есть возможность контроля за уровнем топлива, указанным на панели электронного устройства BRC, которое служит для управления и перевода на метан используемой системы.

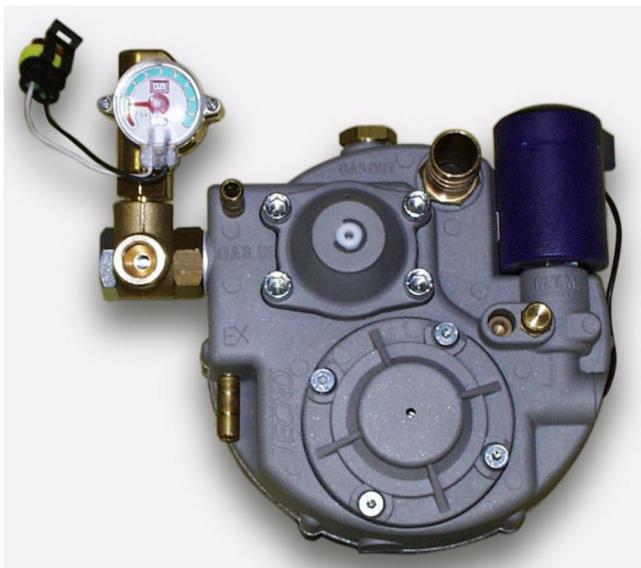


Рисунок 4.7 – Метановый манометр: пример установки на редуктор Тесно. М подачу бензина.

"Бензиновый" электроклапан закрыт при использовании газа, и открыт при необходимости подачи бензина. Для ограничения ошибки при сборке устройство снабжено стрелкой, указывающей направление движения потока бензина. Клапан устанавливается внутри моторного отделения между бензиновой помпой и карбюратором (электромагнитная катушка должна смотреть наверх), вдали от "опасных" элементов двигателя. Его положение должно предполагать свободный доступ к ручному контролльному устройству.

После прохождения через клапан "VM A3", метан в газообразном виде достигает редуктора, который можно назвать "легкими" всей метановой установки.

Редуктор снижает давление и доводит его почти до уровня атмосферного, подготавливая топливо к переходу в двигатель.

Редуктор проводит снижение давления на трех ступенях:

- на первой ступени происходит понижение давления от 220...250 до 5...6 бар ( $\text{кг}/\text{см}^2$ );
- на второй ступени давление снижается до 1,5...2 бар ( $\text{кг}/\text{см}^2$ );
- третья ступень снижает давление почти до уровня атмосферного.

Во избежание чрезмерного охлаждения до минусовых температур, из-за сильного расширения газа, идет постоянный обогрев редуктора жидкостью, поступающей из системы охлаждения двигателя.

Редуктор должен быть установлен в вертикальном положении с мембранными, расположенными параллельно направлению движения автомобиля, в легко доступном месте, что облегчает его регулировку и обслуживание. Отверстие, находящееся на второй ступени редуктора, должно оставаться свободным, чтобы мембрана, не имеющая контакта с проходящим газом, находилась всегда под атмосферным давлением.

Особый "бензиновый" электроклапан отвечает за блокировку подачи обычного топлива во время работы на газе карбюраторных автомобилей.

Электроклапан состоит из запора, который приводится в действие магнитной катушкой, и двух соединений: на входе и на выходе.

Кроме того, электроклапан снабжен контрольным устройством, которое, в случае возникновения проблем с электрической системой, позволяет вручную возобновить



Рисунок 4.8 – Пневматический редуктор "BRC MP"

Особое внимание следует обратить на обеспечение **цикла обогрева редуктора**. Для этого необходимо перерезать трубы идущие на обогрев салона автомобиля, и через тройники соединить их с входом теплой воды

"IN" в редуктор, а обратку с "OUT" на выходе воды из редуктора.

Данное соединение играет особо важную роль, так как жидкость для охлаждения двигателя передает редуктору необходимое количество тепла для обогрева метана после резкого снижения давления газа внутри редуктора.

Необходимое количество метана для старта пневматического редуктора поступает из электропневматического устройства, в то время как в случае

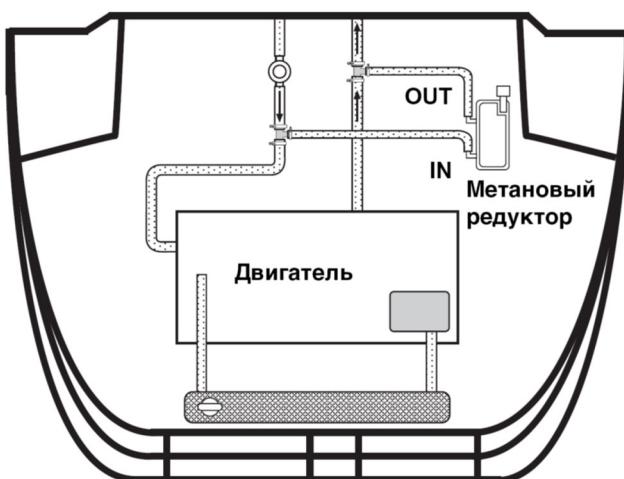


Рисунок 4.9 – Схема соединения для обогрева редуктора водой от системы охлаждения

случайной или добровольной остановки двигателя из-за **отсутствия падения давления** прекращается поступление метана в двигатель.

Для правильного функционирования редуктора необходимо пользоваться соответствующими инструкциями, находящимися внутри каждой упаковки.

**Смеситель (миксер).** От данного устройства, расположенного ниже относительно редуктора, зависит состав исходной смеси топлива и воздуха.

Смеситель для карбюраторных автомобилей может быть выполнен с использованием Venturi (диффузора) карбюратора или созданием диффузора

в конструкции самого миксера. Конструкция смесителя приспособлена только для определенной марки машины.

К первому семейству относятся:

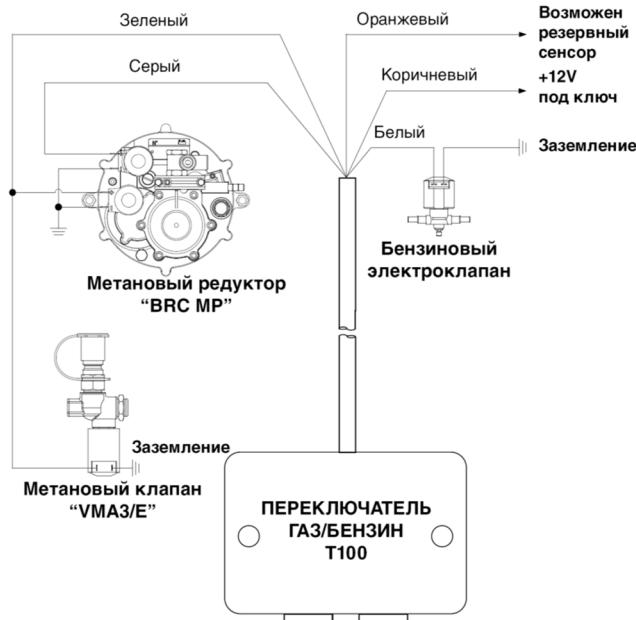


Рисунок 4.10 – Общая схема установки ручного переключателя T100 с пневматическим редуктором "BRC MP"

транспортного средства;

- смесители листовой формы, которые устанавливаются сверху на дроссельную основу, ниже относительно коробки.

На карбюраторных автомобилях можно устанавливать как ручной переключатель с бензина на газ (рисунок 4.10), так и автоматический (рисунок 4.11).

**Инжекторные автомобили.** Проблемы, связанные с повышением уровня загрязнения окружающей среды, привели к тому, что мировой общественностью в лице различных международных структур была проведена работа по выработке все более жестких норм и правил с целью снижения вредных выбросов в атмосферу, производимых различными промышленными и другими отраслями. Автомобилестроительная отрасль также должна соответствовать существующим ограничениям по количеству вредных выбросов.

- смешанная система (сопло или муфта), состоящая из трубы, пропущенной через проделанное в карбюраторе отверстие;

- система в форме вилки, состоящая из одной или двух трубок, установка которых на карбюраторе не требует дополнительных отверстий;

- система, использующая центрирующий прибор;

Ко второму семейству относятся:

- "классические" смесители, которые устанавливаются сверху на Venturi, их положение может меняться в зависимости от типа

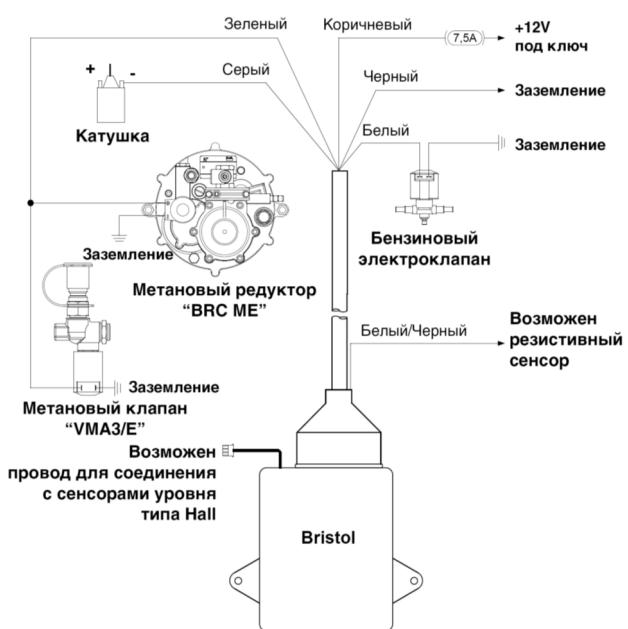


Рисунок 4.11 – Общая схема установки автоматического переключателя "Bristol" с электромагнитным редуктором "BRC ME"

Эта необходимость, с одной стороны, и постоянное развитие электроники, с другой стороны, привело к возникновению все более сложных систем питания автомобилей, которые не только позволяют достичь лучших условий управления автомобилем, но и резко сокращают количество вредных веществ в выхлопных газах. Автомобилестроители, таким образом, постепенно внедряют системы питания, основанные на электронной инжекции, отличающиеся особой точностью - результат работы электронных контрольных устройств с поддержкой со стороны катализаторов и кислородных сенсоров (зонд Lambda), которые позволяют контроль в "закрытом цикле" карбюрации.

Нормативы, регулирующие вредные выбросы, отразились и на отрасли газовых установок для автомобилей. В данном случае работа конструкторов заключается в создании соответственных систем контроля выхлопа, которые должны соответствовать установленным нормам, не меняя оригинальные характеристики автомобиля.

Прежде чем приступить к анализу продукции, необходимой для перевода на газ инжекторных автомобилей, нужно разобраться в основных системах электронной инжекции и различных подходах к ним при переводе на газ.

Классификация систем впрыска по группам приведена на рисунке 4.12

1. **Группа «К».** На смену карбюляторам пришли механические системы многоточечного непрерывного впрыска топлива (K – Jetronic, KE-Jetronic).

**K-Jetronic** – Система работает по принципу непрерывного впрыска бензина во все цилиндры двигателя одновременно. Управление впрыском механическое.

В зависимости от емкости пропускаемого воздуха, ротаметр 1 располагается в определенном положении равновесия, которое, в свою очередь, определяет количество впрыскиваемого бензина (рисунок 4.13).

Во время работы на газе ротаметр может быть открыт форсировано посредством особого устройства, в то время как поток бензина перекрывается, или же свободно проходит через by-pass при сниженном давлении.

Впервые автоматическое электронное управление впрыском топлива на автомобильных двигателях было реализовано с помощью системы «KE-Jetronic».

Хотя эта система (как и ее прототип «K-Jetronic») является механической системой непрерывного распределенного по цилиндрям впрыска бензина через гидромеханические форсунки закрытого типа, но управление качеством приготовленной топливовоздушной смеси в системе "KE-Jetronic" чисто электронное.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВПРЫСКА БЕНЗИНА ПО ГРУППАМ				
<b>Группа «К»</b>				
Механические системы многоточечного непрерывного впрыска топлива (K - Jetronic; KE-Jetronic). Применялись до 1989 г.				
<b>Группа «Mono»</b>				
Системы центрального (одноточечного) импульсного впрыска топлива с управлением от ЭБУ (Mono - Jetronic; Opel - Multic; G - Motors; ВАЗ). Для современных автомобилей среднего потребительского класса.				
<b>Группа «L»</b>				
Системы прерывистого (импульсного) многоточечного впрыска топлива с управлением от ЭБУ. (L - Jetronic; LE - Jetronic; LH - Jetronic; ВАЗ). Применяемость до 2000 г.				
<b>Группа «M»</b>				
Системы впрыска топлива группы «L» или «Mono» в составе ЭСАУ – Д (Motronic; L - Motronic; Mono-Motronic; Fenix; Микас; ВАЗ). Современные системы впрыска.				
<b>Группа «D»</b>				
Системы прерывистого (импульсного) впрыска топлива непосредственно в камеру горения каждого цилиндра в отдельности с управлением от центрального бортового компьютера. Применяемость после 2000 г.				

Рисунок 4.12 – Классификация систем впрыска бензина по группам

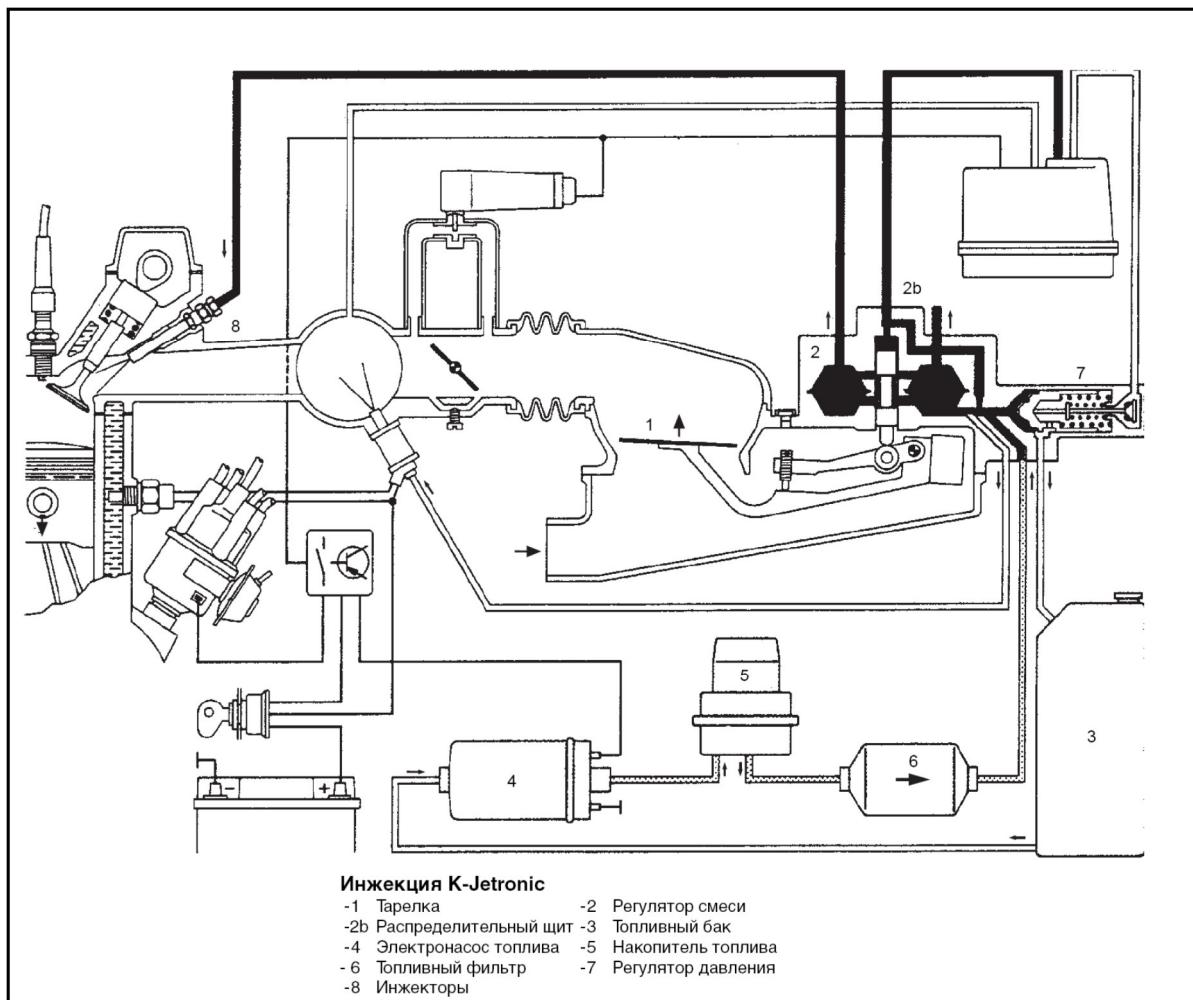


Рисунок 4.13 – Функциональная схема механической системы впрыска бензина "K-Jetronic"

**2. Группа «Mono».** Электронный впрыск одной форсункой в коллектор перед дросселем - Single Point (SPI)

Системы SPI производят впрыск топлива в соответствии с каждым оборотом ведущего вала двигателя, т.е. два раза за один рабочий цикл в цилиндрах двигателя. Количество топлива определяется электронным блоком управления (ЭБУ) в зависимости от данных, собранных различными датчиками (рисунок 4.14).

Остановка функционирования моноинжектора (форсунки) при переходе на газовое топливо достигается путем срабатывания центрального устройства инжекции или, как мы ее привыкли называть – ЭБУ (или по другому – контроллером).

В системах впрыска топлива с одной форсункой перехват сигналов на бензиновую форсунку осуществляется эмулятором системы газового питания, как показано на рисунке 4.15. Эмулятор – электронное устройство, имитирующее работу бензиновых форсунок при переводе двигателя на газовое топливо.

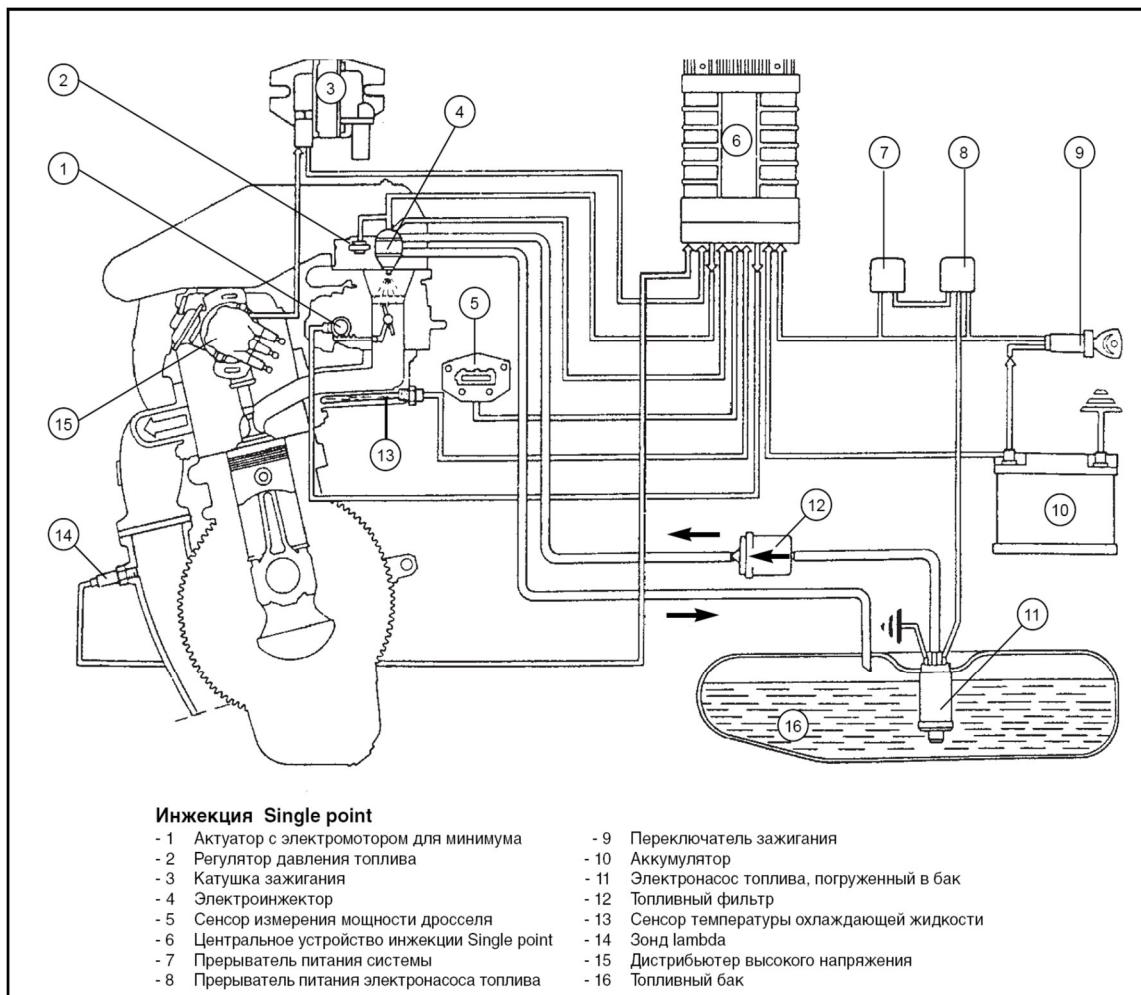


Рисунок 4.14 – Схема работы системы Single Point

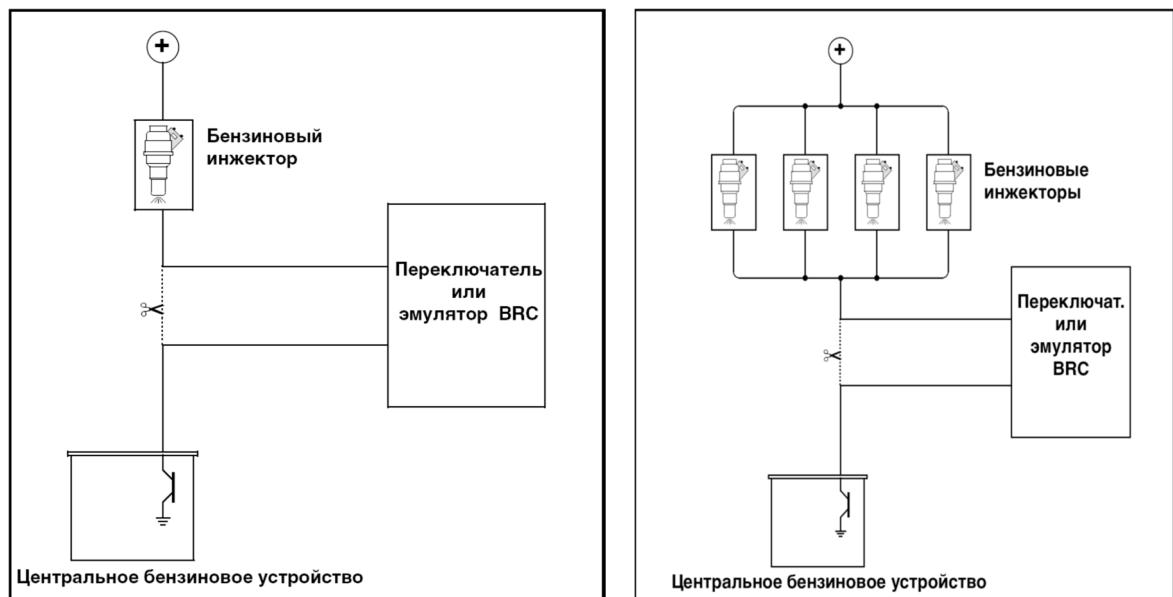


Рисунок 4.15 – Схема перехвата сигнала ЭБУ на бензиновую моно форсунку эмулятором газовой системы

Рисунок 4.16 – Схема перехвата сигналов на бензиновые форсунки в системах Full-group

## Электронная инжекция MULTIPoint (MPI)

Системы MPI оснащены цилиндрическими инжекторами, расположенными около впускных клапанов.

В системах типа **Full-group** (рисунок 4.16) все инжекторы управляются одновременно и выпускают определенную дозу топлива за каждый оборот ведущего вала двигателя.

Их функционирование может быть прервано путем обрыва с целью присоединения переключателя или эмулятора фирмы BRC единственного соединительного шнура, связывающего форсунки с центральным устройством инжекции или ЭБУ.

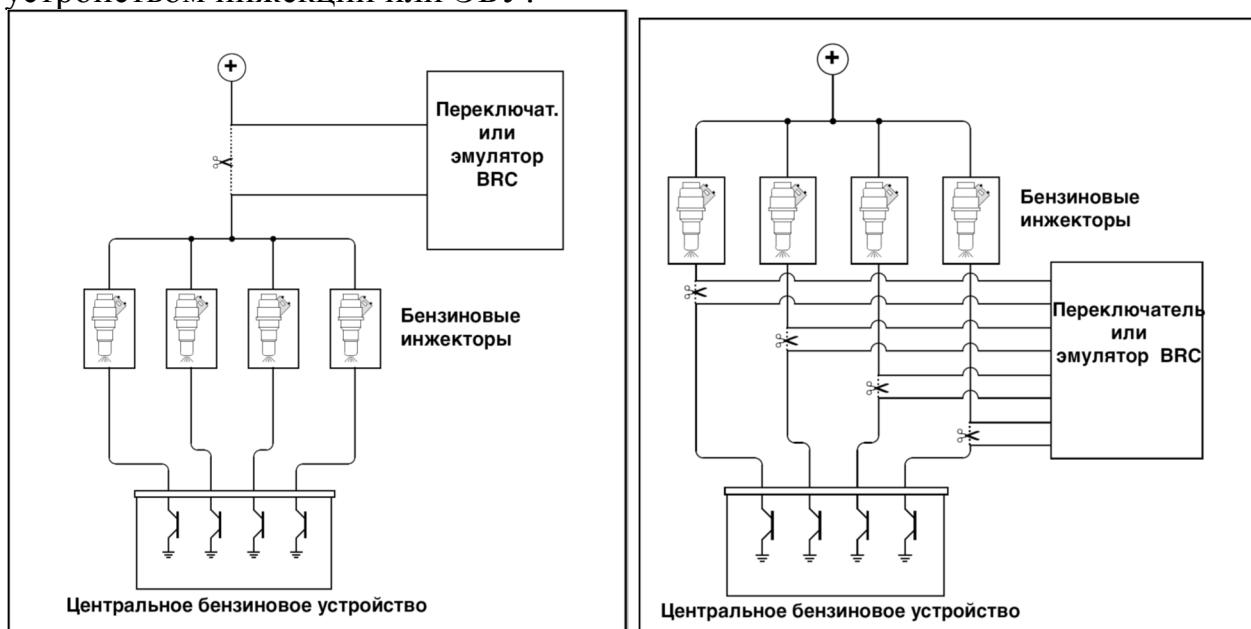


Рисунок 4.17 – Схема перехвата сигналов на бензиновые форсунки в системах **SEFI**

В последовательных фазовых системах (**SEFI**) каждый инжектор регулируется независимым от других образом и производит впрыск дозы топлива каждые два оборота ведущего вала двигателя, в соответствии с фазой вытяжной системы, в которой находится цилиндр. Функционирование различных инжекторов может быть прервано путем воздействия на общий источник питания (рисунок 4.17а) или на отдельные ответвления к форсункам (рисунок 4.17б).

**Инжекторные не катализированные автомобили (без нейтрализатора)**

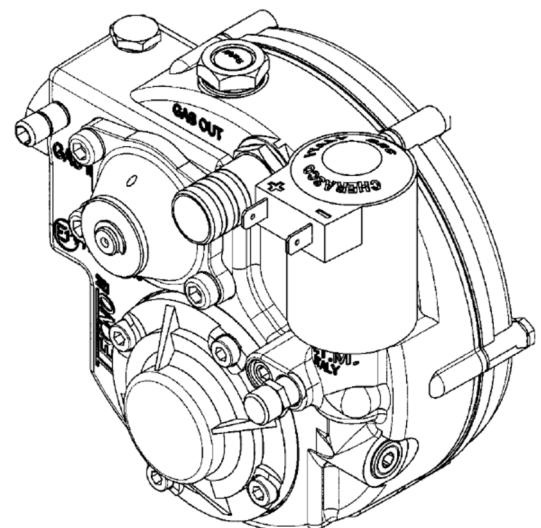
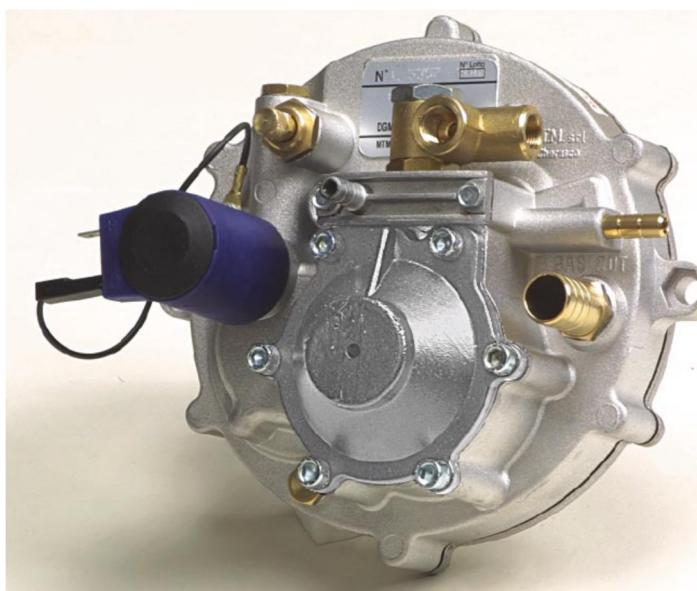
Как уже было сказано выше, компоненты, расположенные в ГБО до метанового манометра и необходимые для перевода на газ инжекторных двигателей, не отличаются от используемых компонентов для карбюраторных транспортных средств.

Напротив, для зоны, которая находится внизу от метанового манометра, необходимы следующие дополнительные компоненты: электромагнитный редуктор; центральное переключающее устройство, которое устанавливается на оригинальной системе инжекции автомобиля; особый смеситель; в некоторых случаях - иные электронные и механические устройства.

Центральное переключающее устройство должно обладать, кроме функции «Safety» – прекращение подачи топлива, когда двигатель глохнет, также функцией остановки системы инжекции. По этой причине при переводе инжекторных автомобилей на газ не требуется установка бензинового электроклапана.

*Электромагнитный редуктор.* На инжекторных автомобилях редуктор играет очень важную роль – обеспечивает необходимый термический обмен для предотвращения охлаждения метана, что может произойти в результате резкого расширения его объема, снижает давление до уровня, приближенного к атмосферному, таким образом подготавливая топливо к переходу в двигатель.

Согласно инструкции его надо устанавливать в вертикальном положении параллельно направлению движения автомобиля, в легко доступном месте для обеспечения его свободной регулировки и обслуживания, создания цикла обогрева редуктора (рисунок 4.18).



(а)

Рисунок 4.18 – Электромагнитный редуктор «BRC МЕ» (а) и «Текно.М» (б)

(б)

## Электрическая система инжекторного некатализированного автомобиля

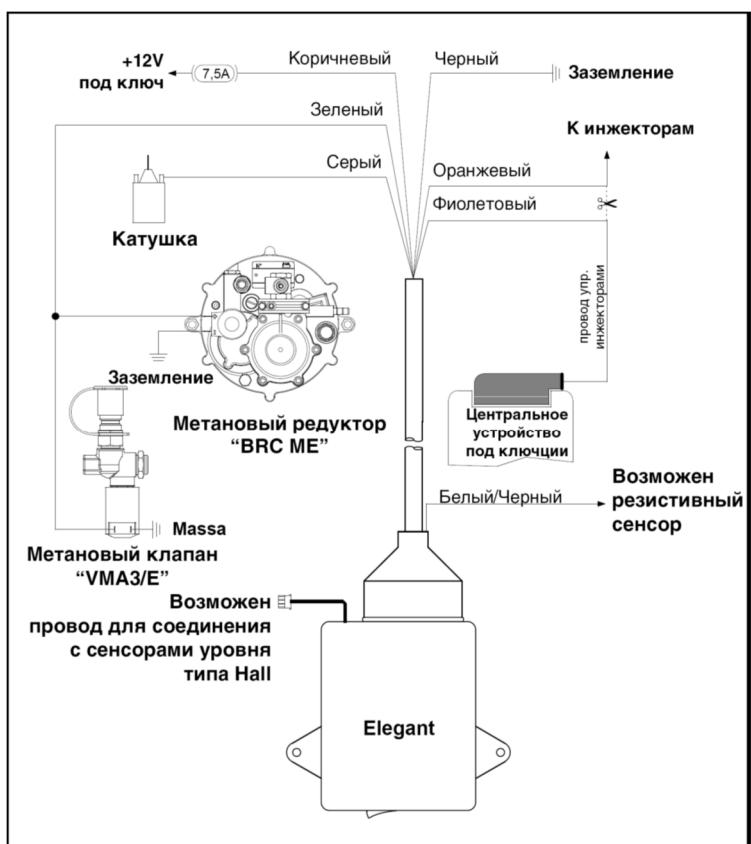


Рисунок 4.19 – Общая схема установки центрального электронного устройства "Elegant" с электромагнитным редуктором "BRC ME"

инструкции, которым необходимо следовать во время монтажа и установки.

### Инжекторные автомобили с нейтрализатором выхлопных газов

Постоянное повышение загрязнения окружающей среды привело к введению в действие новых норм по охране окружающей среды. Одной из них является обязательное использование на новых автомобилях катализатора (в Италии с 1.1.1992).

Глушитель с трехкомпонентным нейтрализатором, снабженный Lambda зондом, является на сегодняшний день лучшим решением для снижения уровня выброса вредных веществ в атмосферу и позволяет снизить на 90% уровень HC, CO, NO<sub>x</sub>. но может успешно функционировать только на электронно регулируемых системах.

В связи с этим BRC Gas Equipment были разработаны и зарегистрированы ряд устройств, позволяющих переводить на метан автомобили с нейтрализаторами. Разработанные газовые устройства идеально интегрируются в основные электронные и иные системы автомобиля, позволяют снизить содержание выбросов в атмосферу и подчеркивают основные преимущества работы на метане – экологичность, экономичность, безопасность эксплуатации.

На транспортных средствах данного типа рекомендуется установка центральных устройств, которые позволяют автоматических перевод работы двигателя с бензина на газ, с целью сохранения качественной работы инжекторов и оригинальных электронных схем.

На инжекторных автомобилях центральные устройства BRC выполняют также функцию Safety (прекращение подачи газа в случае внезапной остановки мотора), на них установлен индикатор уровня топлива и некоторые другие функции в зависимости от модели. В упаковках отдельных центральных устройств (рисунок 4.19) прилагаются

Для перевода на газ катализированному автомобилю требуется особое устройство для получения и обработки сигнала Lambda зонда, которое также берет на себя функцию обеспечения идеального состава смеси воздух/газ и автоматического перехода с бензина на газ.

За исключением систем последнего поколения (Just Heavy и Sequent), механические компоненты, необходимые для перевода на газ, аналогичны используемым на некатализированных автомобилях (метановый электроклапан, электромагнитный редуктор, смеситель).

Существенная разница наблюдается в электрических схемах устройств: вместо центрального переключающего устройства необходимо использование системы контроля за карбюрацией (с функциональной и нормативной точки зрения), которая состоит из центрального контрольного устройства и актуатора потока. Перед установкой эти два компонента должны пройти приемочные испытания в соответствии с существующими нормативами по снижению вредных выбросов. Системы контроля за карбюрацией BRC более подробно будут описаны далее.

Системы контроля представлены следующими группами:

- системы контроля за карбюрацией "параллельного" типа;
- системы контроля за карбюрацией "серийного" типа.

В системах контроля "параллельного" типа газ регулируется независимо от двигателя, работающего на бензине. От основного центрального устройства поступает информация относительно режима работы мотора и зонда Lambda, а также относительно позиции дроссельного клапана и абсолютного давления вытяжного устройства (MAP).

В "серийных" системах контроля за карбюрацией газ регулируется в соответствии со временем инжекции, информация о которой поступает от основного бензинового контрольного устройства (ЭБУ), переоборудованного на газ. Системы "серийного" типа получают также от центрального устройства сообщения относительно позиции дроссельного клапана, режима работы двигателя, абсолютного давления вытяжного устройства, а также зонда Lambda.

Группа систем контроля "параллельного" типа BRC представлена двумя видами продукции: "Система BLITZ" и "Система JUST" которые отличаются техническими характеристиками и, следовательно, возможностями использования.

### **Общие характеристики системы BLITZ**

Система BLITZ состоит из электромагнитного редуктора (BRC ME или Тесно.М), актуатора для контроля за подачей газа, винта смесителя и нецифрового электронного контрольного устройства. Система работает по принципу замкнутого кольца, корректируя состав смеси воздух/газ на основе информации, поступающей от зонда Lambda.

Как известно, последний генерирует сигналы, исходя из содержания кислорода в выхлопных газах, которые являются косвенным индикатором

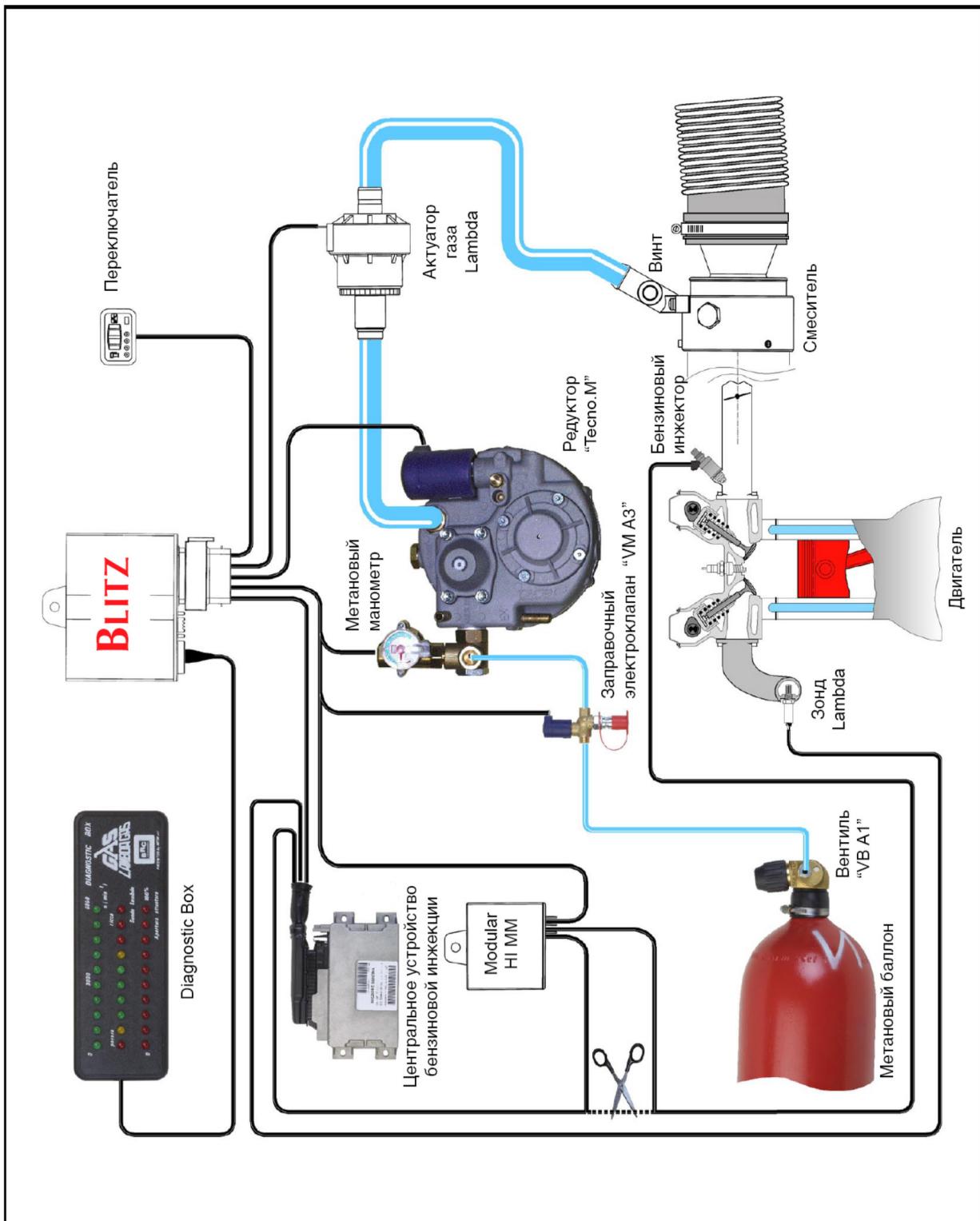


Рисунок 4.20 – Общая схема системы контроля Blitz

качества смеси (бедная, стехиометрическая, обогащенная), позволяя центральному устройству влиять на актуатор для контроля за подачей газа через соответственные уровни напряжения.

Система BLITZ была разработана для управления работой специально разработанного актуатора и не может функционировать с другими видами актуаторов.

Система BLITZ выполняет также следующие функции:

- переключение, указание уровня топлива;
- эмуляция Lambda сигнала.

Функция переключения и эмуляции инжекторов может быть также обеспечена внешним эмулятором.

Система BLITZ может быть соединена с устройством Diagnostic Box, которое посредством особых led штрихов позволяет проводить диагностику системы.

Доступны несколько версий системы BLITZ, которые отличаются друг от друга наличием вышеперечисленных функций.

### **Общие характеристики системы JUST**

Система JUST также состоит из электромагнитного редуктора (BRC ME или Тесно.М), стартера, оснащенного шаговым мотором (step motor) для контроля за состоянием газа, который заменяет классический стартер и винт. Кроме того, центральное электронное устройство является цифровым.

JUST подходит для любого типа двигателя, переоборудованного на газ, работающего на электронной инжекции, и автоматически распознает и использует сигнал зонда Lambda, установленного на автомобиле. Система JUST была разработана в соответствии со строжайшими нормативами по уровню содержания вредных выбросов и нормами по электромагнитному соответствию.

Электронное центральное устройство основывается на цифровом hardware с поддержкой контрольного микроустройства. Микроустройство делает возможным пластичное управление сигналами, поступающими от датчиков двигателя, а также эффективное управление всей газовой установкой.

JUST работает по принципу замкнутого кольца и регулирует газовую карбюрацию путем непосредственной оптимизации количества топлива для получения идеального соотношения, которое также учитывает количество выбросов в атмосферу, функционирование системы не зависит от внешних условий (температуры, например) и от состава топлива.

Система JUST была разработана для управления стартером, состоящим из запускного устройства, которое по мере движения перемещает в вертикальном направлении затвор, который перекрывает поток газа к смесителю. Движение стартера обусловлено стратегией контроля за двигателем по отношению к различным датчикам входа. Цифровая система

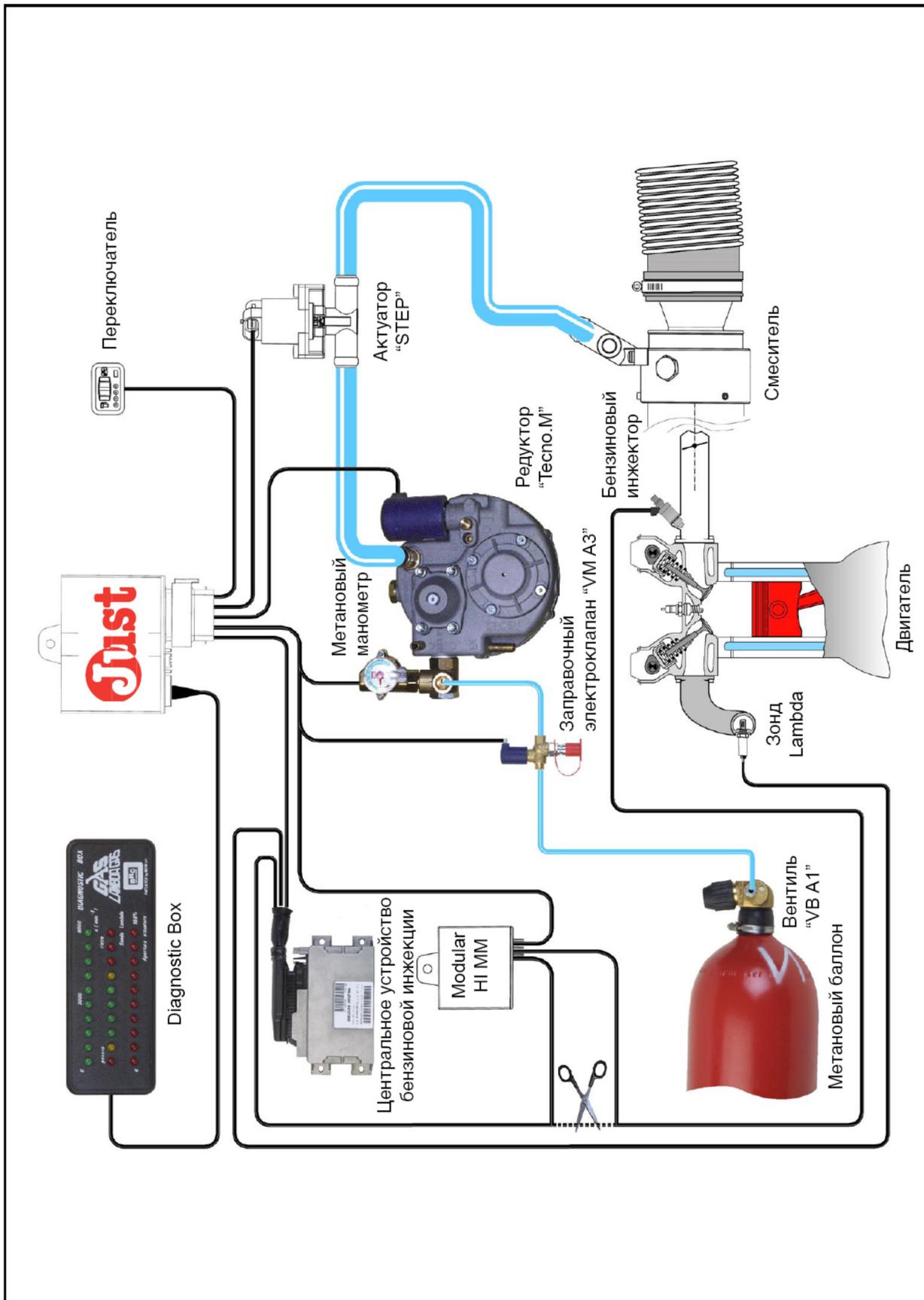


Рисунок 4.21 – Общая схема системы контроля Just

отличается чрезвычайной быстрой действий и гарантирует постоянную поддержку безупречного стехиометрического соотношения.

Система JUST выполняет также следующие функции: переключение, обеспечение безопасности, указание уровня топлива, эмуляция Lambda сигнала.

Функция переключения и эмуляции инжекторов может быть также обеспечена внешним эмулятором.

Система BLITZ может быть установлена как с помощью переключателя и Diagnostic Box, так и с применением PC, оснащенного соответственными программами и интерфейсом.

### **Общие характеристики системы JUST HEAVY**

Система JUST HEAVY предназначена для переоборудования на газ двигателей с управляемым зажиганием, является интересным инновационным развитием системы JUST. Система была разработана с целью расширения ее сферы применения и последующего улучшения рабочих характеристик.

JUST HEAVY сохраняет неизменными основные характеристики системы JUST (простота в установке, параллельный тип конфигурации в возможной эмуляции зонда Lambda, само конфигурация, автоматическая приспособляемость к условиям, возможность индивидуальной установки с использованием специальных компьютерных программ) и представляет важные нововведения с точки зрения механики и электроники:

- отсутствие смесителя (впрыск газа производится в коллекторы: остается неизменной часть работы на бензине, снижение мощности при работе на газе остается минимальным и обуславливается лишь качеством топлива, вытяжные устройства не подвергаются каким-либо изменениям);
- двухфазовый редуктор, меньший по размерам и более легкий в установке;
- новый стартер-дистрибутер, основанный на одном моторе, который позволяет дозировку газа и его перевод в каждый отдельно взятый канал вытяжного устройства (располагающегося вблизи инжекторов бензина оригинальной системы), и устраняет проблему возгорания;
- датчик P1 и MAP, который обеспечивает центральное устройство информацией по падению давления внутри вытяжного устройства (MAP) и по давлению на выходе из редуктора (Pi);
- контрольное микроустройство, обладающее большим потенциалом по сравнению с системой JUST, что делает возможным обслуживание нового стартера и развитие сложных стратегий по контролю за карбюрацией, а также инновационные операции по самонастройке, автоматической приспособляемости к условиям работы и самодиагностике.

Главная цель разработки системы JUST HEAVY - достижение высокого уровня отдачи при предельно простой установке и быстрой наладке.

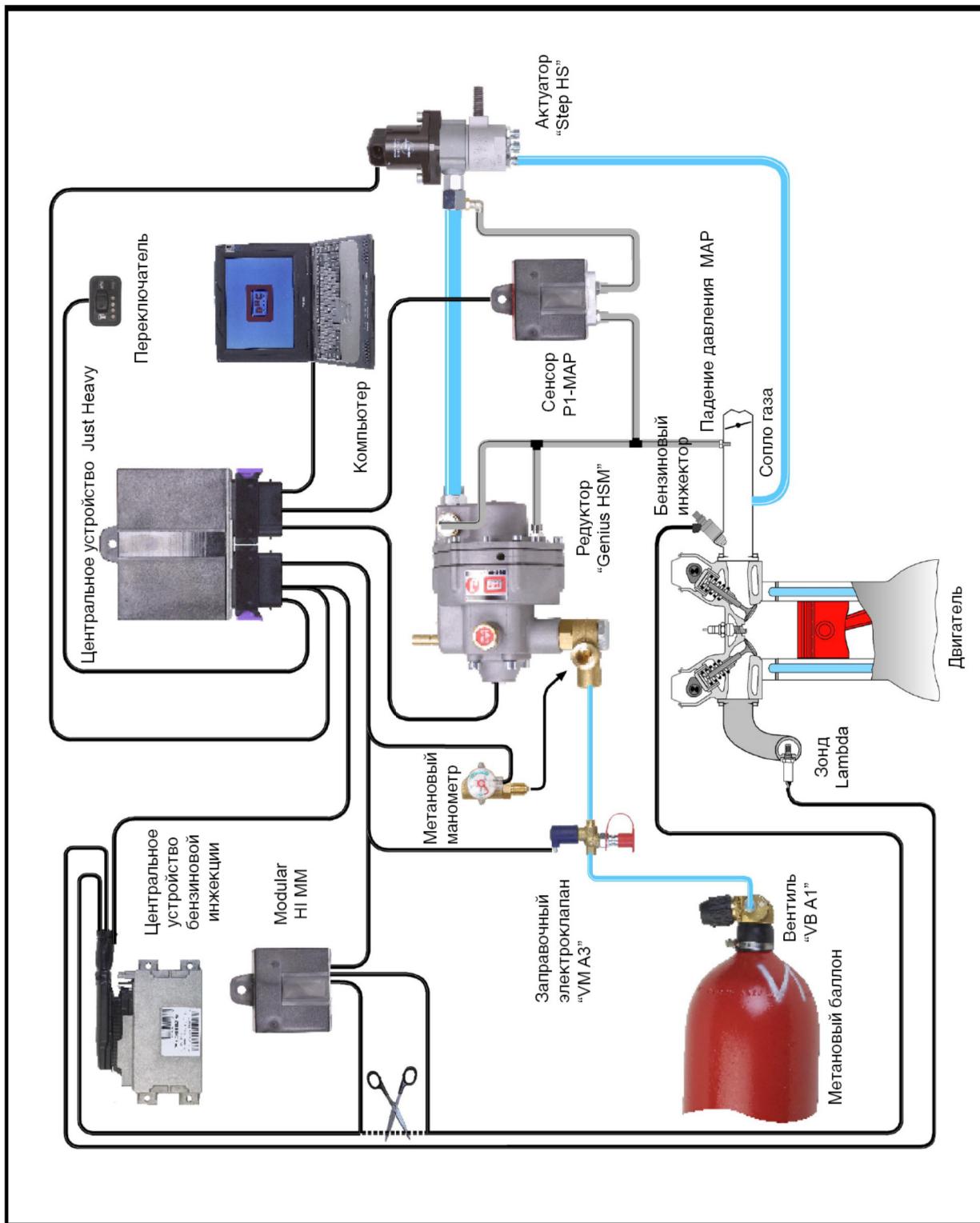


Рисунок 4.22 – Общая схема системы контроля Just Heavy

Приемочные испытания контроля выхлопных газов показали предельно низкий процент содержания вредных веществ, что указывает на отличную работу системы контроля за карбюрацией.

Приемочные испытания в соответствии с европейским законодательством номер 110, в частности, электромагнитные излучения (EMC), были с успехом пройдены системой, подчеркивая правильность избранного стратегического направления в проектировании и реализации устройства.

В отношении "серийных" систем BRC предлагает "SEQUENT" - систему питания, основанную на инжекции метана в газовой фазе.

### **Общие характеристики системы инжекции газового топлива – SEQUENT**

SEQUENT представляет наивысшую ступень развития газовых установок и относится к системе COMMON RAIL.

Введение данной системы в область газовых видов топлива является наилучшим решением для дизельных двигателей: топливный аккумулятор (rail) под давлением обеспечивает топливом все инжекторы, которые производят впрыск в каждый отдельно взятый цилиндр мотора.

С появлением SEQUENT приходит концепция модульности электропроводки.

Данная характеристика означает возможность установки системы SEQUENT с помощью подсоединения всего лишь трех электрических проводов, последующие соединения нужны только для переоборудования особо сложных транспортных средств.

Отличие системы SEQUENT от систем с постоянной инжекцией в том, что центральное устройство регулирует отрезки времени открытия инжекторов в каждом цилиндре, следит за каждым газовым инжектором с максимальной точностью и наилучшим фазовым контролем. Последовательная фазовая организация позволяет достигнуть высокого уровня дозировки топлива.

Во всех установках с электронной инжекцией забор газового топлива происходит не автоматически через смеситель, а путем забора определенного количества топлива через подсчеты, произведенные центральным устройством (ЭБУ). Это позволяет достигнуть следующих результатов по инжекции:

- остается неизменной система обеспечения работы на бензине;
- максимальная отдача от газового топлива, присущая установкам на инжекции;
- система выпуска газов из двигателя не подвергается каким-либо изменениям.
- исключается риск возгорания газа, возможный из-за близкого положения инжекторов к впускному коллектору, усугубленный фазовой инжекцией с последующим открытием впускного клапана.

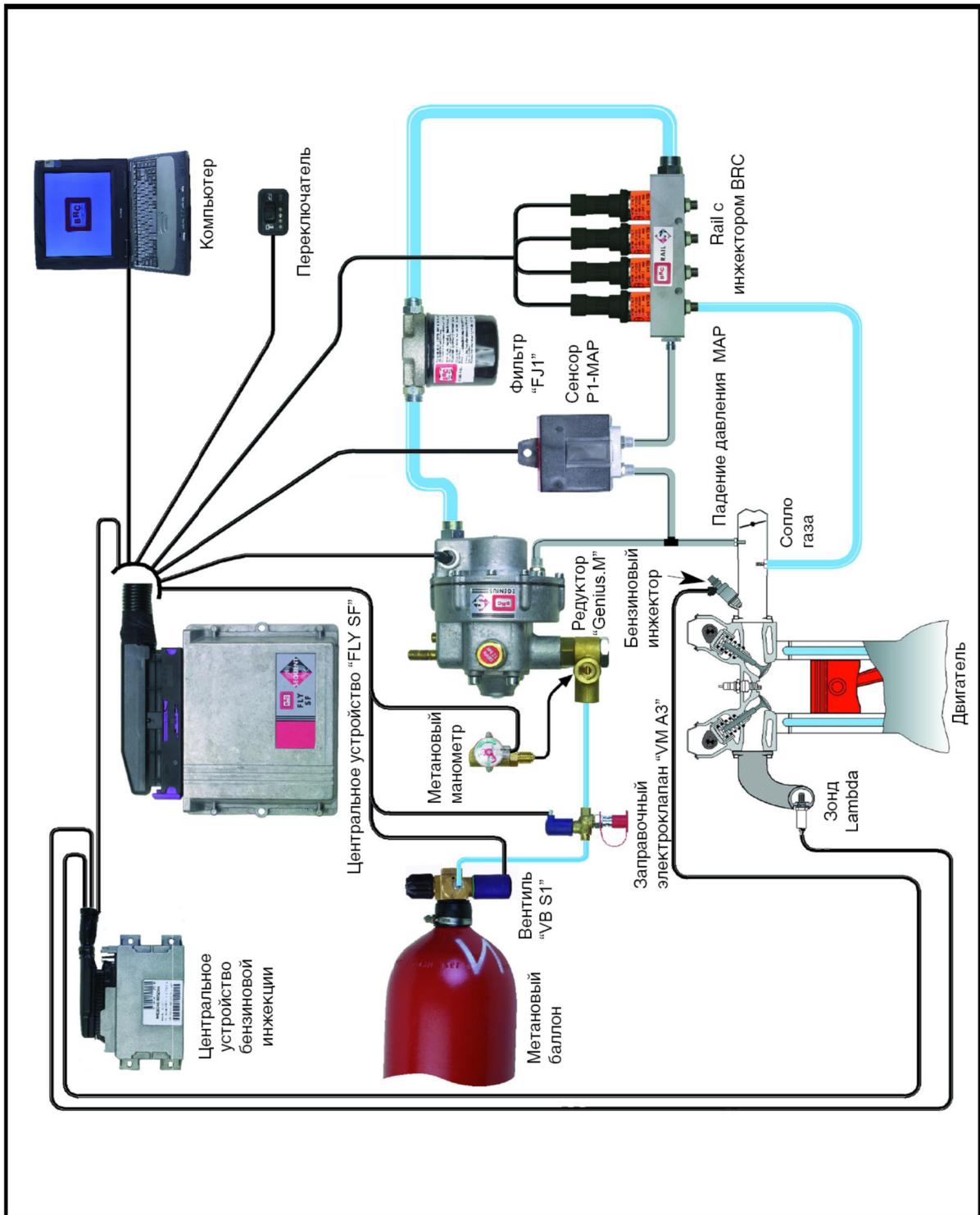


Рисунок 4.23 – Общая схема системы контроля SEQUENT

В результате оригинальное последовательное фазовое функционирование двигателя автомобиля остается неизменным, данная оптимальная проектировка позволяет достичнуть следующих практических результатов:

- плавное вождение автомобиля;
- меньшее потребление топлива;
- снижение вредных выбросов.

Кроме того, дополнительными преимуществами серийной системы являются:

- исключается появление ошибочных кодировок в центральном бензиновом устройстве, т.е. нет необходимости следить за их удалением;
- нет необходимости установки устройства «Memory» на автомобили с диагностической системой OBD;
- все функции в центральном бензиновом устройстве остаются неизменными во время работы на газе, гарантируя выполнение норм OBD;
- каждый газовый инжектор регулируется по отдельности, что позволяет сохранять стратегию работы на бензине и при работе на газе;
- система не требует дополнительной регуляции при присутствии карты.

Благодаря тесной интеграции центрального электронного устройства:

- не требуется подрезка или эмуляция инжекторов;
- возможно чтение оборотов колеса без внешних адаптеров;
- центральное устройство снабжено внутренним вариатором, который подходит к большей части транспортных средств;
- возможно соединение двух зондов Lambda в версии центрального устройства с одним соединителем, трех зондов в версии с двумя соединителями, без адаптеров;
- центральное устройство содержит основные соединители для зондов Lambda;
- возможно управление до 8 цилиндров в версии центрального устройства с двумя соединителями.

## **Вариатор**

Изначально двигатель проектируется для работы на бензине, поэтому оптимальная точка зажигания предусмотрена для определенного вида топлива, в то время как альтернативные виды топлива обладают несколько иными характеристиками.

Использование альтернативных видов топлива без изменения изначальной точки зажигания не позволяет полностью использовать возможности двигателя, что приводит к большему потреблению топлива и меньшей мощности.

Единственным решением этой проблемы является вариатор – электронное устройство, которое анализирует изначальную точку зажигания и изменяет ее, исходя из характеристик используемого топлива.



Рисунок 4.24 – Внутренний вариатор "Aries"

BRC располагает широкой серией вариаторов, которые в состоянии наладить оптимальную работу по зажиганию от самых простых до самых сложных ситуаций, контролируемых электронным центральным устройством.

### Пятое поколение ГБО

Системы распределенного последовательного (фазированного) прямого впрыска жидкого газа в цилиндры через электромагнитные форсунки, которые управляются самообучающимся электронным блоком управления подачи газа.

### Пятое поколение ГБО для топлива СНГ (СУГ)

Системы 5-го поколения называют: "LPI - Liquid Petroleumgas Injection" или "Жидкий фазированный распределённый впрыск".

В Европе используется пятое поколение ГБО. Газ поступает в цилиндры в жидкой фазе. Для этого в баллоне находится газонасос, обеспечивающий циркуляцию жидкой фазы газа из баллона через рампу газовых форсунок с клапаном обратного давления обратно в баллон.

Системы 5 поколения используют вычислительные мощности и топливные карты, заложенные в штатный контроллер автомобиля, и вносят лишь необходимые поправки для адаптации газовой системы к бензиновой топливной карте. 5 поколение характеризует наличие отдельных электромагнитных форсунок впрыска газа в каждый цилиндр, как и в

бензиновом двигателе. Фазу и дозировку впрыска определяет штатный бензиновый контроллер.

Важным плюсом систем 3, 4 и 5 поколений является функция автоматического перехода с газового топлива на бензиновое.

К преимуществу систем 5 поколения можно отнести отсутствие потери мощности и отсутствие повышенного расхода газа, а также возможность запуска двигателя на газе при любых отрицательных температурах, так как исчезла необходимость испарять газ перед подачей в двигатель. К недостаткам системы пятого поколения можно отнести её высокую чувствительность к грязному газу, низкую ремонтопригодность и высокую сложность.

Основное отличие систем пятого поколения состоит в том, что в этих системах осуществляется фазированный распределённый впрыск жидкой фазы пропан-бутановой смеси. Таким образом, отпадает необходимость в наиболее уязвимом узле газового оборудования - в редукторе. Все остальное аналогично системам четвертого поколения.

Впрыска газ производится электромагнитными форсунками, которые управляются самообучаемым электронным блоком управления подачи газа совместно с штатным блоком управления двигателем автомобиля.

Жидкая фаза пропан-бутановой смеси постоянно циркулирует внутри системы через рампу газовых форсунок с клапаном обратного давления обратно в баллон во избежание образования паровых пробок. Для этого в баллоне находится газовый насос, который и обеспечивает циркуляцию жидкой фазы газа из баллона и обратно.

Системы 5 поколения используют вычислительные мощности и топливные карты, заложенные в штатный контроллер автомобиля и вносят лишь необходимые поправки для адаптации газовой системы к бензиновой топливной карте.

Система ГБО впрыска жидкого газа предназначена для инжекторных автомобилей с катализатором, при работе на бензине соответствующие экологическим требованиям Евро 3 и Евро 4.

Газовые установки пятого поколения оснащены более мощным ЭБУ, что позволяет применять их исключительно для новых автомобилей высокого ценового сегмента.

## Преимущества

Преимущество этой установки в том, что она держит нормы экологичности Евро 5, расход одинаковый, а мощность на оборотах свыше 3000 на 5% больше.

Основным преимуществом систем ГБО пятого поколения является отсутствие потери мощности и отсутствие повышенного расхода при работе на газе. К тому же, ввиду отсутствия необходимости испарять газ

перед подачей в двигатель запуск на газе возможен при любых отрицательных температурах.

Также к преимуществам систем 5-го поколения можно отнести отсутствие потери мощности и отсутствие повышенного расхода газа, а также возможность запуска двигателя на газе при любых отрицательных температурах, так как исчезла необходимость испарять газ перед подачей в двигатель. К недостаткам системы можно отнести её высокую чувствительность к грязному газу, низкую ремонтопригодность и высокую сложность. Три этих недостатка практически перечёркивают все её преимущества в условиях эксплуатации в России.

Важным плюсом систем 3, 4 и 5 поколения является функция автоматического перехода с газового топлива на бензиновое.

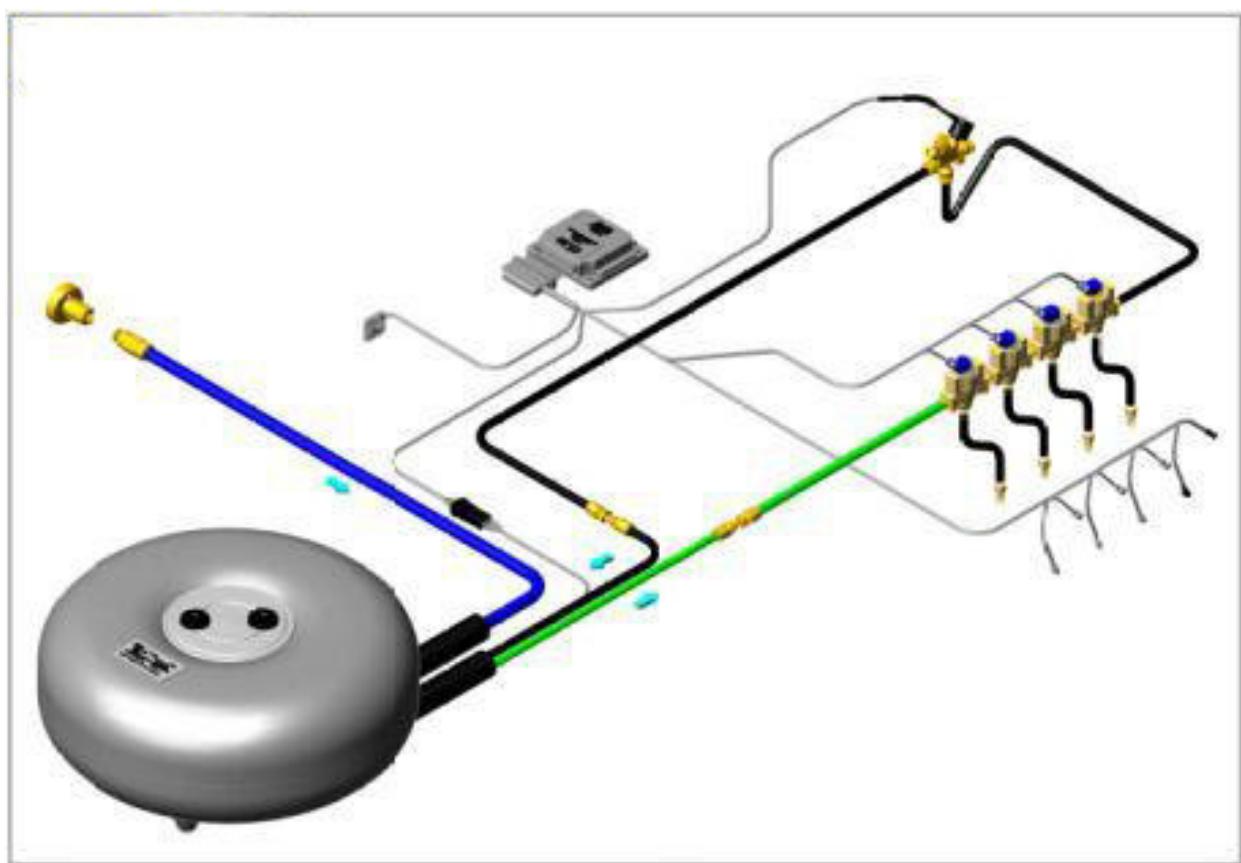


Рисунок 4.25 – Система ГБО 5-го поколения спортивного автомобиля

#### **Недостатки:**

Для 4-х цилиндрового двигателя ГБО стоит 2000 евро.

Насос рискует сгореть от нашего "хорошего" газа, а стоит он порядка 700 евро.

К недостаткам систем ГБО пятого поколения можно отнести высокую чувствительность к загрязнениям газа. А учитывая качество газа в России, можно сказать, что этот недостаток перечёркивают все преимущества эксплуатации систем пятого поколения в России.

К тому же, можно отметить очень высокую сложность этих систем, и как следствие недостаток обученного персонала и низкую ремонтопригодность.

Тем не менее, в связи с высокими стандартами на пропан-бутановое топливо в США и Европе, системы пятого поколения устанавливают на свои автомобили и самые именитые автопроизводители. Примером тому может служить Ford-F150, на который прямо на заводе установлена современная система впрыска жидкого пропана.

## Заключение

Карбюраторные двигатели первого поколения использовались на протяжении всего XX в. В 80-х гг. стали ужесточаться требования по экологии. Следствием этого стало появление каталитических конверторов (катализаторов), которые дожигают окислившимся и недоокислившимся продукты до конечных продуктов горения. Катализаторы потребовали более точной дозировки топлива. На автомобили стали устанавливать лямбда-контроллеры, которые по содержанию кислорода в отработанных газах уменьшали или увеличивали поступление топлива либо кислорода, — так появилось второе поколение.

Карбюраторные системы с пассивным всасыванием называли эжекторными, а следующие впрысковые системы с активной дозировкой топлива — инжекторными. Третье поколение — это система с принудительной подачей топлива и более точной дозировкой по цилиндром (так называемый распределенный впрыск).

Следующим шагом в развитии стали более точные топливные системы с фазированным впрыском. Эти системы называют четвертым поколением. Когда экологические нормы ужесточились до Euro III и Euro IV, стали появляться не только катализаторы с лямбда-датчиком, но и каталитические конверторы со вторым лямбда-датчиком, который контролирует процесс дожига в катализаторе. Были изобретены системы контроля на уровне электроники: бортовая диагностика OBD и EOBD. Они контролируют не только исполняющие устройства, но и процесс их работы.

Затем появилось пятое поколение — когда впрыск не только принудительный и фазированный, но производится не во впускном коллекторе, а в самом цилиндре. Это так называемые двигатели непосредственного впрыска. Наиболее известный представитель таких двигателей — Mitsubishi. Такие же двигатели появились у машин Volkswagen Touareg.

Альтернативные газовые топливные системы вышли сейчас на уровень четвертого поколения бензиновых систем — фазированный впрыск газа. При этом сохраняются все преимущества газового топлива — значительные выгоды в экономии и экологии.

## **Переоборудование дизельных двигателей для работы на газомоторном топливе**

ГБО для дизеля по составу компонентов схоже с «бензиновым» комплектом ГБО: редуктор(ы), электронный блок, форсунки впрыска, фильтр, баллонная арматура, баллон(ы) и магистраль. Для дизельной техники, как правило, требуется больше баллонов — чем крупнее и тяжелее техника, тем больший объем топлива ей нужен. Электронный блок/шаговый двигатель (ГБО на дизель 4-го поколения/3-го поколения) — это высокотехнологичный микрокомпьютер, который отвечает как за корректную подачу газа, так и за ограничение подачи дизельного топлива. В отличие от электронного блока для «бензинового» ГБО ЭБУ для подачи газа не имеет стандартных настроек под типы двигателей, а настраивается индивидуально под каждый автомобиль, в зависимости от эксплуатационных характеристик.

Установленное на дизель ГБО позволяет использовать транспорт в двухтопливном режиме: дизель-газ. При этом дизельное топливо используется как запальная доза для воспламенения смеси, ввиду отсутствия на дизельных двигателях искровой системы зажигания.

**Таблица 4.14 – Технологии перевода дизельного двигателя на газодизельный цикл**

<b>Поколение технологии</b>	<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
I. Механическая система с модифицированным ТНВД. На всех режимах запальная доза дизтоплива неизменна	■ Высокая степень замещения	■ Неэффективна на переходных режимах ■ Привязка к конкретной модели устаревших ТНВД
II. Штатная подача дизельного топлива: газ дополнительно добавляется в топливную смесь	■ Низкая стоимость ■ Увеличение мощности двигателя	■ Отсутствие практической экономии ■ Опасность повреждения двигателя
III. Электронно-механическая система с управляемой запальной дозой	■ 65-70% замещения дизтоплива газом на любых режимах работы ДВС ■ Адаптивная подача топлива	■ Требует высококвалифицированного обслуживания
IV. Электронная система с управляемой запальной дозой	■ Стабильная работа при высоком замещении (50...65%) ■ ЕВРО-4/5	■ Относительно высокая стоимость ■ Требует индивидуальной настройки

#### 4.5.3 Сертифицированная заводская автотракторная техника для работы на газе

7...14 октября 2014 года компания ООО «Доминант», официальный представитель МТЗ, презентовала «газовую» модификацию трактора МТЗ 92П.

Газодизельный экспонат вызвал ажиотаж среди посетителей выставки, каждому было интересно узнать, где и когда можно будет приобрести подобные тракторы. Такая заинтересованность ничуть не удивляет: дизельное топливо дорожает каждый месяц, а использование газодизельных моделей поможет существенно снизить затраты на ГСМ. Ежегодная экономия от использования газодизельного трактора достигает 150 тыс. рублей.

Трактор МТЗ 92П был «переведен на газ» инженерами ITALGAS. ITALGAS установила на технику газовое оборудование, определила оптимальное расположение баллонов и провела калибровку.

Суть газодизельной технологии заключается в том, что дизельное топливо максимально замещается природным газом в пропорции 70/30.

Газовая модификация популярнейшего на территории России трактора МТЗ 82.1. также является совместным проектом ITALGAS и ООО «Доминант».



Рисунок 4.26 – Газодизельный трактор МТЗ 92П: общий вид

Таблица 4.15 – Стоимость перевода трактора на газодизель:

Модель трактора	МТЗ 82.1	МТЗ 92 П (турбированный)	МТЗ 1221
Базовая стоимость дизельного трактора (руб.)	710 000	840 000	1 340 000
Стоимость газовой опции (руб.)	158 000	165 000	190 000
Количество баллонов	3 баллона*50 л.	3 баллона*50 л.	4 баллона*50 л.

Данная модель является первым российским сертифицированным газодизельным трактором. Презентованный «газовый» МТЗ 92П также будет сертифицирован в России. Немаловажно, что на тракторы, приобретенные в дилерском центре «Доминант», будут действовать все гарантийные обязательства завода.

Таким образом – МТЗ - это единственные на сегодняшний день газодизельные тракторы, которые:

- сертифицированы в России;
- сохраняют гарантию завода производителя (при покупке в Доминант);
- не имеют конкурентов в России по критерию цена-качество.



Другое предприятие (г. Набережные Челны, РТ) **ООО «РАРИ-ТЭК»** готово переоборудовать ваши тракторы своими силами, или выслать комплекты газо-дизельного оборудования по вашему заказу. При необходимости обучает специалистов.

Трактор МТЗ-82 с двигателем Д-243. Это разработка конструкторов ООО «РАРИ-ТЭК», претворённая в жизнь и сегодня работающая на различных предприятиях.

Экономика перевода трактора на газодизельный режим видна из таблицы расчёта экономической эффективности.

Тракторы «АГРОМАШ» на газомоторном топливе – перспективная техника нового поколения

Для аграриев это, безусловно, в новинку. Дополнительно к колесному трактору Агромаш 50ТКГ появился трактор Агромаш 85ТК класса 1,4, работающий на компримированном природном газе (метан) – совершенно новая разработка инженеров и тракторостроителей концерна, которая

является особенно актуальной и находится на острие задач, поставленных Правительством РФ в рамках Распоряжения №767-р, принятого 13 мая 2013г.

Выпуск данной газовой модели стал возможным благодаря объединению многолетних совместных усилий трудового коллектива единомышленников – профессионалов бизнес-единиц концерна – Владимирского моторо-тракторного завода, Завода инновационных продуктов и САРЭКСа. По самым скромным оценкам, отечественные аграрии, оснащая технику двигателями, работающими на газомоторном топливе, смогут обеспечить при их 80% загрузке экономию на 1 единицу - до 300 руб. в час. Кроме того, количество выбросов в атмосферу вредных веществ будет снижено в 2...5 раз.

Главное преимущество, которое дает такая техническая особенность – чрезвычайный уровень экономии на топливе. В среднем кубометр газа, эквивалентный литру дизельного топлива стоит в три раза дешевле.



А если приобрести специальный компрессор и заправляться непосредственно из газовой сети, то можно добиться и семикратной экономии (4,5 рубля за кубометр метана против 30 рублей за литр дизтоплива). В условиях, когда коммунально-строительное и сельскохозяйственное производство стремится быть максимально эффективным, такое снижение расходов – очень серьезный шаг в правильном направлении.

Это совершенно обычные, серийные машины, способные выполнять все те виды работ, которые берут на себя дизельные тракторы. При этом не теряется ни мощность, ни

функциональные возможности. А главный плюс – выгодное вложение средств. Цифры говорят сами за себя. Дизельный вариант трактора сегодня стоит 700 тыс. рублей. А газовый – 850. Эта разница в цене легко компенсируется за счет всего лишь одного сезона.

Выпуск таких тракторов компания начала относительно недавно - с января 2013 года. Продажи пока сдерживаются слабым развитием газозаправочной сети, но в рамках специализированной программы по переводу транспорта на газовое топливо, правительство намерено способствовать резкому увеличению числа газонаполнительных станций и передвижных компрессорных установок, что должно способствовать распространению техники, работающей на газовом топливе по всей стране.

С июля 2014 года началось производство данного трактора в модификации, когда баллоны для газа располагаются не на крыше трактора, а под кабиной.

Таблица А1 – Перевод единиц вязкости масла

cСт	E°	R	S	cСт	E°	R	S
1,00	1,00	26,7	29,3	26,00	3,58	109,1	123,6
1,50	1,07	28,4	31,3	27,00	3,71	113,0	128,0
2,00	1,12	30,3	43,1	28,00	3,83	117,0	132,4
2,50	1Д7	31,7	44,8	29,00	3,96	120,9	136,8
3,00	1,22	33,0	36,5	30,00	4,09	124,8	141,3
3,50	1,27	34,5	48,0	31,00	4,21	128,8	145,7
4,00	1,31	35,8	39,5	32,00	4,34	132,7	150,2
4,50	1,35	37,1	41,0	33,00	4,47	136,6	154,7
5,00	1,40	38,5	42,5	34,00	4,58	140,6	159,2
5,50	1,44	39,7	44,0	35,00	4,71	144,4	163,7
6,00	1,48	41,1	45,4	36,00	4,83	148,8	168,2
6,50	1,52	42,4	47,0	37,00	4,96	152,5	172,8
7,00	1,57	43,8	48,6	38,00	5,09	156,5	177,3
7,50	1,60	45,2	50,2	39,00	5,22	160,5	181,9
8,00	1,65	46,5	Я.8	40,00	5,34	164,5	186,5
8,50	1,70	48,0	53,4	41,00	5,47	168,6	191,0
9,00	1,75	49,4	55,1	42,00	5,60	172,6	195,6
9,50	1,79	51,0	^6,8	43,00	5,73	176,6	200,2
10,00	1,83	52,4	^8,5	44,00	5,86	180,7	204,8
10,50	1,88	53,9	60,2	45,00	5,99	184,7	209,4
11,00	1,93	55,4	62,0	46,00	6,11	188,7	214,1
12,00	2,02	58,5	65,6	47,00	6,25	192,8	218,7
13,00	2,12	61,8	69,3	48,00	6,37	196,8	223,3
14,00	2,22	65,1	73,1	49,00	6,50	200,8	227,9
15,00	2,32	68,4	77,0	50,00	6,63	204,8	232,6
16,00	2,43	71,8	81,0	51,00	6,76	208,9	237,2
17,00	2,54	75,4	85,0	52,00	6,88	213,1	241,8
18,00	2,65	79,0	89,2	53,00	7,01	217,2	246,5
19,00	2,76	82,8	93,4	54,00	7,15	221,3	251,1
20,00	2,88	86,7	97,6	55,00	7,27	225,3	255,7
21,00	2,99	90,4	101,9	56,00	7,40	229,4	260,4
22,00	3,10	94,0	106,2	57,00	7,53	233,4	365,0
23,00	3,22	97,8	110,5	58,00	7,67	237,4	269,6
24,00	3,35	101,5	114,9	59,00	7,79	241,4	274,2
25,00	3,46	105,2	119,2	60,00	7,92	245,5	278,0

cСт = сантистокс;

R = Редвуд;

E° = градус Энглера;

S = Сэйболт.

Срок службы масла, в %

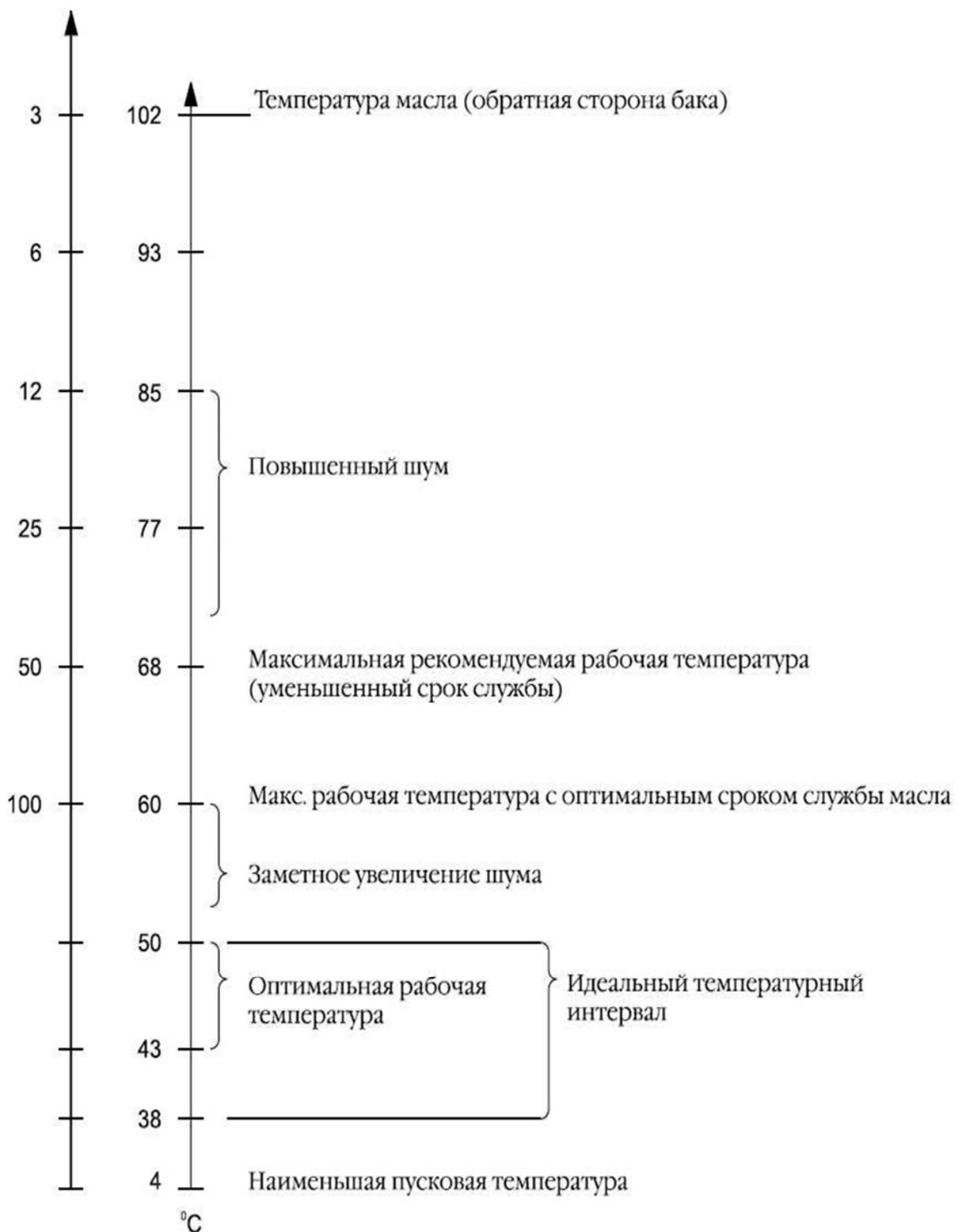


Рисунок Б1 – Температурные условия для масел в двигателе и гидросистеме

## Характеристики печного бытового топлива (ТУ 38.101656-87) (ГОСТ 10585-99)

Наименование показателя	Значение
Фракционный состав:	
10% перегоняется при температуре, °C, не ниже	160
90% перегоняется при температуре, °C, не выше	360
Вязкость кинематическая при 20° C, мм/с <sup>2</sup> , не более	8,00
Температура застывания, °C, не выше в период с 1 сентября по 1 апреля	минус 5
в период с 1 апреля по 1 сентября	минус 5
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °C, не ниже	45
Массовая доля серы, %, не более Вид IV	0,5
Вид V	1,1
Содержание сероводорода	отсутствие
Испытание на медной пластинке	выдерживает
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствие
Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5,00
Зольность, %, не более	0,02
Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,35
Массовая доля воды, %	следы
Массовая доля механических примесей, %	отсутствие
Цвет	от бесцветного до черного
Плотность при 20° C, кг/м <sup>3</sup>	не нормируется, определение обязательно

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлов Н.П., Самойлов Д.Н., Хисметов Н.З., Хисметов А.Н. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости: Учебник для студентов высшего учебного заведения. Казань: ООО Издательско-полиграфический центр Экспресс-плюс.-2007.-248 с.
2. Москвин Е.В. Эксплуатационные материалы: учебное пособие/ Е.В. Москвин. Томск: Изд-во Том. гос. архит.- строит. ун-та, 2005.-204 с.
3. Синельников А.Ф., Балабанов В.И. Автомобильные масла. Краткий справочник. — М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. — 176 с.: ил., табл.
4. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы. - М.: Колос.- 2007.-199 с.
5. Курасов В. С. Топливо и смазочные материалы: учебное пособие / В. С. Курасов, В. В. Вербицкий. - Краснодар: КубГАУ, 2013.-81 с.
6. Рябов В.Д. Химия нефти и газа. - М.: Техника, 2004. 287 с.
7. Вержичинская С.В., Дигуров Н.Г., Синицын С.А. Химия и технология нефти и газа.- М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. 400 с.
8. Коннова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа: учеб. пособие для вузов / Г. В. Коннова. — Ростов н/Д.: Феникс, 2006. — 128 с.
9. Лышко Г.П. Топливо и смазочные материалы. - М.: Агропромиздат, 1985.-336 с. (Учебник для сельхоз вузов)
10. Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Учебник для вузов.- М.: Машиностроение.1985-200c.
11. Боксерман Ю.И. и др. Перевод транспорта на газовое топливо.- М.:Недра,1988.-220с.
12. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.А. Марков и др. Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2012. – 791 с.
13. Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 267 с.
14. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с.
15. Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. – М.: ООО ИРЦ Газпром, 2007. – 480 с.
16. Марков В.А., Девягин С.Н., Семенов В.Г., Шахов А.В., Багров В.В. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях. – М.: ООО НИЦ Инженер, ООО Онико-М, 2011. – 536 с.
17. Гуреев А.А., Азев В.С., Камфер Г.М. Топливо для дизелей. Свойства и применение. – М.: Химия, 1993. – 336 с.

18. Гуреев А.А., Камфер Г.М. Испаряемость топлив для поршневых двигателей. – М.: Химия, 1982. – 264 с.
19. Звонов В.А., Козлов А.В., Теренченко А.С. Оценка традиционных и альтернативных топлив по полному жизненному циклу // Автостроение за рубежом. – 2001. – № 12. – С. 14-20 с.
20. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия. – Харьков: Изд-во Харьковского политехнического института, 2003. – 244 с.
21. Якубовский Ю. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды: Пер. с польского Т.А. Бобковой. – М.: Транспорт, 1979. – 198 с.
22. He D., Wang M. Contribution Feedstock and Fuel Transportation to Total Fuel-Cycle Energy Use and Emissions // SAE Technical Paper Series. – 2000. – № 2000-01-2976. – Р. 1-15.
23. Louis J.J. Well-To-Wheel Energy Use and Greenhouse Gas Emissions for Various Vehicle Technologies // SAE Technical Paper Series. – 2001. – № 2001-01-1343. – Р. 1-8.
24. Fleisch T., McCarthy C., Basu A. et al. A New Clean Diesel Technology: Demonstration of ULEV Emissions on a Navistar Diesel Engine Fueled with Dimethyl Ether // SAE Technical Paper Series. – 1995. – № 950061. – Р. 1-10.
25. Новые источники сырья для биодизеля / Ю.А. Коцарь, Г.А. Головащенко, С.В. Плужников и др. // АГЗК+АТ. – 2011. – № 4. – С. 23-24.
26. ГОСТ Р 53056–2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2009. – 33 с.
27. Бебенин Е.В. Совершенствование топливной системы тракторных дизелей для работы по газодизельному циклу на примере трактора РТМ-160: дис. канд. техн. наук: спец. 05.20.01, 05.20.03. – Саратов, 2009. – 136 с.
28. <http://bolidos.com.ua>. Информация об автомобилях.
29. Елисеев В.Г., Кунис И.Д. Экологические аспекты применения сжиженного природного газа как альтернативного топлива // Конверсия в машиностроении, № 2, 2001. С. 21-23.
30. Онлайн-конференция «Перевод транспорта на газ: проблемы и перспективы». Центр энергетической экспертизы. <http://www.energy-experts.ru/news11198.html/>
31. Национальная газомоторная ассоциация. <http://www.ngvrus.ru/>
32. Кириллов Н. Проблемы российской энергетики в начале XXI века // Энергетика и промышленность России . 2009.- №01-02.-С.117-118.
33. Виноградова О. Газомоторное топливо в мире: Состояние и перспективы // Нефтегазовая Вертикаль. 2013.- №20.-С.32-35.
34. РЕЗОЛЮЦИЯ СЕМИНАРА «Перевод транспорта на газомоторное топливо: проблемы и перспективы» / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» . -2013.- 16 с.

35. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.12.2012 N 1315 "О внесении изменений в Правила предоставления и распределения в 2012 году субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на закупку произведенных на территории государств - участников Единого экономического пространства автобусов, работающих на газомоторном топливе, трамваев и троллейбусов и утверждении распределения в 2012 году субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на закупку произведенных, на территории государств - участников Единого экономического пространства автобусов, работающих на газомоторном топливе, трамваев и троллейбусов по итогам перераспределения средств между бюджетами субъектов Российской Федерации".
36. Неменова Юлия. Статья: «Газовый фактор». Сибирская нефть №99 (март 2013).
37. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. М., Стандартинформ, 2014. с.15.
38. ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия . М.: Стандартинформ, 2014. с.19.
39. ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинированное». М.: Стандартинформ, 2013. с.12.
40. ГОСТ 2084-77. Бензины автомобильные. Технические условия. М., ИПК Издательство стандартов, 2003.
41. ГОСТ Р 51105-97. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия Издание официальное. Госстандарт России, М., 2008 г
42. ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-2004) Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия/
43. ГОСТ 27578-87 «Газы сжиженные нефтяные. Топливо для газобаллонных автомобилей. Технические условия» М., ИПК Издательство стандартов, 2004.
44. ГОСТ 20448-90 «Газы углеводородные сжиженные для коммунально-бытового и промышленного потребления. Технические условия». М.: Стандартинформ, 2005
45. ГОСТ 27577-2000 «Газ природный топливный сжатый для газобаллонных автомобилей» М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.
46. ГОСТ 17479.1-85 Масла моторные. Классификация и обозначение.
47. ГОСТ 17479.2-2015. Масла трансмиссионные. Классификация и обозначение М.: ФГУП Стандартинформ, 2016.
48. ГОСТ 17479.3-85 МАСЛА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ Классификация и обозначение Технические условия: Сб. ГОСТов. - М.: Стандартинформ, 2006
49. ГОСТ 23258-78 Смазки пластиичные. Наименование и обозначение. Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002

50. ГОСТ 28084-89 “Жидкости охлаждающие низкозамерзающие. Общие технические условия” М.: ФГУП Стандартинформ, 2007
51. ГОСТ 23008-78 Жидкость амортизаторная АЖ-12т. Технические условия М.: ФГУП Стандартинформ, 2007.
52. ГОСТ 2177-99 Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава. Минск, 2006.
53. ГОСТ 6356-75 Нефтепродукты. Метод определения температуры вспышки в закрытом тигле. Сборник национальных стандартов. -М.: Стандартинформ, 2006.
54. ГОСТ 4333-2014 Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле/ М.: ФГУП Стандартинформ, 2015.
55. ГОСТ 22254-92 ТОПЛИВО ДИЗЕЛЬНОЕ Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре М.: Издательство стандартов, 1992.
56. ГОСТ 20287-91 Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания. -М.: Стандартинформ, 2006.
57. ГОСТ Р 52340-2005. Нефть. Определение давления паров методом расширения. -М.: Стандартинформ, 2006.
58. ГОСТ 511-2015. Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа. М.: ФГУП Стандартинформ, 2016.
59. ГОСТ 8226-2015. Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа/ М.: ФГУП Стандартинформ, 2016.
60. ГОСТ Р 51947 -2002. Нефть и нефтепродукты. Определение серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии.
61. ГОСТ Р 51946 -2002. Нефтепродукты и битуминозные материалы. Метод определения воды дистилляцией.
62. ГОСТ 2477 -2014 Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды. М.: ФГУП Стандартинформ, 2016.
63. ГОСТ 6370-83 Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей. -М.: Стандартинформ, 2007.
64. ГОСТ 19433-88 "Грузы опасные. Классификация и маркировка"
65. ГОСТ Р 12.1.052-97. Информация о безопасности веществ и материалов (Паспорт безопасности)