

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Курганский государственный университет**

**С.П. ЖАРОВ, В.Н. ШАБУРОВ, О.Г. ВЕРШИНИНА**

# **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

**Курган 2012**

УДК 629.113.004:621.89

ББК 35

Ж 34

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой сервиса автомобилей и технологии машин Тюменского государственного нефтегазового университета **Н.С. Захаров**;

генеральный директор ОАО «Строитранспрт» **С.В. Речкин**.

Печатается по решению методического совета Курганского государственного университета.

Ж 34 Жаров С.П., Шабуров В.Н., Вершинина О.Г. Эксплуатационные материалы: Учебное пособие.- Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. –168 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы влияния эксплуатационных материалов на эксплуатацию автомобиля, приведены основные свойства топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, а также сведения о их применении на автотранспортных средствах. Приведены данные о влиянии условий транспортирования, хранения и эксплуатации на изменение качества топлив и масел. Изложены вопросы контроля качества, учета количества топливно-смазочных материалов и нормирования расхода топлива при эксплуатации автомобилей.

Издание предназначено для студентов-бакалавров, обучающихся по направлению 190600 «Эксплуатация транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов», может быть полезно для инженерно-технических работников, занимающихся вопросами эксплуатации автотранспортных средств, а также для автолюбителей.

Рис.- 18, библиограф. - 15 назв.

ISBN 978-5-4217-0189-7

УДК 629.113.004:621.89

ББК 35

© Курганский  
государственный  
университет, 2012

© Жаров С.П., Вершинина О.Г.,  
Шабуров В.Н., 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	5
2 ТОПЛИВА.....	15
2.1 Общие сведения.....	15
2.2 Автомобильные бензины.....	19
2.3 Дизельные топлива.....	38
2.4 Газообразные топлива.....	53
2.5 Альтернативные топлива.....	59
3 СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	63
3.1 Общие сведения.....	63
3.2 Моторные масла.....	67
3.2.1 Маркировка и классификация моторных масел.....	74
3.2.2 Выбор моторных масел. Особенности и область применения.....	91
3.3 Трансмиссионные масла, классификация, ассортимент, особенности применения.....	96
3.4 Масла для автоматических коробок передач.....	105
3.5 Пластичные смазки.....	108
3.5.1 Маркировка и область применения пластичных смазок.....	112
3.5.2 Ассортимент пластичных мазок и их применение.....	116
4 ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАСЛА.....	133
4.1 Тормозные жидкости.....	133
4.2 Амортизаторные жидкости.....	136
4.3 Гидравлические масла.....	137
4.4 Низкозамерзающие охлаждающие жидкости.....	138
5 РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	144
5.1 Изменение качества нефтепродуктов при транспортировании, хранении и в эксплуатации.....	144
5.2 Контроль и учет качества и количества ТСМ.....	152
5.3 Нормирование расхода топлива.....	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	167

## ВВЕДЕНИЕ

Неудовлетворительная работа автомобилей часто связана с выбором топлив и смазочных материалов несоответствующих сортов, их низким качеством, ухудшившимся при хранении и заправке. Даже применение эксплуатационных материалов в соответствии с инструкциями по эксплуатации автомобилей не спасает водителя от ошибок, так как территория России простирается от Кавказа до районов Крайнего Севера, а один и тот же автомобиль при эксплуатации в разных климатических районах требует применения различных материалов. Инженерно-технические работники автомобильного транспорта, работники автосервиса, а также водители должны знать основной ассортимент эксплуатационных материалов, их свойства и влияние на работу автомобиля, основы рационального использования и нормирования.

Современный парк автотранспортных средств (АТС) потребляет более 30% всех производимых нефтепродуктов. При сгорании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) образуется значительное количество токсичных и канцерогенных веществ. Масла, отработавшие в агрегатах автомобилей, требуют сбора и переработки, что в большинстве регионов нашей страны экономически нецелесообразно. Таким образом, использование эксплуатационных материалов на АТС должно быть не только рациональным с экономической точки зрения, но и в значительной степени рациональным с точки зрения экологии.

Именно в связи с этим в последнее время во всем мире идет тенденция использования экологически чистых эксплуатационных материалов: неэтилированных бензинов с небольшим содержанием ароматических углеводородов, малосернистых дизельных топлив, биологически разлагающихся моторных масел, нетоксичных охлаждающих жидкостей и т.п.

Экономичность, надежность, долговечность работы АТС в значительной степени зависит от того, насколько правильно подобраны эксплуатационные материалы. Состояние окружающей среды и наше здоровье также зависит от этого, а кроме того - от снижения потерь, совершенствования учета эксплуатационных материалов, улучшения условий их транспортирования, хранения и раздачи. Только совместное решение вопросов повышения качества производимых материалов, конструкции АТС, эффективности их эксплуатации и рационального использования дает возможность попытаться решить эти экономические и экологические проблемы.

Теоретические и практические вопросы рационального использования нефтепродуктов в народном хозяйстве изучает сравнительно новая отрасль науки - химмотология. Химмотология решает такие задачи, как изучение свойств нефтепродуктов, тех процессов, через которые они проходят при транспортировании, хранении и применении; установление закономерностей, связывающих качество нефтепродуктов с надежностью работы техники; разработка новых сортов топлива и смазочных материалов, их унификация и классификация; разработка научно-обоснованных норм расхода, мероприятий, связанных со снижением потерь; создание методов оценки и испытаний нефтепродуктов; ведение нефтескладского хозяйства.

# 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

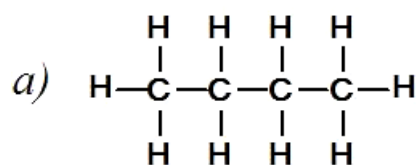
**Методы получения топлив из нефти.** Природная нефть представляет собой раствор углеводородов различного состава и строения. На вид это маслянистая и вязкая горючая жидкость, от светло- до темно-коричневого цвета. Плотность нефти колеблется от 820 до 900 кг/м<sup>3</sup>, хотя на отдельных месторождениях добывают более легкие или тяжелые нефти. Теплота сгорания - 43000-45500 кДж/кг.

По элементарному составу основную часть нефти и нефтепродуктов составляет углерод (83-87%) и водород (12-14%). Гетероатомные соединения содержат серу, кислород и азот. Сера содержится в нефти в очень широких пределах: от тысячных долей до 6-8%, а иногда и до 14%. Содержание кислорода и азота значительно меньше, чем серы: кислорода - 0,05-0,36%, а азота - 0,02-1,7%. Кроме того, в нефти (в незначительном количестве) содержится более 30 элементов — металлов и около 20 элементов - неметаллов.

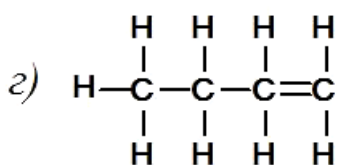
По углеводородному составу основную массу нефти составляют углеводороды трех главных групп: парафиновые (алканы), нафтеновые (цикланы) и ароматические (арены), которые как по составу, так и по своим свойствам, значительно различаются для нефти разного происхождения и места добычи.

*Парафиновые* углеводороды имеют общую эмпирическую формулу  $C_nH_{2n+2}$  (рисунок 1.1а). Они характеризуются предельным насыщением водорода, в связи с чем известны также под названием предельных углеводородов. Плотность и температура кипения парафинов повышаются с ростом молярной массы. Поэтому парафиновые углеводороды с числом атомов 16 и выше представляют собой твердые вещества и находятся в нефти в растворенном состоянии. Содержание парафинов в нефти равно 30-35%, однако в некоторых случаях может достигать до 50%. Эти углеводороды из всех классов углеводородов имеют наиболее высокую теплоту сгорания. Их присутствие в нефтепродуктах не вызывает вредного влияния на резиновые изделия. Однако парафиновые углеводороды, имеющие высокие температуры застывания, нежелательны в зимних сортах топлив и смазочных материалах.

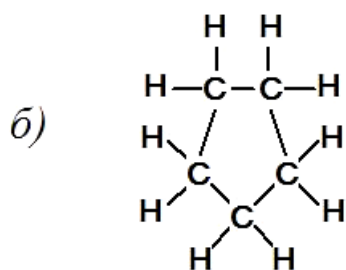
*Нафтеновые* углеводороды представляют собой циклические углеводороды с общей формулой  $C_nH_{2n}$  (рисунок 1.1б). В среднем в нефти содержится от 25 до 75% нафтеновых углеводородов. Низкие температуры плавления этих углеводородов обуславливают хорошие низкотемпературные свойства нефтепродуктов.



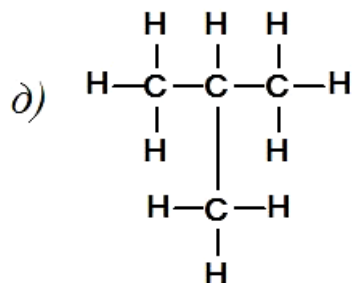
*Нормальный парафин - бутан*



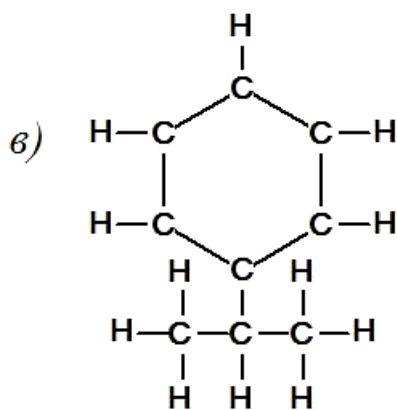
*Непредельный парафин - бутен*



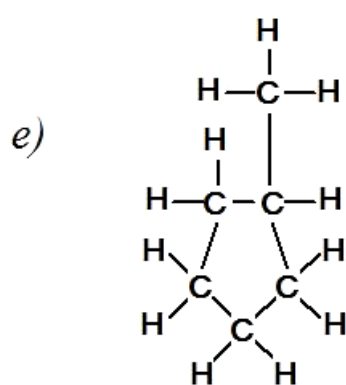
*Циклопарафин - циклопентан*



*Изопарафин - изобутан*



*Ароматический углеводород -  
изопропилбензол*



*Циклопарафин -  
метилциклопентан*

### Рисунок 1.1 – Примеры углеводородов

Нафтеновые углеводороды обладают меньшей теплотой сгорания по сравнению с парафиновыми углеводородами, но более высокой детонационной стойкостью являются желательными компонентами в топливах для карбюраторных двигателей и зимних сортах дизельных топлив. В маслах эти углеводороды улучшают маслянистость и вязкостно-температурные свойства.

*Ароматические* углеводороды находятся в нефти в меньшем количестве, чем предыдущие группы, представляют собой циклические углеводороды с двойными связями и общей формулой  $C_nH_{2n-6}$  (рисунок 1.1в). Их общее содержание в различных видах нефти составляет в среднем 5-20%. Ароматические углеводороды по сравнению со всеми другими группами углеводородов являются более агрессивными по отношению к резиновым изделиям и имеют самую низкую теплоту сгорания. Однако из-за высокой термической устойчивости они являются желательными составляющими в бензинах, т.к. обладают высоким октановым числом.

Однако значительная часть углеводородов нефти имеет смешанное (гибридное) строение самого разнообразного сочетания (рисунок 1.1 в, е). Во всех группах встречаются изомерные углеводороды (рисунок 1.1 д), т.е. одинаковые по составу и молекулярной массе, но различающиеся по строению или расположению атомов в пространстве и вследствие этого по свойствам.

В состав нефти и нефтепродуктов могут входить непредельные парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды. В их молекулах имеется одна, две или более двойных связей между атомами углерода (рисунок 1.1 г). Эти углеводороды легко окисляются, так как их двойные связи неустойчивы и склонны к превращению в простые связи с одновременным присоединением атомов кислорода, атомов других элементов и молекул непредельных углеводородов.

По содержанию серы нефти делятся на малосернистые (<0,5%), средне-сернистые (до 1,0%), сернистые (до 3,0%) и высокосернистые (>3% серы). Минеральный состав нефти характеризуется содержанием в ней воды (часто в виде стойких эмульсий) и зольных веществ (зола).

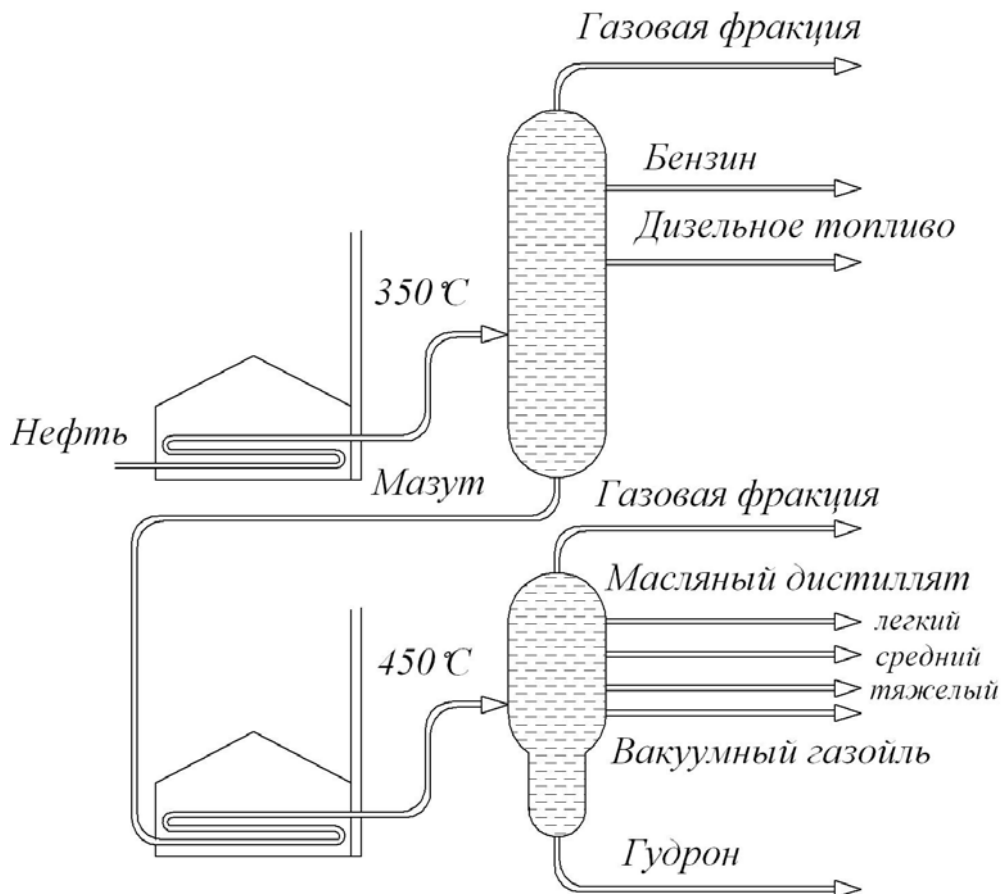
Содержащиеся в нефти углеводороды имеют различную молярную массу и температуру кипения. При нагревании нефти из нее вначале испаряются низкомолекулярные углеводороды. По мере повышения температуры нефти происходит испарение углеводородов с большей молекулярной массой. При этом в неиспарившейся части нефти концентрируются высокомолекулярные углеводороды и смолисто-асфальтеновые вещества.

Для получения из нефти различных топлив, масел и других продуктов применяют методы первичной и вторичной переработки.

Первичным и обязательным процессом переработки нефти является **прямая перегонка**, которая относится к физическим способам переработки нефти (рисунок 1.2). При перегонке нефть нагревается до температуры 330-350°C в трубчатой печи и затем подается в среднюю часть ректификационной колонны, где происходит процесс испарения. В результате получают дистиллят и остаток которые по составу отличаются от исходной смеси. При однократном испарении низкокипящие фракции, перейдя в пары, остаются в аппарате и снижают парциальное давление испаряющихся высококипящих фракций, что дает возможность вести перегонку при более низких температурах. Однако при однократном испарении достичь требуемого разделения компонентов нефти и получить конечные продукты, кипящие в заданных температурных интервалах, нельзя. Поэтому после однократного испарения нагретая нефть подвергается ректификации паровой и жидкой фаз на отдельные фракции за счет противоточного многократного контактирования паров и жидкости.

На установках первичной перегонки нефти процессы испарения и ректи-

фикации, как правило, совмещаются. Нефтеперерабатывающие установки наряду с одно- и двухступенчатыми трубчатыми устройствами и ректификационными колоннами включают в свою конструкцию большое количество теплообменников, конденсаторов и пр.



**Рисунок 1.2 – Схема прямой и вакуумной перегонки нефти**

Рабочий процесс современной атмосферно-вакуумной установки для перегонки нефти следующий. Нефть под давлением около 1,5 МПа прокачивается через ряд теплообменников, в которых нагревается до 170-175°C за счет тепла охлаждаемых дистиллятов, и поступает в трубчатую печь, где нагревается до 300-350°C. Затем нагретая нефть в парожидкостном состоянии поступает в испарительную часть атмосферной ректификационной колонны, где вследствие снижения давления происходит испарение низкокипящих фракций и разделение на паровую и жидкую фазы. Жидкая фаза стекает вниз, а пары фракций поднимаются вверх и конденсируются по пути в виде дистиллятов на горизонтальных ректификационных тарелках. Эти тарелки установлены на различной высоте колонны. На первых тарелках конденсируются более высококипящие углеводороды. Пары среднекипящих углеводородов поднимаются вверх по колонне и конденсируются на тарелках, расположенных выше ввода нефти в колонну. Низкокипящие углеводороды в смеси с газами проходят всю ко-



лонну в виде паров. Для облегчения испарения высоко- и среднекипящих углеводородов они обогащаются низкокипящими углеводородами, которыми орошается верхняя часть колонны. Из верхней части колонны выводятся пары бензина, которые охлаждаются и конденсируются в теплообменниках. Часть жидкого бензина подают на орошение колонны. В нижней части колонны собирается мазут, который подвергают дальнейшей перегонке для получения из него смазочных масел во второй ректификационной колонне, работающей под вакуумом.

Продуктами прямой перегонки нефти являются *дистилляты*: *бензиновый* 35-200°C, *лигроиновый* 110-230°C, *керосиновый* 140-300°C, *газойлевый* 230-330°C и *соляровый* 280-380°C. Средний выход бензиновых фракций при перегонке может колебаться в зависимости от свойств нефти от 15 до 25%, на долю остальных топлив приходится 20-30%. Прямогонные нефтепродукты обладают высокой химической стабильностью, т.к. в них отсутствуют непредельные углеводороды. Однако, как правило, эти нефтепродукты не являются конечными и подвергаются дальнейшей вторичной переработке с целью увеличения выхода получаемых из нефти топливных фракций.

Мазут в виде остатка атмосферной перегонки с температурой кипения 350°C частично поступает на крекинг, а частично в ректификационную колонну, работающую в условиях вакуума (*вакуумная перегонка*). Такая перегонка применяется для целей предотвращения расщепления углеводородов под действием высоких температур. В колонне поддерживается остаточное давление 5,3-8,0 кПа. Стекающая вниз по колонне испарившаяся жидкость продувается перегретым (острым) водяным паром для облегчения условий испарения легких компонентов и для снижения температуры в нижней части колонны. В результате получают несколько фракций – масляных дистиллятов разной вязкости, которые в дальнейшем используются для производства различных видов масел.

Неиспарившаяся часть мазута (гудрон или полугудрон) отводится из нижней части колонны для дальнейшего использования в процессах термического крекинга, коксования и получения битума и высоковязких масел.

В процессе вакуумной перегонки выход *дистиллятных* масел достигает до 50%. Масла с повышенной вязкостью получают из полугудрона, который является остатком с неглубоким отбором масляных фракций, и называются *остаточными*. Данные масла составляют основную часть товарных минеральных масел.

Вторичная переработка основана на расщеплении крупных молекул углеводородов на более мелкие под действием высоких температур без катализатора (*термический крекинг, коксование*), в присутствии катализатора (*ка-*

*каталитический крекинг*) или в присутствии катализатора под давлением водорода (*гидрокрекинг*). Разновидностью крекинга является также процесс *риформинга*, для него используют тяжелый бензин и лигроин прямой перегонки нефти.

**Термический крекинг** — расщепление крупных молекул на мелкие под действием высокой температуры (470-540°C) и давления (2,0-7,0МПа).

При этом сырьем для получения автомобильного бензина служат тяжелые фракции от лигроина до мазута. Выход легких фракций крекинг-бензина - 35-45%, крекинг-газа - 10-15%, крекинг-остатка - 50-55%. В крекинг-бензине содержится большое количество непредельных углеводородов, что вызывает его низкую химическую стабильность. Кроме того, этот бензин характеризуется невысоким октановым числом 66-68 единиц (по моторному методу). Поэтому на современных нефтеперерабатывающих предприятиях вместо установок термического крекинга используются установки каталитического крекинга.

**Каталитический крекинг** нефтепродуктов (соляровых и керосиновых фракций) проводят в присутствии катализаторов с получением повышенного выхода бензина высокого качества. В качестве катализаторов используют алюмосиликаты (10-30%  $Al_2O_3$ , 70-90%  $SiO_2$ , небольшое количество других окислов, например  $FeO_3$  и  $CaO$ ) с высокоразвитой адсорбирующей поверхностью. Каталитический крекинг протекает в более мягких условиях (температура 425-520°C, давление 0,035-0,35 МПа), при этом скорость процесса выше, чем у термического крекинга.

Параллельно с расщеплением крупных углеводородных молекул идут процессы полимеризации — соединения мелких молекул в новые структуры, перераспределения водорода с образованием ароматических углеводородов, изопарафинов и др.

Таким образом, каталитический крекинг позволяет не только увеличить выход бензина, но и повысить его стабильность (за счет значительного количества ароматических и изопарафиновых углеводородов). Октановое число такого бензина – 78-85 единиц (по моторному методу).

Процесс переработки нефтепродуктов, сочетающий крекинг и гидрирование (присоединение водорода), получил название гидрокрекинга. **Гидрокрекинг** проводится в среде водорода под давлением 5-15 МПа при температуре 360-440°C, обеспечивая превращение полициклических ароматических углеводородов в стабильные. При этом соединения серы, как и при гидроочистке, удаляются. Октановые числа бензиновых фракций гидрокрекинга - 85-88 единиц (по исследовательскому методу).

**Каталитический риформинг** позволяет из прямогонного бензина полу-

чить риформинг-бензин путем превращения нафтеновых углеводородов в ароматические. Это позволяет повысить октановое число до 85 единиц (по моторному методу). Каталитический риформинг протекает в среде водорода при температуре 500-540°C, давлении 1,5-4 МПа и в присутствии катализатора. В качестве катализатора промышленное применение получила платина на окиси алюминия, отчего такой процесс получил название **платформинга**. Платформинг, как более удобный и безопасный процесс, в значительной степени вытеснил **гидроформинг**.

Товарные сорта топлив получают смешением различных очищенных топливных дистиллятов с добавлением в них присадок, улучшающих одно или несколько эксплуатационных свойств топлива. Так, для повышения антидетонационных свойств бензинов в них добавляют алкилбензин, алкилбензол и др., которые получают путем **синтезирования** в присутствии катализаторов.

Алкилбензин получают из газов крекинга и риформинга. При **алкилировании** к молекулам углеводородов присоединяются алкильные радикалы. При **изомеризации** происходит перегруппировка атомов в молекуле, в результате чего образуются молекулы с изоструктурой, обеспечивающей требуемые свойства топлив. Сырьем при изомеризации служат легкие прямогонные бензиновые фракции.

Все получаемые сырые автомобильные нефтепродукты требуют обязательной очистки. Процесс очистки нефтяных топлив, как прямогонных, так и вторичного производства, называют **гидроочисткой**, которая проводится при температуре 380-420°C и давлении водорода 2,5-4,0 МПа в присутствии алюмокобальтмолибденовых или алюмоникельмолибденовых катализаторов. При этом гидрируются непредельные соединения в предельные, а соединения, содержащие кислород и серу, в воду и сероводород. Таким методом удается снизить содержание серы в топливе на 90-92%.

Для удаления углеводородов со сравнительно высокой температурой застывания используется **депарафинизация**. При производстве дизельных топлив зимних сортов распространение получила так называемая карбамидная депарафинизация. Этот метод основан на свойстве карбамида (мочевины) образовывать комплексные соединения с парафинами, которые достаточно просто отделяются от остальных углеводородов.

При производстве прямогонных дизельных топлив, получаемых из малосернистой нефти, для удаления кислородосодержащих соединений кислого характера используется **щелочная очистка**. Этот процесс заключается в добавлении щелочи в очищаемый нефтепродукт с последующим удалением водных растворов образующихся веществ совместно с остатками щелочи.

Как дистиллятные, так и остаточные масла в дальнейшем подвергают

очистке от органических кислот, сернистых соединений, смолисто-асфальтовых веществ и других нежелательных примесей. При этом используют селективную или контактную очистки, деасфальтизацию и депарафинизацию. На выбор способа очистки влияют качество исходного сырья и назначение вырабатываемого масла.

Сущность селективной очистки заключается в способности растворителей по-разному реагировать с углеводородами и нежелательными примесями. Существуют две разновидности селективной очистки: в первом случае углеводородный состав масел остается без изменения, а растворяются примеси; во втором случае извлекается основная часть масла, а примеси остаются.

При селективной очистке удаляются смолистые вещества и ароматические углеводороды полициклического строения, основной применяемый растворитель – фенол. При селективной очистке нежелательные примеси удаляются почти полностью при сравнительно небольшом расходе растворителя, что делает данный способ наиболее применимым.

Контактная (адсорбционная) доочистка проводится с целью удаления остатков растворителей и продуктов разложения, а также повышения стабильности масел. При этом нежелательные соединения адсорбируются на пористой поверхности отбеливающих земель.

Деасфальтизация – процесс удаления из гудрона асфальто-смолистых соединений и полициклических углеводородов с целью подготовки сырья к последующей селективной очистке. В качестве растворителя используют жидкий пропан. Нежелательные соединения переходят в экстракт, остаточное масло - в рафинат.

Депарафинизация - удаление наиболее высокоплавких (в основном парафиновых) углеводородов с целью снижения температуры застывания масел. Сущность процесса заключается в следующем: масло с растворителем охлаждают до определенной температуры. В результате жидкие углеводороды растворяются, а твердые выпадают в виде кристаллов, отделяемых при фильтрации.

Необходимого уровня вязкости базового минерального масла добиваются путем смешения очищенных дистиллятных и остаточных масел, которые получили название *компаундированных* масел.

В последние годы значительная часть базовых моторных масел получают методом гидрокрекинга, это улучшенные минеральные масла.

Полусинтетические масла - это смеси минеральных и синтетических масел. *Синтетические масла* получают способом синтеза определенных групп углеводородов с введением ряда соединений. Наиболее широкое распространение получили полисилоксановые, полиальфаолефиновые и эсте-

ровые масла, они представляют собой полимерные соединения.

Получение *пластичных смазок* заключается в нагреве (варке) и перемешивании двух основных компонентов: жидкой основы и загустителя, который придает смазке пластичность. В качестве основы обычно используют минеральное масло. Важной технологической особенностью приготовления смазок является соблюдение строго определенных условий нагрева и охлаждения, оказывающих существенное влияние на свойства получаемых смазок.

Схема переработки нефти во многом зависит от ее состава и месторождения, а также от технологического процесса используемого нефтеперерабатывающем заводе. Одна из возможных схем переработки нефти представлена на рисунке 1.3.

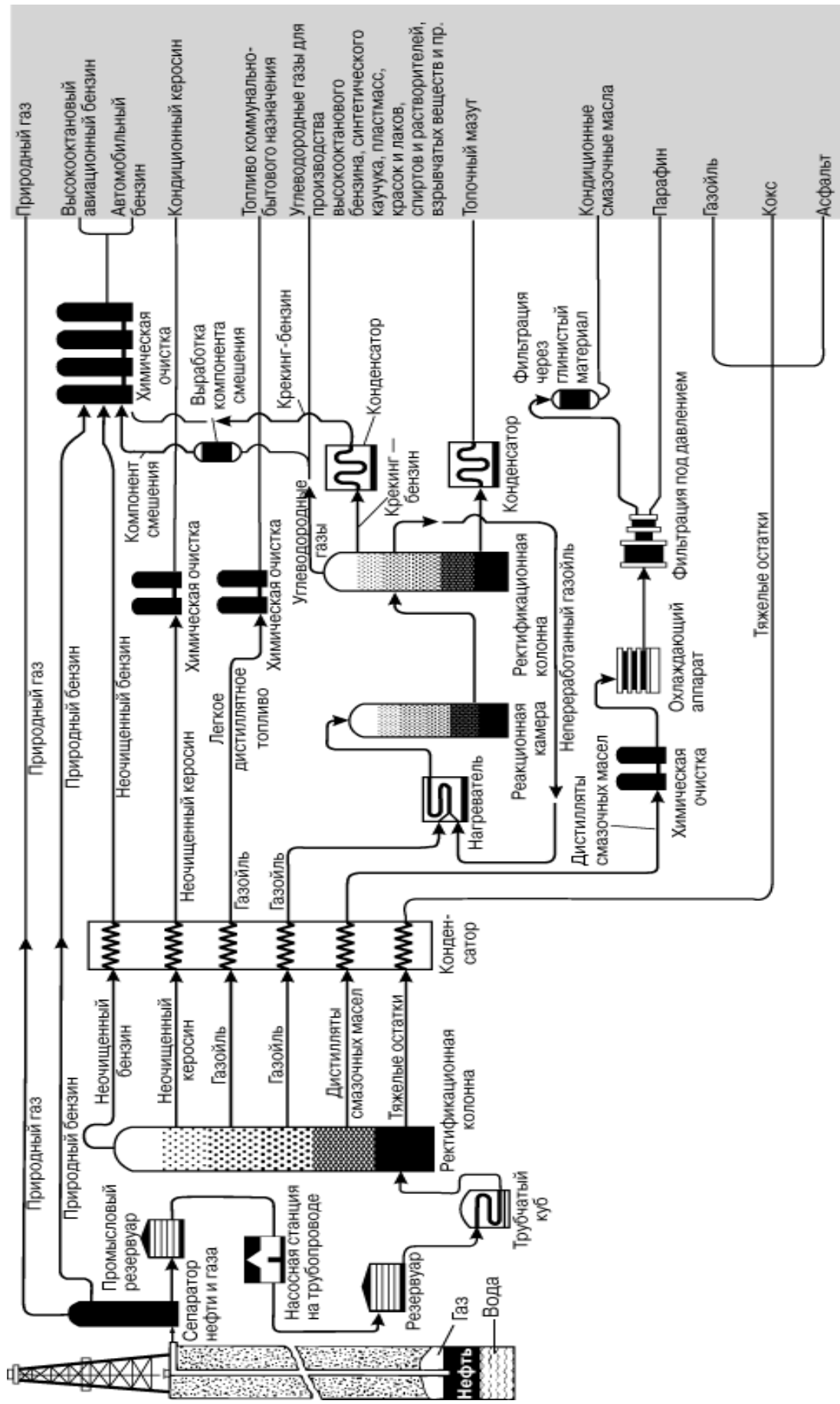


Рисунок 1.3 - Возможная схема переработки нефти

## 2 ТОПЛИВА

### 2.1 Общие сведения

Развиваемая двигателем мощность зависит от энергетических свойств топлива, которые характеризуются теплотой сгорания и зависят от элементарного состава топлива. Водород обладает наибольшей массовой теплотой сгорания - 121100 кДж/кг, углерод - 34100 кДж/кг. Поэтому углеводороды, богатые водородом (например, парафиновые), имеют большую массовую теплоту сгорания, чем углеводороды с меньшим содержанием водорода (например, ароматические) (таблица 2.1). Объемная же теплота сгорания возрастает от парафиновых к нафтеновым и ароматическим углеводородам в связи с увеличением их плотности.

Таблица 2.1 – Теплота сгорания углеводородов

Углеводороды	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Теплота сгорания,	
		массовая, кДж/кг	объемная, кДж/л
Парафиновые:			
метан	0,424	55496	23690
октан	0,7025	47800	33813
декан	0,7299	47464	34651
Нафтеновые:			
циклопентан	0,7454	46928	34986
циклогексан	0,7786	46626	36243
метилциклогексан	0,7694	46718	35908
Ароматические:			
бензол	0,879	42010	36872
толуол	0,867	42528	36704
изопропилбензол	0,8668	43576	37710

Различают высшую и низшую теплоту сгорания: за высшую теплоту сгорания  $H_v$  принимают всю теплоту, выделяющуюся при сгорании одного килограмма топлива, включая количество теплоты, которое выделяется при конденсировании паров воды, содержащейся в топливе и образовавшейся при сгорании содержащегося в топливе водорода. При определении низшей теплоты сгорания  $H_n$ , теплота, выделяющаяся при конденсации паров воды из продуктов сгорания, не учитывается. Для учебных целей теплоту сгорания можно определить по зависимости, предложенной Д.И. Менделеевым:

$$H_g = 33913C + 125600H - 10885(O - S), \quad (2.1)$$

$$H_n = 33913C + 102995H - 10885(O - S) - 2512W, \quad (2.2)$$

где  $H_g$  и  $H_n$  - соответственно высшая и низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$C, H, O, S, W$  - массовые доли углерода, водорода, кислорода, серы и воды в топливе, кг/кг.

Топлива разного углеводородного состава имеют различную теплоту сгорания, которая равна примерно 44000 кДж/кг для автомобильных бензинов, 42700 кДж/кг для дизельных топлив, 22000 кДж/кг для метанола, но при работе в ДВС подается не топливо, а его смесь с воздухом, топливно-воздушная смесь (ТВС), теплота сгорания которой зависит от количества подаваемого в цилиндры воздуха. В таблице 2.2 приведены данные низшей теплоты сгорания основных видов топлива и нормальной ТВС.

Таблица 2.2 - Параметры сгорания топлив

Вид топлива	Теплота сгорания		Количество воздуха (Лт), кг
	топлива, кДж/кг	ТВС, кДж/л	
Автомобильный бензин	43961	2780	14,9
Авиационный бензин	44380	2788	14,8
Дизельное топливо	42705	2767	14,4
Этиловый спирт	25958	2760	9,0
Метиловый спирт	22000	2760	6,5
Бензол	39356	2771	13,2

Процесс сгорания топлива представляет собой реакции окисления его компонентов. Атомный вес углерода  $C = 12$ , водорода  $H = 1$ , кислорода  $O = 16$ , серы  $S = 32$ . Для полного сгорания углерода кислорода требуется в 2,67 раза больше, так как на 12 частей углерода требуется 32 части кислорода ( $32/12=2,67$ ):



Рассуждая аналогично получаем, что для сгорания одной части водорода требуется 8 частей кислорода, а для сгорания серы - 1 часть кислорода:





Таким образом, количество кислорода, необходимое для полного сгорания одного килограмма топлива, определяется выражением:

$$Lm_{O_2} = 2,67C + 8H + S - O. \quad (2.6)$$

Так как при сгорании ТВС сгорает кислород воздуха, которого содержится в воздухе по весу 0,232 части (а остальное – инертный азот), количество воздуха  $Lm$  в горючей смеси, теоретически необходимое для полного сгорания 1 кг топлива, рассчитывают по формуле:

$$Lm = (2,67 C + 8H + S + O) / 0,232. \quad (2.7)$$

Для некоторых видов топлива эти значения приведены в таблице 2.2.

Отношение действительного количества воздуха к теоретическому называется коэффициентом избытка воздуха:

$$\alpha = Ld / Lm, \quad (2.8)$$

где  $\alpha$  - коэффициент избытка воздуха;

$Ld$  - действительное количество воздуха, участвовавшего в сгорании, кг;

$Lm$  - теоретически необходимое количество воздуха, кг.

При недостаточной подаче воздуха горение протекает медленно, температура невысокая, образуются продукты неполного сгорания, а отработавшие газы приобретают темный цвет. Если же подается количество воздуха намного выше теоретически необходимого, то много теплоты будет расходоваться на нагревание азота и избыточного кислорода. При этом температура снижается, скорость сгорания уменьшается, а это приводит к перерасходу топлива.

В реальных условиях очень тяжело замерять действительное количество воздуха, израсходованного для сгорания ТВС, но можно измерить состав отработавших газов и по нему определить коэффициент избытка воздуха.

Если в отработавших газах много кислорода, то это значит, что воздуха подается больше, чем требуется для сгорания ТВС,  $\alpha > 1$  – смесь бедная. Если обнаружены продукты неполного сгорания (СО), это означает, что кислорода для сгорания недостаточно,  $\alpha < 1$  – смесь богатая. После определения состава газов по эмпирическим формулам рассчитывают коэффициент избытка воздуха /1/.

При неполном сгорании:

$$\alpha = \frac{1}{1 - [3,76(O_2 - 0,5CO)] / N_2}. \quad (2.9)$$

При полном сгорании:

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3,76O_2 / N_2}. \quad (2.10)$$

Количество азота в отработавших газах определяют по формуле:

$$N_2 = 100 - (CO_2 + O_2 + CO), \quad (2.11)$$

где  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $N_2$  - содержание кислорода, двуокиси углерода, окиси углерода и азота в продуктах сгорания (в % по объему).

Исходя из вышесказанного, общие требования к современным автомобильным топливам можно разбить на четыре группы: 1) требования, связанные с работой двигателя; 2) требования эксплуатации; 3) требования, обусловленные необходимостью и возможностью массового производства; 4) экологические требования.

1) для эффективной работы двигателя применяемое топливо должно обеспечивать создание однородной топливно-воздушной смеси необходимого состава при любых температурах окружающего воздуха. Это требование регламентирует такие свойства и показатели топлива, как испаряемость, поверхностное натяжение, плотность, вязкость, теплоемкость, теплота испарения, содержание смол и некоторые другие. Топливо с оптимальными значениями этих показателей обеспечивает экономичность двигателя, хорошие пусковые качества при различных температурах, быстрый прогрев и высокую приемистость. Другим важнейшим требованием двигателя к топливу является необходимость обеспечения нормального сгорания ТВС на всех режимах работы с необходимыми мощностными, экономическими и экологическими показателями. Это требование регламентирует такие свойства топлива, как теплота сгорания, групповой углеводородный состав, содержание неуглеводородных примесей, стойкость к детонации и неуправляемому калильному зажиганию для бензинов и самовоспламеняемость для дизельных топлив и некоторые другие. Топлива с оптимальными значениями показателей этих свойств обеспечивают долговечность двигателя, высокую экономичность его работы, минимальную дымность и токсичность отработавших газов.

2) транспортирование, хранение и применение топлива непосредственно на автомобиле осуществляется в различных климатических условиях при окружающей температуре от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Поэтому состав топлива должен ис-

ключать возможность возникновения затруднений при транспортировании, хранении и подаче по системе питания двигателя в любых климатических условиях с возможно меньшими потерями и сохранением основных показателей качества, обеспечивающих нормальную работу двигателя. Эти требования эксплуатации регламентируют такие свойства топлива, как химическая стабильность при хранении, прокачиваемость, вязкостно-температурные характеристики, склонность к потерям от испарения, содержание механических примесей и воды, содержание коррозионно-агрессивных соединений и некоторые другие.

3) требования производства к топливам [2], как правило, ограничивают требования двигателя и эксплуатации на определенном оптимальном, с точки зрения экономической целесообразности, уровне, достижимом при использовании доступного сырья и современной технологии его переработки. При этом необходимо отметить, что основной тенденцией баланса этих требований является все возрастающее удовлетворение требований двигателя и эксплуатации за счет совершенствования существующих и создания новых процессов в нефтепереработке.

4) для ограничения загрязнения окружающей среды государственными органами разрабатываются и вводятся в действие весьма жесткие нормы по допустимому содержанию вредных веществ в атмосфере, воде и почве. Соблюдение этих норм во многом зависит от токсичных выбросов автомобилей, также жестко регламентируемых различными законодательными актами. Поэтому к топливам предъявляется ряд требований, направленных исключительно на уменьшение загрязнения окружающей среды. Этими экологическими требованиями дополнительно к требованиям двигателя и эксплуатации регламентируется допустимое содержание в топливах различных соединений, заметно влияющих на загрязнение атмосферы парами топлива и продуктами отработавших газов.

## **2.2 Автомобильные бензины**

Бензины - это сложная смесь легких ароматических, нафтеновых и парафиновых углеводородов и их производных с числом углеродных атомов от 5 до 10, средней молекулярной массой 110, выкипающая в пределах 35...200°C. Бензины (без специальных добавок) - легковоспламеняющиеся бесцветные или слегка желтые жидкости. Средний компонентный состав автомобильных бензинов представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Средние компонентные составы автомобильных бензинов

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

Исходя из требований обеспечения надежной работы двигателя и его высших энергетических, экологических и топливно-экономических показателей бензины должны удовлетворять некоторым основным требованиям:

- 1) должны обеспечивать безотказную работу ДВС на всех режимах (хорошие пусковые качества, обеспечение быстрого прогрева двигателя);
- 2) должны обеспечивать высокую приемистость ДВС, т.е. обеспечивать установленную динамику разгона автомобиля, двигатель должен развивать установленную мощность при минимальном расходе топлива, сгорание топливно-воздушной смеси должно происходить нормально, с минимальным образованием токсичных и канцерогенных веществ в отработавших газах;
- 3) должны иметь минимальную склонность к образованию нагаров и к калильному зажиганию, не должны влиять на износ деталей двигателя;
- 4) не должны образовывать коррозионно-агрессивные продукты сгорания;
- 5) качество бензина не должно заметно ухудшаться при транспортировке и хранении, бензин не должен вызывать повышенной опасности для людей, работающих с ним.

Соответствие бензина перечисленным выше технико-эксплуатационным требованиям зависит прежде всего от его физико-химических свойств, которые определяются рядом показателей.

Основные показатели физико-химических свойств бензинов должны соответствовать техническому регламенту, указываются в ГОСТах или ТУ на бензин данной марки, по каждому из показателей свойств бензина устанавливается количественное значение, методы определения которого также установлены ГОСТами.

К основным физико-химическим свойствам бензина относятся испаряемость и смесеобразование, воспламеняемость и скорость горения, термическая и химическая стабильность, коррозионность.

Испаряемость и смесеобразование - свойства, обеспечивающие безотказность работы двигателя, характеризующие способность бензина образовывать горючие смеси заданного состава при любых условиях эксплуатации.

Воспламеняемость и скорость горения влияют на мощностные и топливно-экономические показатели двигателя. Воспламеняемость и скорость горения заключаются в способности горючей смеси к воспламенению от искры без задержки и протеканию процесса горения с оптимальной скоростью (20...60 м/с).

Термическая и химическая стабильность характеризует сохранность бензина и заключается в минимальных образованиях вредных отложений в ДВС и топливных системах.

Коррозионность бензина влияет на процессы коррозии деталей ДВС, топливной аппаратуры, емкостей для хранения и транспортировки.

Формулы, приведенные в разделе 2.1, можно применять только для приближенных расчетов, а в состав товарных бензинов входят углеводороды, в которых соотношение углерода и водорода может значительно отличаться. Так, в 1 кг бутана ( $C_4H_{10}$ ) содержится 0,827 кг углерода и 0,173 кг водорода, тогда как в 1 кг бензола ( $C_6H_6$ ) содержится 0,923 кг углерода и только 0,077 кг водорода. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания бутана составляет 15,5 кг/кг, а для сгорания бензола - всего лишь 13,3 кг/кг (таблица 2.4).

Кроме того, в новые товарные бензины, вырабатываемые в нашей стране и за рубежом, добавляют кислородсодержащие соединения с целью снижения токсичности отработавших газов. Разрешено добавлять в бензины до 2,7% кислорода в составе любых кислородсодержащих соединений (спирты, эфиры и т.д.), при этом количество теоретически необходимого воздуха уменьшается еще примерно на 0,4...0,5 кг/кг бензина.

Таблица 2.4 – Основные параметры сгорания некоторых углеводородов и топлив

Углеводороды и топлива	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Лт, кг	Высшая теплота сгорания,	Низшая теплота сгорания,
			кДж/кг	кДж/кг
Бутан	0,579	15,48	45800,9	26514,3
Октан	0,703	15,15	44707,3	31429,2
Изооктан	0,692	15,15	44648,6	30897,1
Бензол	0,879	13,28	40529,9	35958,6
Метиловый спирт	0,791	6,5	19274	15247,4
Бензины:				
прямой перегонки	0,724	15,4	44414	32154,1
каталитического крекинга	0,7848	14,6	43659,8	32363,6
каталитического риформинга	0,7305	14,3	42989,4	32363,6
Б-70	0,738	15,0	43576	31814,7
А-76 зимний	0,6987	15,0	44497,8	32116,4
А-76 летний	0,7840	15,0	43995	32962,7
АИ-93 летний	0,7552	14,5	43198,9	35472,5
Керосин	0,822	15,0	43157	35472,54

Испаряемость и качество смесеобразования в ДВС в первую очередь зависят от давления насыщенных паров, фракционного состава и удельной теплоты испарения. Давлением насыщенных паров  $P_{\text{нп}}$  называется давление, развиваемое парами бензина, находящимися в равновесии с жидким бензином, при условии равенства температур обеих фаз. Давление насыщенных паров зависит от состава бензина, температуры и соотношения паровой и жидкой фазы. Чем выше давление насыщенных паров, тем интенсивнее испаряется топливо.

Давление насыщенных паров позволяет судить:

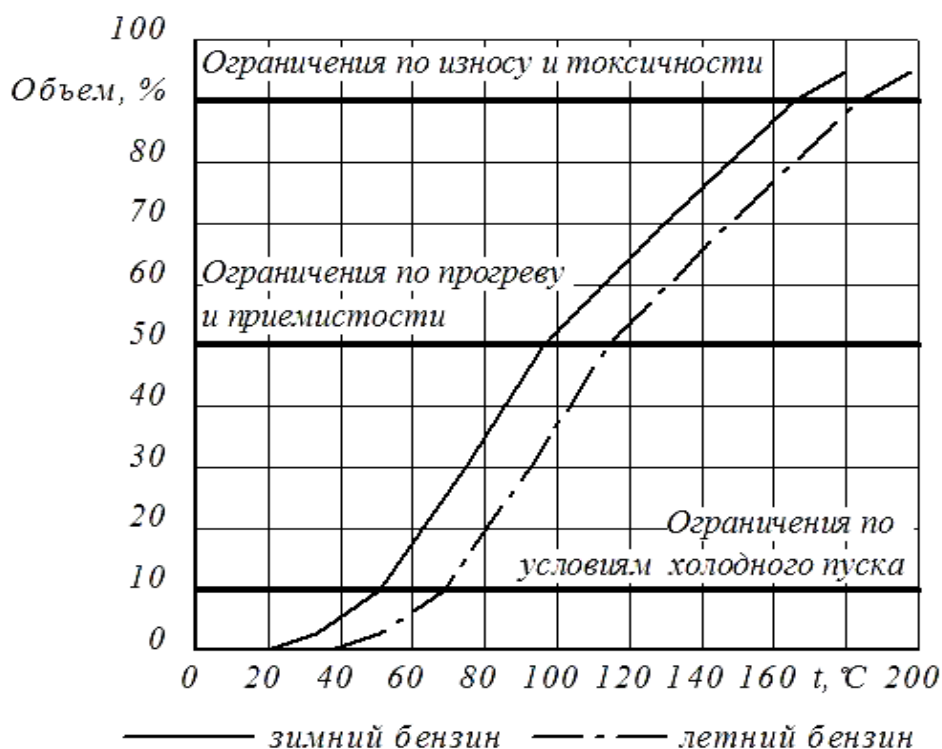
- 1) о наличии в бензине легкоиспаряющихся фракций, способных образовывать паровые пробки; чем выше  $P_{\text{нп}}$  бензина, тем больше опасность образования паровых пробок при работе ДВС;
- 2) о пусковых свойствах; чем выше  $P_{\text{нп}}$ , тем лучше пусковые свойства бензина, тем быстрее может быть произведен пуск и прогрев ДВС;
- 3) о возможных потерях от испарения при хранении; чем выше  $P_{\text{нп}}$  бензина, тем больше потери бензина от испарения при хранении.

Паровые пробки - это пары бензина, образовавшиеся в системе питания двигателя. Наиболее опасно образование паровых пробок в трубопроводах, подводящих бензин к насосу, и в нагнетающих полостях насоса. Паровые пробки разрывают струю бензина, в связи с чем подача бензина к двигателю или уменьшается, или полностью прекращается.

Таким образом, с одной стороны, высокое давление насыщенных паров бензина вредно, так как ведет к образованию паровых пробок и повышенным потерям при хранении, а с другой стороны, полезно, поскольку от него зависит легкость пуска и быстрый прогрев двигателя. Давление насыщенных паров регламентировано: для летних бензинов не более 45-80 кПа, а для зимних - в пределах 50-100 кПа.

Удельной теплотой испарения (парообразования) называется количество теплоты, необходимое для превращения одного килограмма жидкости в пар при данной температуре. Эта теплота отнимается от топлива и воздуха, в результате чего температура ТВС снижается, испарение замедляется и качество испарения ухудшается. Удельная теплота испарения бензина 234...270 кДж/кг, что сравнительно немного.

Параметры фракционного состава, температура начала перегонки и температура перегонки 10% бензина характеризуют наличие в бензине легких фракций (рисунок 2.1) и позволяют судить о его пусковых свойствах и способности образовывать паровые пробки.



**Рисунок 2.1 – Кривые фракционного состава автомобильных бензинов**

Вообще говоря, нет таких бензинов, которые не образовывали бы паровых пробок. Дело в том, что их образование зависит не только от качества бензина, но также от конструкции системы питания и условий эксплуатации. Паровые пробки часто возникают летом в жаркую погоду при движении автомобиля в

городе на пониженных скоростях, когда в подкапотном пространстве значительно возрастает температура. При эксплуатации автомобиля в горах понижение атмосферного давления приводит к понижению температуры кипения углеводородов бензина, что также вызывает повышенное образование паровых пробок, особенно часто паровые пробки образуются при работе летом на зимних бензинах.

Основную часть топлива составляют так называемые рабочие фракции (по кривой разгонки от 10 до 90%). От испаряемости рабочей фракции зависит образование горючей смеси при разных режимах работы ДВС, продолжительность прогрева, приемистость. Рабочую фракцию нормируют температурой выкипания 50% топлива. Чем она ниже, тем однороднее состав топлива и ТВС по отдельным цилиндрам, устойчивее работа ДВС, лучше приемистость.

Полнота испарения бензина в ДВС определяется температурами перегонки 90% топлива и конца перегонки. Эти температуры характеризуют наличие в бензине тяжелых, трудноиспаряемых фракций, которые обуславливают интенсивность и полноту сгорания ТВС, мощность, расход топлива, а также интенсивность износа ДВС. Чем ниже эти температуры, тем лучше полная испаряемость бензина, поступающего в цилиндры. Высокие  $t_{90\%}$  и  $t_{кк}$  приводят к смыванию масляной пленки со стенок цилиндра и разжижению моторного масла, а это является причиной повышенного износа цилиндро-поршневой группы.

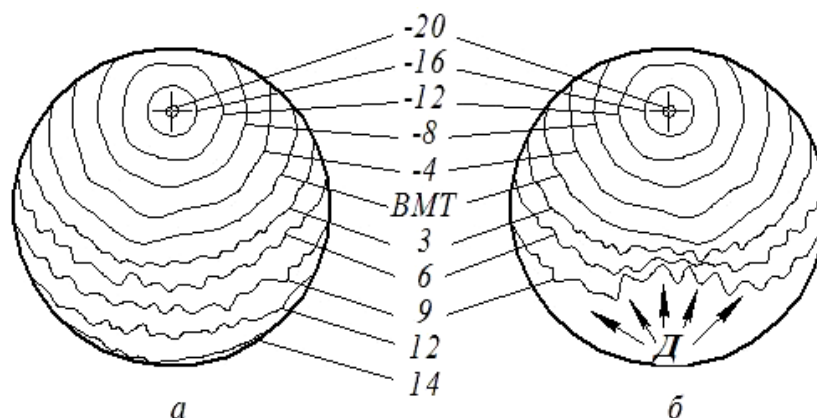
Развиваемая двигателем мощность и расход топлива в существенной мере зависят от характера сгорания ТВС, скорости сгорания, полноты сгорания, начала и конца сгорания. В карбюраторных ДВС различают три вида сгорания ТВС: нормальное, детонационное сгорание и неуправляемое воспламенение (калильное зажигание).

Перед началом сгорания ТВС сжимается до 1,1...1,6 МПа и нагревается теплом сжатия до температуры 350...380<sup>0</sup>С. В конце хода сжатия с некоторым опережением смесь воспламеняется от электрической искры. Хотя время сгорания ТВС очень мало - тысячные доли секунды (длительность основной фазы сгорания составляет 25...30 градусов поворота коленчатого вала ДВС, при 2000 мин<sup>-1</sup> это соответствует времени 0,0025с), но все же оно сгорает постепенно, по мере продвижения фронта пламени по камере сгорания (рисунок 2.2 а). Фронт пламени называется тонкий слой газа, в котором протекает реакция горения. При нормальном горении фронт пламени распространяется со скоростью 20...60 м/с. При этом давление плавно возрастает до величины 3...5 МПа [3].

Детонацией называют особый ненормальный вид сгорания топлива в двигателе. При детонационном сгорании только часть рабочей смеси после воспламенения от искры сгорает нормально. Последняя порция топливного заряда (до 15...20%), находящаяся перед фронтом пламени, мгновенно самовоспламе-



няется (рисунок 2.2б), в результате скорость распространения пламени возрастает до 1500...2500 м/с [1], а давление нарастает не плавно, а резкими скачками. Этот резкий перепад давления создает ударную детонационную волну. Удар такой волны о стенки цилиндров и ее многократное отражение от них приводит к вибрации и вызывает характерный металлический стук, являющийся главным внешним признаком детонационного сгорания.



**Рисунок 2.2 – Распространение фронта пламени в цилиндре двигателя при нормальном (а) и детонационном (б) сгорании**

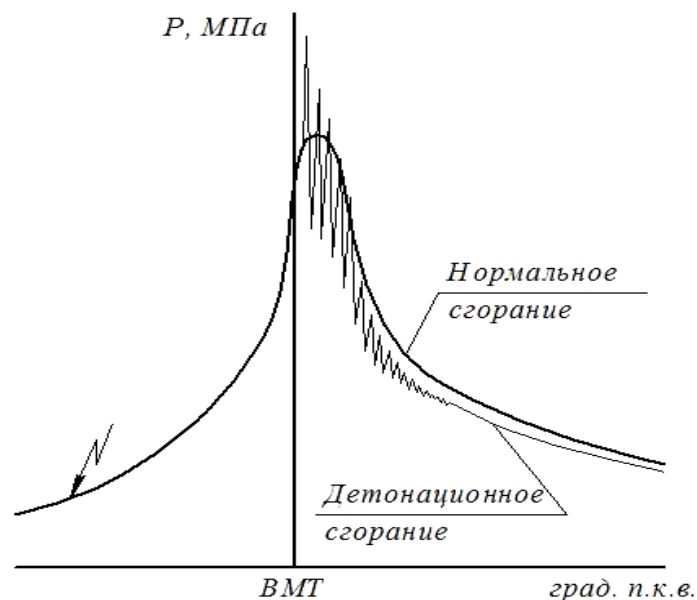
Вред детонации велик. **Во-первых**, снижается эффективность работы двигателя: топливо сгорает не полностью, падает мощность. **Во-вторых**, детонация способствует разрушению деталей двигателя. Ведь ударные волны не только ударяются о стенки цилиндра, поршень, головку блока, но они срывают слой масляной пленки с этих деталей, заставляя их работать всухую и вызывая повышенный износ двигателя. Особенно этот эффект вреден при использовании синтетических масел, так как они обладают повышенной текучестью и срываются с поверхностей деталей гораздо легче, чем минеральные масла. **А в-третьих**, при работе двигателя с детонацией увеличивается токсичность отработавших газов. При неполном сгорании бензина в отработавших газах намного большая концентрация частичек несгоревшего топлива (углеводороды СН), окись углерода (СО) и окислы азота (NOx), а еще соли металлов (свинца, железа, марганца), полиароматические соединения, кетон-альдегиды и другие вещества.

При детонации повышается удельный расход топлива, работа ДВС становится жесткой и неровной. Кроме того, детонация вызывает прогорание и коробление поршней и клапанов, перегрев и выход из строя свечей и другие неисправности, резко повышается износ всех деталей цилиндро-поршневой группы двигателя.

Причиной детонационного сгорания является образование неустойчивых перекисных соединений при окислении углеводородов топлива. Эти реакции

достаточно сложны, протекают по радикально цепному механизму и в большой степени зависят от температуры и давления в цилиндре ДВС.

На рисунке 2.3 приведены индикаторные диаграммы основных видов сгорания в карбюраторном двигателе.



**Рисунок 2.3 – Индикаторные диаграммы нормального и детонационного сгорания**

При калильном зажигании часть ТВС воспламеняется не от искры свечи, а от перегретых деталей: выпускных клапанов, перегретых элементов свечей и др., а также от раскаленных частиц нагара на стенках и головке цилиндра. Самовоспламенение может происходить до и после воспламенения ТВС искрой. Калильное зажигание снижает мощность двигателя, увеличивает расход топлива, приводит к повышенным износам ДВС, а иногда и к его поломке.

Калильное зажигание можно разделить на преждевременное воспламенение и последующее калильное зажигание.

При преждевременном воспламенении сильно нагретые детали в камере сгорания (центральные электроды свечи, изоляторы свечей, тарелки выпускных клапанов), если их температура превышает  $500^{\circ}\text{C}$ , могут вызвать преждевременное воспламенение ТВС, так называемое калильное зажигание до момента подачи искры.

Преждевременное зажигание нарушает сгорание в двигателе, вызывает очень резкое повышение теплоотдачи в стенки, так как уже успевшие сгореть газы дополнительно сжимаются поршнем, и время контакта горячих газов с деталями ДВС сильно увеличивается. Это приводит к быстрому самоусилению калильного зажигания, в результате чего могут даже прогореть поршни. Дан-

ный вид сгорания очень тяжело определить на слух, так как он проявляется очень глухим стуком. Наиболее часто причиной такого сгорания является неправильный подбор свечей зажигания.

Последующее калильное зажигание чаще проявляется в ДВС с высокими степенями сжатия, при работе на бензинах с антидетонаторами, приводящей к повышенному нагарообразованию. В этом случае в несгоревшей части заряда могут возникать очаги калильного воспламенения уже после того, как началось распространение фронта пламени от искры свечи. Источником такого воспламенения являются оторвавшиеся от стенок и взвешенные в рабочем заряде раскаленные частицы нагара. От таких частиц начинают распространяться дополнительные фронты пламени и скорость сгорания в конце основной фазы резко возрастает.

Подобное нарушение сгорания в ДВС получило за рубежом название «RAMBL» (рокот, грохот), оно характерно для автомобилей с ДВС большого рабочего объема и мощности, в условиях городского режима движения, так как они в этом режиме работают длительное время на очень малых нагрузках. При этом ухудшается процесс сгорания и увеличивается нагарообразование.

Иногда к калильному зажиганию относят также воспламенение от сжатия при выключенном зажигании. Подобное воспламенение наиболее часто встречается в современных ДВС и выражается в том, что двигатель в течении некоторого времени (иногда очень длительного) продолжает работать на холостом ходу после выключения зажигания. При достаточно высокой степени сжатия ( $\epsilon > 8$ ), при проворачивании коленчатого вала нормально прогретого двигателя с прикрытой дроссельной заслонкой (соответствующей режиму холостого хода) температура ТВС в конце процесса сжатия достигает значений, достаточных для того, чтобы успело произойти самовоспламенение смеси при низкой частоте вращения коленчатого вала. Более часто этот эффект проявляется в жаркое время года. Строго говоря, это явление нельзя относить к калильному воспламенению. Калильное зажигание очень опасно само по себе, но кроме того, калильное зажигание часто провоцирует детонационное сгорание и наоборот.

Детонационная стойкость бензина оценивается октановым числом (ОЧ), указанным в стандартах и ТУ в числе важнейших физических показателей. Показатель октанового числа входит в марку бензина и определяется двумя методами: моторным (ОЧМ) и исследовательским (ОЧИ). Октановое число бензина устанавливается методом его сравнения с эталонным топливом на специальной стандартной, одноцилиндровой установке с переменной степенью сжатия.

Октановым числом называется условная единица измерения детонационной стойкости, численно равная процентному (по объему) содержанию изооктана (2,2,4 -триметилпентана)  $C_8H_{18}$  в его смеси с нормальным гептаном  $C_7H_{16}$ ,

эквивалентной по детонационной стойкости испытываемому топливу, при стандартных условиях испытания.

Одним из путей повышения детонационной стойкости бензинов является применение антидетонаторов. Это вещества, которые добавляют к бензинам в количестве не более 0,5% с целью значительного улучшения антидетонационных свойств. Наибольшее распространены в недавнем прошлом в нашей стране были свинцовые антидетонаторы: тетраэтилсвинец ТЭС (P1 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>) и тетраметилсвинец ТМС (P1 (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>), которые входили в состав этиловых жидкостей. Бензины с добавкой этиловых жидкостей получили название этилированных.

Наиболее существенным недостатком этилированных бензинов является их токсичность. Этиловая жидкость так же, как и чистый ТЭС, является стойким, сильнодействующим ядом.

Основное количество автомобильных бензинов в ведущих странах вырабатывается в неэтилированном виде. Все законодательные инициативы, жестко регламентирующие экологические показатели качества топлив, в итоге направлены на снижение токсичности отработанных газов транспортных средств.

Поэтому в Европейском Союзе, США и других развитых странах приняты жесткие нормы по токсичности ОГ автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями, регламентирующие содержание окиси углерода, двуокиси серы, оксидов азота и углеводородов. В Европейском Союзе действуют нормы токсичности ЕВРО относительно бензинов EN 228. С 2005 г. в ЕС действуют нормы токсичности Евро-4 (таблица 2.5), а в настоящее время Евро-5. Это означает, что автомобили, продаваемые в странах ЕС, должны соответствовать этим нормам, естественно, при применении соответствующего топлива, экологические показатели которого также регламентированы соответствующим отдельным стандартом.

Таблица 2.5 – Требования к автомобильным бензинам по EN 228

Показатели	Евро-3	Евро-4	Евро-5
Содержание бензола, % мас., max	1,00	1,00	1,00
Содержание серы, не более, ppm	150	30	10
Содержание ароматич. углеводородов, % об. не более	42	35	35
Содержание олефиновых углеводородов, % об. не более	18	14	14
Содержание кислорода, % мас. не более	2,7	2,7	2,7
Наличие моющих присадок	обязательно	обязательно	обязательно

По этому же пути, очевидно, с определенным запаздыванием движется и Россия. В декабре 2002 года принят закон «Об ограничении оборота этилированного бензина в Российской Федерации». Это продиктовано в основном заботой о защите окружающей среды. Во-первых, с целью снижения в атмосфере токсичных продуктов сгорания свинцовых антидетонаторов. Во-вторых, давно уже введены нормы на содержание окиси углерода в отработавших газах, и они постоянно ужесточаются. Эти нормы могут быть соблюдены только при установке на автомобилях нейтрализаторов, дожигателей и катализаторов. Наиболее эффективным катализатором оказалась сложная смесь химических соединений, содержащая платину и некоторые другие элементы. Но продукты сгорания свинца отрицательно влияют на катализатор, резко сокращая срок его службы. Все попытки найти катализатор, нечувствительный к продуктам сгорания свинца, пока положительных результатов не дали. Поэтому переход на неэтилированные бензины рассматривается как кардинальный способ снижения токсичности отработавших газов.

В России продолжают реализовываться бензины, произведенные в соответствии с пока еще действующим ГОСТ 2084-77 с изменениями, учитывающими необходимость улучшения экологических свойств [4].

Таблица 2.6 – Требования к качеству автомобильных бензинов, вырабатываемых по ГОСТ 2084-77

Показатели	А-72		А-76		АИ-93		АИ-95
	неэтил	неэтил	неэтил	этил.	неэтил	этил.	неэтил
Октановое число, не менее: ОЧМ	72	76	76	76	85	85	85
ОЧИ	не нормируется			93	93	95	95
Массовая концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более	0,013	0,013	0,17	0,17	0,013	0,37	0,013
Фракционный состав, °С: t <sub>нк</sub> , не ниже*	35/(не норм.)	35/(не норм.)	35/(не норм.)	35/(не норм.)	35/(не норм.)	35/(не норм.)	35/(не норм.)
t <sub>10</sub> , не выше	70/(55)	70/(55)	70/(55)	70/(55)	70/(55)	70/(55)	70/(55)
t <sub>50</sub> , не выше	<u>115</u> (100)	<u>115</u> (100)	<u>115</u> (100)	<u>115</u> (100)	<u>115</u> (100)	<u>115</u> (100)	<u>120</u> (100)
t <sub>90</sub> , не выше	<u>180</u> (160)	<u>180</u> (160)	<u>180</u> (160)	<u>180</u> (160)	<u>180</u> (160)	<u>180</u> (160)	<u>180</u> (160)
t <sub>кк</sub> , не выше,	<u>195</u> (185)	<u>195</u> (185)	<u>195</u> (185)	<u>195</u> (185)	<u>205</u> (195)	<u>195</u> (185)	<u>205</u> (195)
Концентрация фактических смол, ** мг/100см <sup>3</sup> не более	<u>5</u> (10)	<u>3</u> (8)	<u>5</u> (10)	<u>5</u> (10)	<u>Отс.</u> (5)	<u>5</u> (7)	<u>5</u> (5)
Индукционный период, мин, не менее	600	1200	900	900	1200	900	900
Массовая доля серы, %, не более	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
* в числителе значение для летнего бензина, в знаменателе – для зимнего;							
** в числителе значение на месте производства, в знаменателе – на месте потребления							

Кроме бензинов, вырабатываемых по ГОСТ 2084-77, многие российские нефтеперерабатывающие заводы выпускают неэтилированный бензин АИ-91, а также «экспортные» бензины марок А-80, А-92, А-96, этилированные и неэтилированные, по соответствующим техническим условиям. Требования к бензинам этих марок приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Основные требования к качеству автомобильных бензинов, выпускаемых в РФ по техническим условиям

Показатели	АИ-91 неэтилированный ТУ-38.101/225-89		Бензины экспортные. ТУ 38.001/65 - 87		
	летний	зимний	А - 80	А - 92	А - 96
Марка бензина	летний	зимний	А - 80	А - 92	А - 96
Октановое число, не менее:					
ОЧИ	91	91	80	92	96
ОЧМ	82,5	82,5	76	82	85
Масса свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более:					
этилированный бензин	-	-	0,15	0,15	0,15
неэтилированный	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Фракционный состав, °С; t <sub>нк</sub> , не ниже	35	не нормир.	35	35	35
t <sub>10</sub> , не выше	70	55	70	70	70
t <sub>50</sub> , не выше	115	100	115	115	115
t <sub>90</sub> , не выше	180	160	180	180	180
t <sub>кк</sub> , не выше	205	195	205	205	205
Давление насыщенных паров, мм рт.ст.	не более 500	500-700	не более 600	не более 600	не бо- лее 600
Концентрация фактических смола, мг/100см <sup>3</sup> , не более	5/(10)*	5/(10)	5	5	5
Индукционный период, мин, не менее	900	900	600	600	600
Массовая доля серы, %, не более	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05
меркаптановой серы, %, не более	-	-	0,001	0,001	0,001
* в числителе данные на месте производства, в знаменателе - на месте потребления					

Бензины по ТУ 38.001.165-87 более правильно называть АИ-80, АИ-92 и АИ- 96, так как число в марке соответствует октановому числу по исследовательскому методу (ОЧИ), однако в нормативной документации они приведены именно так, как в таблице 2.7.

С 2005 г. РФ перешла на выпуск автомобилей, соответствующих нормам Евро ГОСТ Р 51105-97, ГОСТ Р 51313-99 и ГОСТ Р 51866-2002 (таблицы 2.8 –

2.12). Требования к бензинам по ГОСТ Р 51105-97 соответствуют нормам Евро-2, а требования к бензинам по ГОСТ Р 51866-2002 соответствуют нормам Евро-3.

Таблица 2.8 - Физико-химические и эксплуатационные показатели автомобильных бензинов по ГОСТ Р 51105-97

Наименование показателя	Значение для марки				
	Нормаль-80	Регуляр-91	Регуляр-92	Премиум-95	Супер-98
1	2	3	4	5	6
1 Октановое число, не менее:					
по моторному методу	76,0	82,5	83,0	85,0	88,0
по исследовательскому методу	80,0	91,0	92,0	95,0	98,0
2 Концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более	Отсутствие				
3 Концентрация марганца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	Отсутствие				
4 Концентрация фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	5,0				
5 Индукционный период бензола, мин, не менее	360				
6 Массовая доля серы, %, не более	0,05				
7 Объемная доля бензола, %, не более	5				
8 Испытание на медной пластинке	Выдерживает класс I				
9 Внешний вид	Чистый Прозрачный				
10 Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	700-750	725-780	725-780	725-780	725-780
11 Концентрация железа, г/дм <sup>3</sup> , не более	Отсутствие				
<b>Примечание:</b> За отсутствие свинца принимают концентрацию менее 2,5 мг/дм <sup>3</sup> , за отсутствие железа 0,01 г/дм <sup>3</sup>					

Таблица 2.9 – Испаряемость бензина (ГОСТ Р 51105-97)

Наименование показателя	Значение для класса				
1					
1 Давление насыщенных паров бензина, кПа					
мин.	35	45	55	60	80
макс.	70	80	90	95	100
2 Фракционный состав:					
температура начала перегонки, °С, не ниже	35	35	Не нормируется		
пределы перегонки, °С, не выше:					
10 %	75	70	65	60	55

Продолжение таблицы 2.9

50 %	120	115	110	105	100
90 %	190	185	180	170	160
конец кипения, °С, не выше	215				
доля остатка в колбе, %, (по объему)	2				
остаток и потери, % (по объему)	4				
или объем испарившегося бензина, %, при температуре:	Выдерживает класс I				
70 °С мин.	10	15	15	15	15
макс.	45	45	47	50	50
100 °С мин.	35	40	40	40	40
макс.	65	70	70	70	70
180 °С, не менее	85	85	85	85	85
доля остатка в колбе, %, (по объему)	2				
конец кипения, °С, не выше	215				
остаток в колбе, % (по объему), не более	2				
3 Индекс испаряемости, не более	900	1000	1100	1200	1300

Таблица 2.10 – Общие технические требования к автомобильным бензинам (ГОСТ Р 51313-99)

Наименование показателя	I	II	III	IV
1 Детонационная стойкость:				
Октановое число по исследовательскому методу, не менее	80	91	95	98
или октановое число по моторному методу, не менее	76	82,5	85	88
2 Концентрация свинца, г/дм <sup>3</sup> , не более, для бензина				
неэтилированного	0,013	0,013	0,013	0,013
этилированного	0,17	-	-	-
3 Давление насыщенных паров бензина, кПа	35-100	35-100	35-100	35-100
4 Фракционный состав:				
90% бензина перегоняется при температуре, °С не выше	190	190	190	190
конец кипения бензина, °С не выше	215	215	215	215
остаток в колбе,	1,5	1,5	1,5	1,5
Массовая доля серы, % не более	0,1	0,05	0,05	0,05
Объемная доля бензола, % не более	5	5	5	5



Таблица 2.11 – Классы испаряемости бензинов (ГОСТ Р 51866—2002)

Наименование показателя	Значение для класса					
	А	В	С и С1	Д и D1	Е и E1	F и F1
1 Давление насыщенных паров (ДНП), кПа:						
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
2 Фракционный состав:						
- объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре:						
70 °С (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
100 °С (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 °С (И150), не менее	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0
- конец кипения, °С, не выше	210	210	210	210	210	210
- остаток в колбе, % (по объему), не более	2	2	2	2	2	2
3 Максимальный индекс паровой пробки* (ИПП)	А	В	С1	D1	E1	F1
ИПП= 10ДНП + 7 (И70)	-	-	1050	1150	1200	1250
* Для бензинов классов А, В, С, D, Е и F индекс паровой пробки не нормируется						

Таблица 2.12 – Требования к бензинам марок Премиум Евро-95 и Супер Евро-98 (ГОСТ Р 51866—2002)

Наименование показателя	Значение	
	Премиум Евро-95	Супер Евро-98
1 Октановое число, не менее:		
- по исследовательскому методу	95,0	98,0
- по моторному методу	85,0	88,0
2 Концентрация свинца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	Отсутствие	
3 Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	720-775	
4 Концентрация серы, мг/кг, не более		
вид I	150	
вид II	50	
вид III	10	
5 Устойчивость к окислению, мин, не менее	360	
6 Концентрация смол, промытых растворителем, мг на 100 см <sup>3</sup> бензина, не более	5	
7 Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), единицы по шкале	Класс 1	

Продолжение таблицы 2.12

8 Внешний вид	Прозрачный и чистый
9 Объемная доля углеводородов, %, не более:	
- олефиновых	18
- ароматических	
<i>вид I</i>	42,0
<i>вид II</i>	35,0
<i>вид III</i>	35,0
10 Объемная доля бензола, %, не более	1,0
11 Массовая доля кислорода, %, не более	2,7
12 Объемная доля оксигенатов, %, не более:	
- метанола	Отсутствие
- этанола	5
- изопропилового спирта	10
- изобутилового спирта	10
- третбутилового спирта	7
- эфиров (C <sub>5</sub> и выше)	15
- других оксигенатов	10
<b>Примечание.</b> 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.	

27 февраля 2008 года в нашей стране Постановлением правительства №118 был принят технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», который действует в настоящее время с изменениями, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2008 г. № 1076 и от 7 сентября 2011 г. № 748. Согласно закону о техническом регулировании, именно технический регламент является основным документом, регулирующим вопросы производства и реализации топлив. Поэтому все стандарты и технические условия, в соответствии с которыми выпускается автомобильный бензин, должны соответствовать данному техническому регламенту.

Принятие данного технического регламента напрямую связано с принятием правительством РФ в октябре 2005 года технического регламента «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории РФ, вредных (загрязняющих) веществ», в соответствии с которым с 1 января 2008 года запрещены производство и ввоз в Россию автомобилей с двигателями нормой ниже Евро-3. С 1 января 2010 года - Евро-4, а с 1 января 2014 года – Евро-5.

Для автомобильных бензинов нормируются требования к показателям, влияющим на экологию (соответствуют действующим и перспективным европейским нормам (таблица 2.13)). Регламентированы содержание свинца, серы, бензола, ароматических и олефиновых углеводородов, детонационная стойкость. При этом ассортимент и качество выпускаемых топлив должны обеспечивать надежную эксплуатацию всех имеющихся в стране транспортных средств. Парк российских легковых автомобилей сейчас составляет около 25 млн единиц, и их количество ежегодно увеличивается почти на 1 млн. При этом наблюдается постоянный рост доли современных импортных автомобилей, удовлетворяющих требованиям Евро-3 и Евро-4, оснащенных системами нейтрализации отработанных газов, электронного управления двигателем, системой бортовой технической диагностики.

В соответствии с техническим регламентом автомобильный бензин не должен содержать металлосодержащие присадки, он может содержать красители (кроме зеленого и голубого цвета) и вещества-метки, моющие присадки, не ухудшающие его показатели и свойства.

Выпуск в оборот автомобильных бензинов 2 класса допускается до 31 декабря 2012 года, 3 класса - до 31 декабря 2014 года, 4 класса - до 31 декабря 2015 года, срок выпусков бензинов 5 класса не ограничен.

Однако производство экологически чистых бензинов приводит к значительному повышению их стоимости.

Основные пути совершенствования качества бензинов:

- введение ароматических углеводородов и кислородсодержащих компонентов, добавка которых позволяет снизить выбросы оксида углерода и повысить детонационную стойкость бензинов;
- оптимизация давления насыщенных паров, что позволит снизить загрязнение атмосферы испарениями бензинов;
- оптимизация химического состава бензинов, в частности снижение количества ароматических углеводородов и особенно бензола;
- ограничение содержания в бензинах непредельных углеводородов;
- снижение в бензинах содержания серы до 0,03%;
- переход к полному запрещению использования этилированных бензинов. Естественно, все эти и некоторые другие мероприятия требуют значительных капиталовложений.

Таблица 2.13 – Требования к характеристикам автомобильного бензина

Характеристики автомобильного бензина	Нормы в отношении			
	класса 2	класса 3	класса 4	класса 5
1	2	3	4	5
Массовая доля серы, мг/кг, не более	500	150	50	10
Объемная доля бензола, %, не более	5	1	1	1
Концентрация железа, мг/дм <sup>3</sup> , не более	отсутствие			
Концентрация марганца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	отсутствие			
Концентрация свинца, мг/дм <sup>3</sup> , не более	отсутствие			
Массовая доля кислорода, %, не более	-	2,7	2,7	2,7
Объемная доля углеводородов, %, не более:				
ароматических	-	42	35	35
олефиновых	-	18	18	18
Давление паров, кПа, не более:				
в летний период	-	45 - 80	45 - 80	45 - 80
в зимний период	-	50 - 100	50 - 100	50 - 100
Объемная доля оксигенатов, %, не более:				
метанола	-	отсутствие		
этанола	-	5	5	5
изопропанола	-	10	10	10
третбутанола	-	7	7	7
изобутанола	-	10	10	10
эфиров, содержащих 5 или более атомов углерода в молекуле	-	15	15	15
других оксигенатов (температура конца кипения не выше 210 °С)	-	10	10	10
Объемная доля монометиланилина, %, не более:	1,3	1	1	отсутствие

Ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилолы) обладают высокой детонационной стойкостью и применяются как высокооктановые компоненты бензинов. Однако повышенное содержание в бензинах бензола влияет, прежде всего, на экологическую безопасность (как потенциальный источник канцерогенного бенз-а-пирена), а высокое содержание более высококипящих ароматических углеводородов чревато повышенным нагарообразованием в камерах сгорания и на клапанах двигателей, что ухудшает такие их эксплуатационные показатели, как КПД, мощность, экономические и экологические характеристики.

Поэтому в бензинах классов 3, 4 и 5 объемная доля бензола ограничена (не более одного процента), а доля ароматических углеводородов в бензинах 4 и 5 классов не должна превышать 35%.

Антидетонаторы на основе металлов (свинец, марганец и железо) также негативно влияют на экологические параметры бензина и отработавших газов бензиновых двигателей, технический регламент требует их отсутствия. Следует учитывать что 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>. Кроме экологической опасности, некоторые антидетонаторы на основе железа (ферроцены) отрицательно влияют на ресурс свечей зажигания.

В настоящее время в качестве антидетонаторов все более широко используются оксигенаты (кислородсодержащие соединения), в частности метилтретбутиловый эфир (МТБЭ) и монометиланилин (ММА). МТБЭ имеет очень высокое собственное октановое число (выше 110 единиц) и полезен для двигателя: содержащийся в нем кислород обеспечивает полноту сгорания и тем самым снижает выбросы СО и СН. Но повышенное содержание МТБЭ ведет к падению мощности и росту выбросов окислов азота (NO<sub>x</sub>). Кроме того, бензин с повышенной концентрацией МТБЭ агрессивен к уплотнениям топливной системы и ускоряет процесс коррозии. Согласно российским нормам доля МТБЭ в бензине не должна превышать 15%.

Монометиланилин малой концентрации безвреден для мотора, но более высокое его содержание приводит к повышенному образованию нагара, а их отложения могут привести к «зависанию» клапанов. Вдобавок ко всему ММА, подобно марганцевым присадкам, относится к категории ядов.

Важный для экологии и исправности мотора параметр - содержание серы: она приводит к образованию нагара, закоксовыванию топливных форсунок и сводит на нет эффективность системы нейтрализации отработавших газов, вступая в химическую реакцию с благородными металлами нейтрализатора. Поэтому её массовая доля в перспективе должна быть доведена до 10 мг/кг. Сернистые соединения по коррозионной агрессивности подразделяются на активные и неактивные. Их содержание в топливе отрицательно сказывается на его эксплуатационных свойствах, таких, как стабильность, склонность к нагарообразованию, коррозионная агрессивность и другие.

Влияние бензина на процессы износа двигателя зависят от уже перечисленных показателей, а также от содержания в бензинах минеральных и органических кислот, щелочей, смол, воды и механических примесей.

Органические соединения представляют собой соединения кислого характера, которые практически всегда содержатся в топливе в виде нафтеновых ки-

слот и фенолов. Содержание органических кислот в бензине характеризуется кислотностью. По ГОСТ 5985-79 её нормируют количеством щелочи (в миллиграммах), потребной на нейтрализацию кислот, содержащихся в 100 мл топлива.

За последние 10-15 лет парк автомобилей, работающих на бензинах, интенсивно пополнялся современными отечественными и зарубежными автомобилями. Таким образом, в настоящее время эксплуатируется значительное количество грузовых автомобилей ГАЗ-53, ЗИЛ-130 и других, для которых необходимы низкооктановые бензины А-76 и АИ-80. Значительная часть автомобилей должна работать на бензинах АИ-92, но уже резко возрос спрос на бензины АИ-95 и АИ-98.

Крупные нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), руководствуясь техническим регламентом, совершенствуют свои производственные мощности и переходят на выпуск современных топлив. Однако их место на рынке низкооктановых и среднеоктановых бензинов занимают мини НПЗ.

Под видом малого бизнеса также появилось множество мелких изготовителей топлив, в основном способом смешивания различных компонентов, добавок и присадок, включая известные экологически вредные металлоорганические соединения на основе марганца, железа и даже свинца.

Нет закона о запрете применения этих присадок, и поэтому плохо контролируемая сфера производства и сбыта таких бензинов остается в зоне внимания малого бизнеса. Не имея технологических процессов, такие предприятия не могут производить нефтепродукты требуемого качества, поэтому отечественный рынок в последние годы наполняется большим количеством суррогатных топлив, вырабатываемых по множеству всевозможных ТУ. Следствием этого являются выходы из строя свечей зажигания, каталитических нейтрализаторов, различных датчиков, топливных фильтров, форсунок, плунжерных пар топливных насосов, клапанов и т.д. Это, кстати, отмечается зарубежными производителями автомобилей, торгующих сегодня на российском рынке новыми автомобилями, как причина снижения надежности их техники и гарантий.

### **2.3 Дизельные топлива**

Дизельное топливо - это сложная смесь парафиновых (10...40%), нафтеновых (20...60%) и ароматических (14...30%) углеводородов и их производных, выкипающих в пределах 170...380°C, со средней молекулярной массой 120...200, прозрачная жидкость от желтого до светло-коричневого цвета.

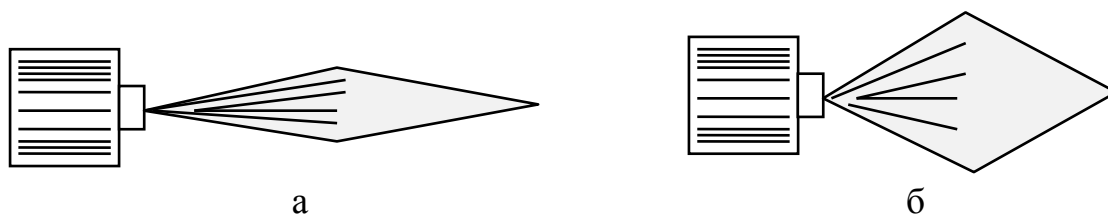
В соответствии с общими требованиями к автомобильным топливам дизельные топлива должны удовлетворять ряду требований, часть из которых полностью совпадает с требованиями к бензинам. Важнейшими из них являются

ся следующие: дизельные топлива должны сохранять подвижность (текучесть) до возможно более низких температур, иметь определенную вязкость и самовоспламеняемость, быть химически стабильными, обладать минимальным коррозионным воздействием на металлы и не содержать механических примесей и воды.

Наиболее важными показателями качества дизельного топлива, оказывающими наибольшее влияние на безотказность работы двигателя, а также на его мощность, экономичность и долговечность, являются испаряемость, вязкость, плотность, и самовоспламеняемость. Процесс смесеобразования в дизеле происходит непосредственно в цилиндре, при этом на него отводится очень короткий промежуток времени 0,05...0,001с, что в 10...30 раз меньше времени смесеобразования в карбюраторном ДВС. Кроме того, процесс воспламенения топлива в дизельном двигателе носит принципиально иной характер - оно самовоспламеняется в горячей среде. Поэтому к образованию горючей смеси в дизелях и ее воспламенению предъявляются специальные требования, выполнение которых в значительной степени зависит от свойств используемого топлива.

Качество смесеобразования в дизеле определяется, прежде всего, размером капель топлива (тонкостью распыла) и распределением их по оси и периферии камеры сгорания (факелом распыливания).

Факел распыливания характеризуется длиной и углом конуса распыливания. Струя топлива, распадаясь на отдельные капли диаметром от 0,003 до 0,050 мм, образует факел распыленного топлива (рисунок 2.4).



**а – при повышенной вязкости топлива; б – при малой вязкости топлива**

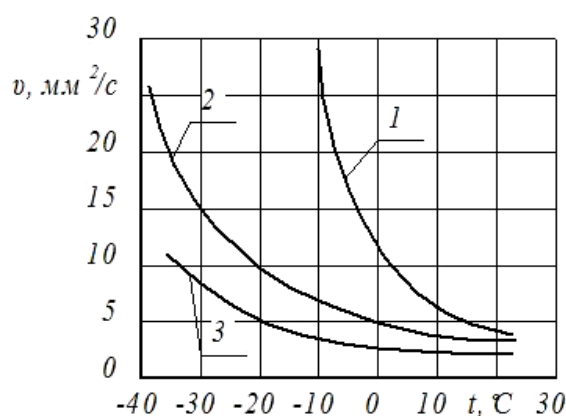
**Рисунок 2.4 – Схема факела распыливания топлива**

Для обеспечения хорошего качества рабочей смеси необходимо, чтобы дизтопливо хорошо испарялось. Чем лучше распыливается топливо, тем больше поверхность его испарения. Следовательно, скорость испарения впрыскиваемого топлива возрастает с улучшением качества распыливания. Наибольшее влияние на процесс распыливания оказывает вязкость дизельного топлива. При увеличении вязкости дизтоплива выше нормы, размер капель в факеле увеличивается, длина факела возрастает, а угол конуса уменьшается, процессы испарения и смесеобразования топлива ухудшаются. Сгорание топлива затягивается

и становится неполным, ухудшается экономичность дизеля и повышается дымность отработавших газов.

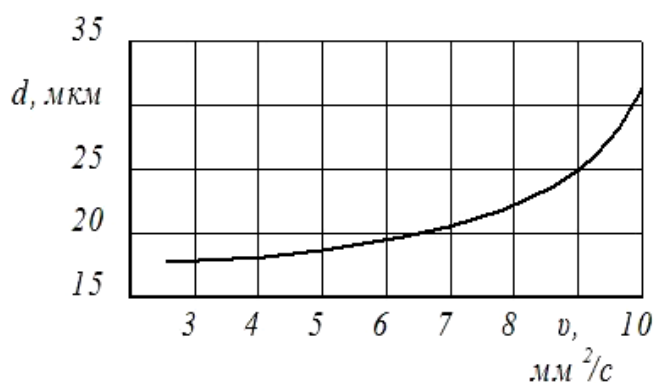
Чрезмерное снижение вязкости ведет к образованию мелких капель, происходит их торможение из-за малого веса, что приводит к снижению длины факела и увеличению угла конуса, в результате ухудшается однородность рабочей смеси, так как часть топлива не смешивается с воздухом. Поэтому вязкость дизельного топлива характеризуется двухсторонним ограничением, причем вязкость зимних видов топлива при 20°C ниже, чем вязкость летнего топлива. Вязкость дизельного топлива зависит от температуры (рисунок 2.5), а это в значительной степени влияет на тонкость распыла топлива (рисунок 2.6).

Заметное влияние на смесеобразование оказывает также плотность дизельного топлива. При высокой плотности длина факела увеличивается сверх оптимального значения, при слишком низкой плотности длина факела становится недостаточной для качественного распыла. Для товарных дизельных топлив плотность при 20°C должна находиться в пределах 0,830...0,875 г/см<sup>3</sup>.



1-летнее, 2- зимнее, 3 - арктическое

**Рисунок 2.5 – Зависимость вязкости дизельного топлива от температуры**



**Рисунок 2.6 – Влияние вязкости топлива на тонкость распыла**

Но даже при хорошем распыливании, качество смесеобразования в значительной степени зависит от испаряемости дизельного топлива. При использова-



нии топлива с плохой испаряемостью увеличивается его расход, снижается полнота сгорания, повышается дымность и износ деталей цилиндрико-поршневой группы.

Испаряемость топлива характеризуется фракционным составом, который определяется точно так же, как и фракционный состав бензинов. Для дизельного топлива регламентированными точками фракционного состава являются температуры перегонки 50 и 96% топлива. Облегченный фракционный состав обеспечивает лучшую испаряемость дизтоплива, но в то же время приводит к жесткой работе дизеля, так как в начальный период сгорания в камере сгорания накапливается значительное количество паров топлива, что приводит к резкому нарастанию давления и появлению ударных нагрузок.

Увеличение содержания в дизельных топливах тяжелых фракций ведет к ухудшению распыливания, испарения и сгорания топлива. В результате экономичность ДВС снижается, он начинает дымить, увеличивается образование нагаров, износы двигателя повышаются.

Важными показателями качества дизельных топлив, определяющими безотказность работы дизеля при отрицательных температурах, являются температуры помутнения и застывания топлива.

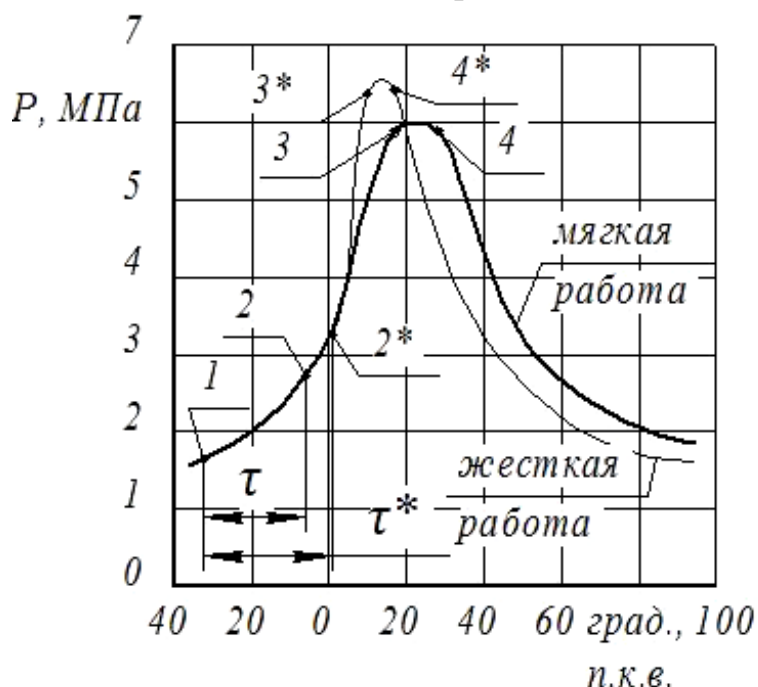
Особенностью дизельных топлив является наличие значительного количества углеводородов с высокой температурой застывания (прежде всего, парафиновых). При пониженной температуре эти углеводороды начинают выпадать из топлива в виде кристаллов, топливо мутнеет. Температуру, при которой топливо теряет прозрачность вследствие начала процесса кристаллизации, называют температурой помутнения. Образующиеся кристаллы могут забить фильтры тонкой очистки топлива и привести к прекращению работы ДВС. Поэтому рекомендуется, чтобы температура помутнения топлива была на 5...10°C ниже, чем температура окружающего воздуха. При дальнейшем охлаждении воздуха количество кристаллов парафинов в топливе растет, они начинают срашиваться и образуют пространственную жесткую решетку, в результате чего топливо теряет текучесть.

Процесс сгорания в дизельном двигателе в значительной степени зависит от самовоспламеняемости дизтоплива. На рисунке 2.7 показана индикаторная диаграмма работы дизеля [3]. В первый период за время  $\tau$  (от точки 1 до точки 2) в камере сгорания происходят физико-химические процессы. Окисляются углеводороды, молекулы кислорода переходят в активную форму (одна из связей между атомами кислорода разрывается --O--O--). В горючей смеси накапливаются неустойчивые кислородсодержащие соединения (перекиси, гидроперекиси, альдегиды и др.), распад которых сопровождается выделением 10...15% энергии, заключенной в топливе. В этот период может появиться слабое голубое

свечение (холодный пламя), в результате чего температура и скорость предпламенных реакций возрастают, холоднопламенный процесс переходит в горячий (точка 2), самовоспламеняются промежуточные продукты окисления углеводородов топлива. Температура, до которой необходимо нагреть топлива в смеси с кислородом воздуха, чтобы началось его горение, называют температурой самовоспламенения.

Второй период - быстрого горения (точки 2...3), длится около 10...12 градусов поворота коленчатого вала, в этот период выделяется основная часть (55...70%) тепловой энергии. Подача топлива еще продолжается, поэтому во второй период не может сгореть весь цикловой заряд, сгорает только его основная часть.

Начинается третий период замедленного горения (точки 3-4), который длится 5...7 градусов поворота коленчатого вала. Здесь выделяется 20...25% энергии. В начале этого периода заканчивается цикловая подача топлива, продукты сгорания расширяются, давят на поршень, и он совершает рабочий ход. Необходимо, чтобы к концу этого периода (точка 4) все топливо сгорело, тогда на линии расширения не будет его догорания. С повышением вязкости, утяжелением фракционного состава и увеличением количества в топливе смолисто-асфальтовых соединений процесс догорания будет дольше. Чем больше период догорания, тем хуже качество горения, увеличивается неполнота сгорания, дымность отработавших газов, повышается расход топлива.



**Рисунок 2.7 – Индикаторные диаграммы работы дизеля**

Если предпламенные реакции окисления идут медленно (низкая самовоспламеняемость дизтоплива), период задержки воспламенения увеличивается

(точки 1...2\*), очаги воспламенения образуются медленнее, с запозданием. В цилиндры ДВС продолжает поступать топливо, его накапливается больше, чем в первом случае, а воспламенения не происходит, так как углеводороды топлива более стойки к окислению.

Наконец, (точка 2\*) окисляется сразу значительная часть циклового заряда, выделяется значительное количество теплоты и резко возрастает давление (точки 2\*...3\*). При таком топливе ДВС работает жестко, слышны характерные стуки, мощность падает.

О жесткости работы дизеля принято судить по величине нарастания давления на 1 градус поворота коленчатого вала. Считают, при нарастании давления на градус поворота коленчатого вала: 0,4...0,5 МПа двигатель работает мягко, 0,6...0,8 МПа - жестко, более 0,9 МПа - очень жестко.

По внешним признакам и последствиям жесткая работа дизеля очень напоминает детонацию в бензиновом ДВС, однако причины ее возникновения с точки зрения физико-химических процессов прямо противоположные. В бензиновом ДВС основной причиной возникновения детонации является склонность топлива к быстрому окислению, а в дизельном ДВС, причиной жесткой работы является замедленное окисление углеводородов топлива.

Таким образом, основной характеристикой, влияющей на процесс самовоспламенения дизельного топлива, является период задержки воспламенения, то есть время между началом впрыска топлива и его воспламенением. В современных быстроходных дизелях на это отводится не более 0,002 с. Самовоспламеняемость топлива существенно влияет на этот период задержки воспламенения рабочей смеси в цилиндрах ДВС и количественно оценивается цетановым числом.

Цетановым числом называется показатель самовоспламеняемости топлива, численно равный процентному (по объему) содержанию цетана ( $C_{16}H_{34}$ ) в такой смеси с  $\alpha$ -метилнафталином ( $C_{10}H_7CH_3$ ), которая равноценна данному топливу по самовоспламеняемости, при испытании в стандартном двигателе.

Цетановое число дизельного топлива в значительной степени зависит от его углеводородного состава и молекулярной массы, наиболее высокое цетановое число у парафиновых углеводородов, меньше у нафтеновых, а у ароматических очень низкие цетановые числа (таблица 2.14). Зависимость цетанового числа от группового состава определяется эмпирической формулой:

$$ЦЧ = 0,85П + 0,1Н - 0,2А, \quad (2.12)$$

где  $П$ ,  $Н$ ,  $А$  - процентное содержание по весу парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов в топливе.

Таблица 2.14 - Цетановые числа некоторых углеводородов

Название углеводорода	Химическая формула	ЦЧ
Парафиновые		
Цетан (гексадекан)	$C_{16}H_{34}$	100
Нормальный декан	$C_{10}H_{22}$	77
Нафтеновые		
Декалит	$C_{10}H_{20}$	42
Метилциклогексан	$C_6H_{11}CH_3$	20
Ароматические		
$\alpha$ - метилнафталин	$C_{10}H_7CH_3$	0
Толуол	$C_6H_5CH_3$	0

Наиболее высокая самовоспламеняемость у парафиновых углеводородов, но они имеют плохие низкотемпературные свойства, ароматические углеводороды имеют плохую самовоспламеняемость. Поэтому основную часть дизельных топлив составляют нафтеновые углеводороды, так как они обладают сравнительно высокими цетановыми числами и низкой температурой помутнения и застывания. На рисунке 2.8 приведена зависимость показывающая влияние цетанового числа на жесткость работы дизеля.

В зарубежных странах вместо цетанового числа используют дизельный индекс, который вычисляется по значению плотности и температуре выкипания 50% топлива. Эта характеристика дизельного топлива в последнее время начинает применяться и в России, в частности для отечественного дизельного топлива, которое идет на экспорт.

Важной характеристикой физико-химических свойств дизельных топлив является температура вспышки, по которой можно судить о его составе, и в частности о наличии в дизельных топливах бензина и других легковоспламеняющихся углеводородов.

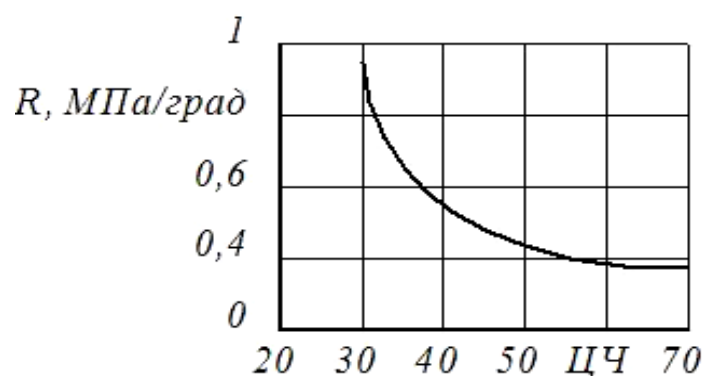


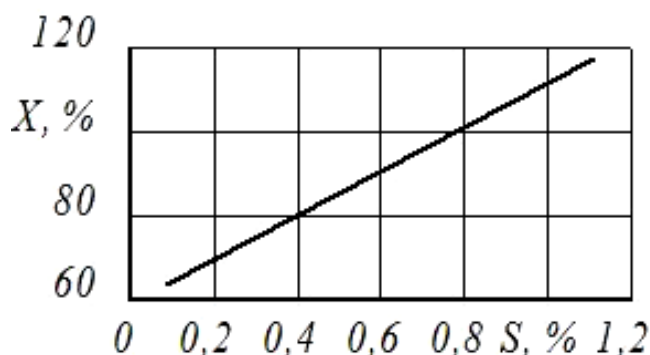
Рисунок 2.8 – Влияние ЦЧ на жесткость работы дизеля (R)

Как и для автомобильных бензинов, в стандартах на дизтопливо регламентируется целый ряд показателей, характеризующих его коррозионную ак-

тивность, склонность к нагарообразованию и др. К таким показателям относятся: содержание неактивной серы, содержание меркаптановой серы, испытания на медной пластинке, содержание водорастворимых кислот и щелочей, концентрация фактических смол, кислотность и другие. Кроме того, стандартами нормируется также ряд показателей, характеризующих противоизносные свойства дизельного топлива: содержание механических примесей, воды, коэффициент фильтруемости [5].

Коэффициент фильтруемости характеризует чистоту топлива, определяется соотношением времени, за которое топливо проходит через фильтр при определенном атмосферном давлении. В основном, фильтруемость дизтоплива зависит от содержания воды, механических примесей, смол и нефтяных кислот. Согласно ГОСТ 6370-83, если в дизельном топливе количество механических примесей не превышает 0,002-0,004%, считается, что примесей в топливе нет.

Для снижения коррозионного воздействия топлива на детали двигателя и системы выпуска газов выпускаются топлива двух видов: первый - с содержанием неактивной серы до 0,2% ; второй - с более высоким содержанием серы, 0,4% - для арктического топлива, и 0,5% - для летнего и зимних топлив. Установлено, что повышение содержания серы в топливах с 0,2 до 0,6% приводит к увеличению износа гильз цилиндров и поршневых колец (рисунок 2.9) в среднем на 15%.



**X – относительный износ поршневых колец; S – содержание серы**

**Рисунок 2.9 – Влияние содержания серы в дизельном топливе на износ поршневых колец**

Дизельный двигатель более чувствителен к некондиционному топливу. Это связано прежде всего с наличием в дизельной топливной аппаратуре прецизионных пар (плунжерная пара и распылители), а также с большей теплонепротяженностью двигателя и повышенными нагрузочными режимами.

В настоящее время ужесточаются экологические требования к топливам, а также увеличивается количество эксплуатируемых в стране дизельных автомобилей иностранного производства, наши производители устанавливают на

свои автомобили иностранных дизеля. Все это повышает требования к дизельному топливу и ускоряет переход на европейские стандарты ЕН-590.

Требования технического регламента «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» в отношении дизельных топлив приведены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Требования к характеристикам дизельного топлива

Характеристики дизельного топлива	Ед. изм.	Нормы в отношении			
		Класса 2	Класса 3	Класса 4	Класса 5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	350	50	10
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже:	°С				
дизельного топлива, за исключением дизельного топлива для арктического климата		40	40	40	40
дизельного топлива для арктического климата		30	30	30	30
Фракционный состав - 95 объемных процентов перегоняется при температуре не выше	°С	360	360	360	360
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%	-	11	11	11
Цетановое число, не менее		45	51	51	51
Цетановое число дизельного топлива для холодного и арктического климата, не менее		-	47	47	47
Предельная температура фильтруемости, не выше:	°С				
дизельного топлива для холодного климата		минус 20	минус 20	минус 20	минус 20
дизельного топлива для арктического климата		минус 38	минус 38	минус 38	минус 38
Смазывающая способность, не более	мкм	460	460	460	460

Технические условия к дизельным топливам в соответствии с ГОСТ Р 52368-2005 отвечают требованиям ЕН-590-2004 (таблица 2.16).

Таблица 2.16 – Требования к дизельным топливам ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН-590-2004)

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

Топливо должно обозначаться следующим образом.

Например, «Топливо дизельное ЕВРО по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004), сорт А, вид I».

«Топливо дизельное ЕВРО по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004), класс 1, вид II».

Различные сорта и классы топлив рекомендованы к применения для разных регионов страны в осенне-зимний и весеннее летний сезоны. Для летнего периода рекомендуются топлива сортов А, В и С. Для переходного периода рекомендованы топлива сортов D, E, F и 0-го класса. Для зимнего периода топлива 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов.

Топливо для умеренного климата должны выпускаться шести сортов, которые отличаются предельной температурой фильтруемости (таблица 2.17).

Требования к топливам для холодного и арктического климата приведены в таблице 2.18.

Таблица 2.17 – Требования к дизельному топливу для умеренного климата

Наименование показателя	Значение для сорта					
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше			-5	-10	-15	-20

Таблица 2.18 – Требования к дизельному топливу для холодного и арктического климата

Наименование показателя	Значение для класса				
	0	1	2	3	4
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44
Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	800 - 845	800 - 845	800 - 840	800 - 840	800 - 840
Кинематическая вязкость при 40°С, мм <sup>2</sup> /с	1,50 - 4,00	1,50 - 4,00	1,50 - 4,00	1,40 - 4,00	1,20 - 4,00
Цетановое число, не менее	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0
Фракционный состав:					
до температуры 180 °С, % (по объему), не более	10	10	10	10	10
до температуры 340 °С, % (по объему), не более	95	95	95	95	95

Для Курганской области с 15 мая по 15 сентября в летний период рекомендовано к применению топливо сорта С, с 15 апреля по 15 мая и с 15 сентября по 31 октября в переходный период топливо сорта F и 0-го класса, с 1 ноября по 15 апреля марта в зимний период топливо 2-го класса.

Значительная часть отечественных дизельных топлив выпускается в соответствии с ГОСТ 305-82, основной частью этих топлив являются прямогонные дистилляты, требования к качеству данных топлив представлены в таблице 2.190. Дизельные топлива выпускают летние, зимние и арктические. Летнее топливо (Л - летнее) используется при температуре воздуха выше 0°С. Зимнее топливо (З - зимнее) в зависимости от климатической зоны использования вырабатывается двух сортов: для умеренной зоны ( $t_{заст}$  - минус 35°С), применяется при температуре воздуха не ниже - минус 20°С и для холодной зоны ( $t_{заст}$  - минус 45°С), применяется при температуре воздуха не ниже - минус 30°С. Аркти-



ческое топливо (А - арктическое) используется при температуре воздуха не ниже - минус 50°С.

Таблица 2.19 – Показатели качества дизельных топлив (ГОСТ 305-82)

Показатель	Марка		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, %, (объем);			
50% перегоняются при температуре, °С, не выше	280	280	255
96% перегоняется при температуре, °С, не выше (конец перегонки)	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20°С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0
Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-10	-35	-
холодной	-	-45	-55
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-5	-25	-
холодной	-	-35	-
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:			
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	40	35
для дизелей общего назначения	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более, в топливе			
вида I	0,2	0,2	0,2
вида II	0,5	0,5	0,4
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Содержание фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5	5	5
Йодное число, г I <sub>2</sub> /100 г топлива, не более	6	6	6
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-го остатка, %, не более	0,20	0,30	0,30
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	840	830
Содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды	отсутствие		
Испытание на медной пластинке	выдерживают		

Дизельное экспортное топливо (ТУ 38.401-58-110-94) вырабатывают для поставок на экспорт, содержание серы 0,2%. Исходя из требований к содержанию серы, дизельное экспортное топливо получают гидроочисткой прямогон-

ных дизельных фракций. Для оценки его качества по требованию заказчиков определяют дизельный индекс (а не цетановое число, как принято ГОСТ 305-82). Кроме того, вместо определения содержания воды и коэффициента фильтруемости экспресс-методом устанавливают прозрачность топлива при температуре 10°C. Характеристики дизельных топлив этой группы представлены в таблице 2.20.

Таблица 2.20– Характеристики дизельного экспортного топлива (ТУ 38.401-58-110–94)

Показатели	Норма для марок	
	ДЛЭ	ДЗЭ
Дизельный индекс, не менее	53	53
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С, не выше:		
50%	280	280
90%	340	330
96%	360	360
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	2,7-6,0
Температура, °С:		
застывания, не выше	-10	-35
предельной фильтруемости, не выше	-5	-25
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	60
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:	0,2	0,2
вида I	0,3	-
вида II		
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup> топлива, не более	3,0	3,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-го остатка, %, не более	0,2	0,2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0
Содержание механических примесей	Отсутствие	
Прозрачность при температуре 10 °С	Прозрачно	
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не более	860	845

В 2003 году разработаны ТУ 38.1011348-2003 «Топливо дизельное экологически чистое» (таблица 2.21).

Многие заводы выпускают дизельные топлива по другим техническим условиям. С 1981 г. вырабатывают зимнее дизельное топливо марки ДЗп по ТУ 38.101889-81 «Зимние дизельные топлива с депрессорными присадками». Получают его на базе летнего дизельного топлива, добавка сотых долей присадки обеспечивает снижение предельной температуры фильтруемости до -15°C, тем-

пературы застывания до  $-30^{\circ}\text{C}$  и позволяет использовать летнее дизельное топливо в зимний период времени при температуре до  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Для применения в районах с холодным климатом при температурах  $-25$  и  $-45^{\circ}\text{C}$  вырабатывают топлива по ТУ 38.401-58-36-92. Согласно техническим условиям получают две марки топлива: ДЗп-15/-25 (базовое дизельное топливо с температурой помутнения  $-15^{\circ}\text{C}$ , товарное - с предельной температурой фильтруемости  $-25^{\circ}\text{C}$ ) и арктическое дизельное топливо ДАп-35/-45 (базовое топливо с температурой помутнения  $-35^{\circ}\text{C}$ , товарное - с предельной температурой фильтруемости  $-45^{\circ}\text{C}$ ).

Таблица 2.21 – Технические требования к дизельному топливу по ТУ 38.1011348-2003

Наименование показателя	Значение показателя		
	ДЛЭЧ	ДЗЭЧ	ДАЭЧ
Цетановое число или цетановый индекс, не менее	45	40	40
Фракционный состав:			
50% отгоняется при температуре, $^{\circ}\text{C}$ , не выше	280	280	280
95% отгоняется при температуре, $^{\circ}\text{C}$ , не выше	360	340	330
Вязкость кинематическая при $20^{\circ}\text{C}$ , $\text{мм}^2/\text{с}$	3,0 - 6,0	1,8 - 5,0	1,5 - 4,0
Предельная температура фильтруемости, $^{\circ}\text{C}$ , не выше	минус 15	минус 25	минус 45
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, $^{\circ}\text{C}$ , не ниже:			
для тепловозных, судовых дизелей и газовых турбин	62	40	35
для дизелей общего назначения	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более			
А вид	0,001		
І вид	0,005		
ІІ вид	0,035		
ІІІ вид	0,05		
ІV вид	0,1		
Испытание на медной пластине	выдерживает		
Кислотность, $\text{мг KOH}/100 \text{ см}^3$ топлива, не более	5,0		
Зольность, %, не более	0,01		
Коксуемость 10% -го остатка, %, не более	0,20		
Цвет, единицы ЦНТ, не более	2,0		
Содержание механических примесей и воды	отсутствие		
Плотность при $15^{\circ}\text{C}$ , $\text{кг}/\text{м}^3$ , не более	863,4	843,4	833,4
Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при $60^{\circ}\text{C}$ , $\text{мкм}$ , не более	460		

По ТУ 38.1011348-89 выпускают экологически чистое дизельное топливо. Технические условия предусматривают выпуск двух марок летнего (ДЛЭЧ-В и ДЛЭЧ) и одной марки зимнего (ДЗЭЧ) дизельного топлива с содержанием серы до 0,05% (вид I) и до 0,1% (вид II). С учетом ужесточающихся требований по содержанию ароматических углеводородов введена норма по этому показателю: для топлива марки ДЛЭЧ-В - не более 20%, для топлива марки ДЗЭЧ - не более 10%. Экологически чистые топлива вырабатывают гидроочисткой дизельного топлива, допускается использование в сырье гидроочистки дистиллятных фракций вторичных процессов.

ТУ 38.401-58-170-96 «Городское дизельное топливо» предназначалось для использования в г. Москве. Основное отличие городского дизельного топлива от экологически чистого - улучшенное качество благодаря использованию присадок (летом - антидымной, зимой - антидымной и депрессорной). Добавка присадок в городское дизельное топливо снижает дымность и токсичность отработавших газов дизелей на 30-50%.

Экологическое воздействие дизельного топлива на окружающую среду меньше, чем у бензинов, что в первую очередь связано с более высокой химической стабильностью и меньшей испаряемостью дизельных топлив. Сильное загрязнение атмосферы происходит отработавшими газами дизельных ДВС, в которых находится значительное количество сажи и ангидрида серной кислоты. Столь пристальное внимание содержанию серы уделяется неспроста. При сгорании сернистого топлива образуются оксиды серы, которые, соединяясь с парами воды, повисают в воздухе в виде паров серной и сернистой кислоты. В итоге - кислотные дожди, раздражение дыхательных путей и огромный вред для растительности. Однако сернистые соединения улучшают смазывающие свойства дизельного топлива, что очень важно для дизельной топливной аппаратуры. Поэтому в топлива с низким содержанием сернистых соединений необходимо вводить эффективные противоизносные присадки. При этом по новым требованиям ГОСТ Р 52368-2005 смазывающую способность дизтоплива стали нормировать. Она измеряется в микронах - по диаметру пятна износа тарированного стального шарика диаметром 6,5 мм, который в определенном режиме трет о специальную пластину, погруженную в топливо. Чем меньше износ, тем меньше диаметр пятна. В нормах Euro 2, Euro 3 и Euro 4 уровень износа не должен превышать 460 микрон, чему и соответствуют требования российских нормативных документов.

При производстве дизельных топлив основную сложность представляет вопрос производства зимних и арктических сортов. После отделения союзных республик в России резко изменилась структура потребления дизтоплив. Начиная с октября на 90% территории России необходимо использовать зимние и арктические сорта дизтоплива, в то время как нефтеперерабатывающая про-

мышленность выпускает более 70% объема летние сорта дизтоплива. Такое несоответствие спроса и предложения вызывают серьезные трудности при эксплуатации дизелей в осенне-зимний период. Одним из путей решения этих вопросов является добавление в дизтоплива так называемых депрессорных присадок, способных снизить температуру застывания дизтоплива с минус 5°С до минус 35°С. Однако при этом надо помнить, что качество некоторых присадок очень низкое [6].

## 2.4 Газообразные топлива

Газообразные углеводородные топлива, входящие в состав природных и промышленных горючих газов, содержат углеводороды с количеством атомов углерода в молекуле меньше шести и при нормальной температуре и давлении представляют собой газ (таблица 2.22).

Таблица 2.22 - Показатели качества составляющих газового топлива [7]

Показатели	Метан	Этан	Этилен	Пропан	Пропилен
Молярная масса	16,04	30,07	28,05	44,09	42,08
Температура, °С					
критическая	-82	+32	+10	+96	+92
кипения при 0,1 МПа	-162	-89	-104	-42	-47
Плотность жидкой фазы при 15°С и 0,1 МПа, кг/м <sup>3</sup>	-	460	458	582	514
Плотность газовой фазы при 0°С и 0,1 МПа, кг/м <sup>3</sup>	0,67	1,356	1,261	2,019	1,915
Теплота парообразования, кДж/кг, при температуре кипения	450	436	440	427	440
Количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг/кг	14,2	14,6	14,4	15,7	14,8
ОЧМ	110	98	91	100	85
Теплота сгорания, мДж/кг	50	48	47	46	46

На сегодняшний день газовые топлива являются основными альтернативными топливами для ДВС, Россия выгодно отличается от других стран огромными разведанными запасами природного газа. Использование газообразного топлива на АТС имеет ряд значительных преимуществ, но одновременно с этим ставит несколько серьезных проблем.

Наиболее значимым преимуществом использования газообразного топлива на автомобилях является значительное снижение содержания в отработав-

ших газах токсичных компонентов (более чем в 3 раза). Газообразное топливо не разжижает моторное масло, оно не смывает масляную пленку со стенок цилиндров, поэтому износы деталей ДВС, работающих на газообразном топливе, значительно меньше, а сроки службы масла в 2...3 раза выше. При сгорании газообразного топлива не образуются сернистых соединений, копоти и дыма, значительно меньше нагарообразование, что также позволяет значительно повысить ресурс ДВС.

Газообразные топлива обладают хорошими антидетонационными свойствами, обладают высоким октановым числом (таблица 2.22). Октановые числа газов таково, что можно было бы форсировать автомобильные двигатели до степени сжатия 10...11, однако в нашей преимущественно эксплуатируются АТС с двумя автономными системами питания: газовым топливом и бензином [8]. С одной стороны, это позволило снизить затраты на переоборудование двигателей и уменьшить зависимость газобаллонного автомобиля от удаления пункта заправки газовым топливом. Но с другой стороны, одно из основных преимуществ газового топлива - высокая детонационная стойкость не реализуется, так как степень сжатия двигателей остается прежней. В результате мощность двигателя при работе на газе снижается, ухудшаются тягово-скоростные свойства.

Газообразные топлива позволяют улучшить смесеобразование и равномерность распределения смеси по цилиндрам двигателя, имея в своем составе более высокое количество водорода, обеспечивают более полное сгорание в цилиндрах ДВС.

Благодаря более широким по сравнению с бензинами пределами воспламенения двигатель при основных эксплуатационных режимах может работать на обедненных горючих смесях ( $\alpha = 1,2...1,3$ ). В результате этого существенно снижается токсичность отработавших газов по содержанию окиси углерода в 2...3 раза, окислов азота в 1,2...2 раза и углеводородов в 1,1...1,4 раза.

Транспортировка газового топлива чаще обеспечивается трубопроводным транспортом, что значительно дешевле, и влияет на стоимость газового топлива.

В настоящее время на автомобилях в нашей стране применяются газы сжиженные нефтяные и компримированные (сжатые) природные газы, в качестве перспективного варианта рассматривается использование сжиженных природных газов.

К сжиженным нефтяным газам относятся такие, которые переходят из газообразного состояния в жидкое при нормальной температуре окружающей среды и сравнительно небольшом избыточном давлении. Основными компонентами ГСН являются: пропан  $C_3H_8$  и бутан  $C_4H_{10}$ , кроме того в них содержится небольшое количество этана и пропилена.

При 20°C бутан сжижается при давлении 0,109 МПа, а пропан – 0,716 МПа. Поэтому для обеспечения сохранения жидкого состояния при более высоких температурах (до 45...50°C) пропан-бутановая смесь хранится в газовых баллонах под давлением 1,0...1,8 МПа.

Сжиженные газы образуют с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации паров пропана от 2,3% до 9,5%, нормального бутана от 1,8% до 9,1% (по объему), при давлении 0,1 МПа (1 атм.) и температуре 15°C - 20 °С.

При эксплуатации сжиженный газ должен удовлетворять следующим требованиям: 1 - иметь стабильный компонентный состав; 2 - обеспечивать давление насыщенных паров от 0,16 до 1,6 МПа в интервале температур от минус 20°C до +45°C; 3 - не иметь жидкого неиспарившегося остатка при испарении и редуцировании в автомобильной газовой аппаратуре; 4 - при концентрации в воздухе 0,4...0,5% должен обладать ощутимым, характерным запахом.

До 1987 года в качестве топлива для автомобилей использовались технические смеси по ГОСТ 20448-75 двух марок: смесь пропан-бутана техническая зимняя (СПБТЗ) и смесь пропан-бутана техническая летняя (СПБТЛ). Компонентный состав данных смесей приведен в таблице 2.23.

В 1987 году для газобаллонных автомобилей были рекомендованы специальные смеси, которые должны отвечать требованиям ГОСТ 27578-87. В нем предусмотрено два вида топлива: летнее ПБА - рекомендуемое к применению в диапазоне температур от +45°C до -20°C, и зимнее ПА – рекомендуемое к применению в диапазоне температур от -20°C до -35°C. При работе газобаллонных автомобилей в условиях Крайнего Севера газовое топливо должно отвечать требованиям ТУ 38.1011184-89, для этих условий рекомендуется использовать этан-пропан автомобильный (ЭПА). Физико-химические и эксплуатационные показатели таких топлив приведены в таблице 2.24.

Таблица 2.23 – Показатели качества топлив по ГОСТ 20448-75

Показатель	Марка газов	
	СПБТЗ	СПБТЛ
Компонентный состав по массе, %		
сумма этана и этилена, не более	4,0	6,0
сумма пропана и пропилена, не менее	75,0	34,0
сумма бутана и бутилена, не более	20,0	60,0
Жидкий остаток при 20°C по объему, не более	1,0	2,0
Содержание сероводорода, г/100м <sup>3</sup> , не более	5,0	5,0
Содержание общей серы, % (мас.), не более	0,015	0,015
Давление насыщенных паров:		
при температуре 45°C, МПа, не более	1,6	1,6
при температуре минус 30°C, не менее	0,07	-

Таблица 2.24 – Физико-химические и эксплуатационные показатели ГНС по ГОСТ 27578-87 и ТУ 38.1011184-89

Показатель	ПБА	ПА	ЭПА
Массовые доли компонентов, %			
сумма метана и этана	не нормируется		7±1
пропан	50±10	90±10	85±10
сумма углеводородов C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> и выше	не нормируется		
сумма непредельных углеводородов, не более	6	6	6
Объемная доля жидкого остатка при +40°С, %, не более	отсутствует		следы
Базовая температура (°С) для регламентации максимального избыточного давления насыщенных паров 1,6 МПа	+45	+30	+5
То же для минимального давления 0,07МПа	-20	-35	-40
Массовая доля серы и сернистых соединений %, не более	0,01	0,01	0,01
в том числе сероводорода, %, не более	0,003	0,003	0,003
Содержание свободной воды и щелочей	отсутствует		

Важной с эксплуатационной точки зрения особенностью ГСН является их относительно высокий коэффициент объемного расширения, что приводит к необходимости наличия большого (до 10%) свободного объема в газовых баллонах. Пусковые свойства ГСН несколько хуже, чем у бензина, что объясняется более высокой температурой воспламенения газовой смеси, меньшей скоростью распространения фронта пламени и особенностями современной системы топливоподачи газа, не обеспечивающей стабильность заданной величины коэффициента избытка воздуха при пуске. Смесь ГСН с воздухом взрывоопасна в широком диапазоне концентраций, опасность усугубляется отсутствием запаха, поэтому в некоторых случаях ГСН одорируют, искусственно придавая им запах.

В 2003 году в России был разработан и принят ГОСТ Р 52087-2003 «Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия». Настоящий стандарт распространяется на углеводородные сжиженные топливные газы, применяемые в качестве топлива для коммунально-бытового потребления, моторного топлива для автомобильного транспорта, а также в промышленных целях. В зависимости от основного компонента рекомендовано к выпуску и применению пять марок газов: ПТ – пропан технический, ПА – пропан автомобильный, ПБА - пропан-бутан автомобильный, ПБТ – пропан-бутан технический, БТ – бутан технический. Показатели качества этих газов приведены в таблице 2.25.



Таблица 2.25 – Показатели качества газов углеводородных сжиженных по ГОСТ Р 52087-2003

Наименование показателя	Норма для марки				
	ПТ	ПА	ПБА	ПБТ	БТ
1 Массовая доля компонентов, %:					
сумма метана, этана и этилена	Не нормируется				
сумма пропана и пропилена, не менее	75			Не норм.	
в том числе пропана		85±10	50±10		
сумма бутанов и бутиленов	Не нормируется				
не более				60	
не менее					60
сумма непредельных углеводородов, не более		6	6		
2 Объемная доля жидкого остатка при 20 °С, %, не более	0,7	0,7	1,6	1,6	1,8
3 Давление насыщенных паров, избыточное, МПа, при температуре:					
плюс 45 °С, не более	1,6				
минус 20 °С, не менее	0,16		0,07		
минус 30°С, не менее		0,07			
4 Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, %, не более	0,013	0,01	0,01	0,013	0,013
в том числе сероводорода, не более	0,003				
5 Содержание свободной воды и щелочи	Отсутствие				
6 Интенсивность запаха, баллы, не менее	3				

К компримированным (сжатым) относятся газы, которые при нормальной температуре сохраняют газообразное состояние даже при высоком давлении. Основным компонентом компримированных (КПГ) газов является метан. При положительной температуре метан невозможно перевести в сжиженное состояние ни при каком давлении.

КПГ производят, в основном используя природные газы, состав природных газов зависит от его месторождения и может характеризоваться следующими средними значениями: метан - 85...99%, этан - 1...8%, пропан и бутан - 0,5...3%, пентан - 0,5...2%, азот - 0,5...0,7%, углекислоты до 1,8%. Природные газы, поступающие из различных месторождений, имеют разный состав и теплотехнические свойства, для обеспечения универсальности регулировок топливной аппаратуры газовых двигателей до 1987 года сжатый природный газ для автомобилей должен был отвечать требованиям ТУ 51-166-83 «Газ горючий, природный, сжатый. Топливо для газобаллонных автомобилей». В данных ТУ

регламентировали требования к газу двух марок А и Б, основные из них приведены в таблице 2.26.

Таблица 2.26 – Показатели качества сжатых газов по ТУ 51-166-83

Показатель	Марка А	Марка Б
Компонентный состав газа, %, не более		
метан	95±5	90±5
этан	4	4
пропан	1,5	1,5
бутаны	1	1
пентаны + более тяжелые СН	0,3	0,3
двуокись углерода	1	1
кислород	1	1
Примеси, г/м <sup>3</sup> , не более		
азот	0...4	4...7
сероводород	0,02	0,02
меркаптановая сера	0,016	0,016
механические примеси	0,001	0,001
содержание влаги	0,009	0,009
Температура воспламенения, °С	624,7	608
Октановое число, ОЧМ	108	100
Плотность по воздуху, кг/ м <sup>3</sup>	0,5864	0,6105
Теплота сгорания стехиометрической смеси, кДж/ м <sup>3</sup>	3500	3383

Начиная с 1987 года СПГ должен отвечать требованиям ГОСТ 27577-87 «Газ природный сжатый для газобаллонных автомобилей», в котором регламентируют требования (таблица 2.27) только одного класса газа.

Таблица 2.27 – Показатели качества СПГ по ГОСТ 27577-87

Низшая теплота сгорания, МДж/ м <sup>3</sup>	32,6...36
Относительная плотность по воздуху	0,56...0,62
Расчетное октановое число ОЧМ, 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, %	7,0
Содержание воды, мг/м <sup>3</sup> , не более	9,0

## 2.5 Альтернативные топлива

Обеспеченность энергоресурсами является обязательным условием развития экономики любой страны. В настоящее время мировое потребление энергоресурсов на 43% базируется на использовании нефти, 16% приходится на газ, различные отходы производства составляют 14%, уголь – 8%, электроэнергия – 15% и другие источники – 4%.

При этом именно автомобильный транспорт является одним из основных потребителей нефтепродуктов, более 45% нефти идет на удовлетворение потребностей автомобильного транспорта. В настоящее время мировой автопарк составляет порядка 900 млн ед., каждый год в мире производится 40-45 млн автомобилей, причем порядка 25 млн заменяют выводимые из эксплуатации транспортные средства, а 20 млн составляют ежегодный прирост мирового автопарка. Подсчитано, что в среднем один автомобиль потребляет 2,2 т бензина (дизтоплива) в год. Таким образом, весь мировой автопарк потребляет порядка двух миллиардов тонн топлива, на изготовление которого в зависимости от глубины переработки требуется от 6 до 8 млрд т нефти. Согласно исследованиям, проведенным компанией «British Petroleum», мировых запасов нефти хватит менее чем на 40 лет, причем прогнозы по полной выборке российской нефти колеблются в пределах 15-25 лет.

Поэтому в последние десятилетия многие страны мира и автопроизводители уделяют очень серьезное внимание альтернативным топливам для автомобилей. На всех последних автосалонах широко представлен новый вид альтернативных автомобилей - «электромобили». Данный вид транспорта уже сегодня широко используется для закрытых помещений и рассматривается как основной приемник традиционного автомобиля в городах.

Альтернативные виды топлива, которые могут прийти на смену жидким и газообразным топливам, можно классифицировать следующим образом: - по составу: углеводородно-кислотные (спирты), эфиры, эстеры, водородные топлива с добавками; - по агрегатному состоянию: жидкие, газообразные, твердые; - по объемам использования: целиком, в качестве добавок; - по источникам сырья: из угля, торфа, сланцев, биомассы, горючего газа, электроэнергии и др.

Газовые топлива уже сегодня заняли достойное место наряду с нефтяными топливами, поэтому в качестве альтернативного вида можно рассматривать только сжиженные природные газы. Основной проблемой использования данного вида топлива является хранение метана на борту автомобиля. Метан сжижается только при очень низких температурах  $-165^{\circ}\text{C}$ .

Спиртовые топлива этанол и метанол обладают высоким октановым числом и энергетической ценностью, имеют пожароопасность более низкую, чем у

бензинов, и могут производиться из отходов различных производств (древесина, сахарный тростник, отходы пищевой промышленности и др.). Спиртовые топлива обеспечивают двигателю высокий КПД и низкий уровень выбросов и особенно популярен в теплых странах. Так, Бразилия после своего нефтяного кризиса 1973 г. активно использует этанол - в стране более 7 млн автомобилей заправляются этанолом и еще 9 млн - его смесью с бензином (газохолом). США является вторым мировым лидером по масштабному изготовлению этанола для нужд автотранспорта. Этанол используется как «чистое» топливо в 21 штате, а этанол-бензиновая смесь составляет 10% топливного рынка США и применяется более чем в 100 млн двигателей. Метанол может смешиваться с бензином и служить основой для эфирной добавки - метилтретбутилового эфира, который в настоящее время замещает в США большее количество бензина и сырой нефти, чем все другие альтернативные топлива вместе взятые. В России использование спиртов рассматривается в качестве высокооктановых добавок к бензинам, это вызвано низким уровнем пусковых качеств спиртовых топлив. Низкое давление насыщенных паров и высокая теплота испарения спиртов делают практически невозможным запуск карбюраторных двигателей уже при температурах ниже +10°C. Для улучшения пусковых качеств в спирты добавляют 4-6% изопентана или 6-8% диметилового эфира, что обеспечивает нормальный пуск двигателя при температуре окружающего воздуха от -20 до -25°C. Для этой же цели спиртовые двигатели необходимо оборудовать специальными пусковыми подогревателями. При неустойчивой работе двигателя на повышенных нагрузках из-за плохого испарения спиртов требуется дополнительный подогрев топливной смеси с помощью, например, отработавших газов.

Одной из наиболее серьезных проблем, затрудняющих применение добавок метанола к бензинам, является низкая стабильность бензино-метанольных смесей и особенно чувствительность их к воде. Различие плотности бензина и метанола и высокая растворимость последнего в воде приводят к тому, что попадание даже небольших количеств воды в смесь ведет к ее немедленному расслоению и осаждению водно-метанольной части топлива. Склонность к расслоению усиливается с понижением температуры, увеличением концентрации воды и уменьшением содержания ароматических соединений в бензине. Например, при содержании от 0,2 до 1,0% (об.) воды в топливной смеси температура расслаивания повышается от -20 до +10°C, а такая смесь практически непригодна к использованию. Для стабилизации бензино-метанольных смесей необходимо использовать присадки.

Водород как вид автомобильного топлива рассматривается очень давно. В качестве водородосодержащего топлива, как правило, используется либо сжатый водород, либо метанол. В этом направлении работает достаточно много за-

рубежных автомобильных фирм, и если им в итоге удастся приблизить стоимость автомобилей, работающих на водороде, к бензиновым, то это станет реальной альтернативой традиционным нефтяным топливам в странах, импортирующих нефть. В настоящее время стоимость зарубежного экспериментального легкового автомобиля с топливными элементами составляет порядка 1 млн дол. США. Топливные элементы - это устройства, генерирующие электроэнергию непосредственно на борту транспортного средства, - в процессе реакции водорода и кислорода образуются вода и электрический ток. Кроме того, к недостаткам применения топливных элементов следует отнести повышенную взрывоопасность водорода и необходимость выполнения специальных условий его хранения, а также высокую себестоимость получения водорода.

В последние годы в США, Канаде и странах ЕС возрос коммерческий интерес к биодизельному топливу, в особенности к технологии его производства из рапса (возможно также производство из отработанного растительного масла). В Австрии такое топливо уже сейчас составляет 3% общего рынка дизельного топлива при наличии производственных мощностей до 30 тыс. т/год; во Франции эти мощности составляют 20 тыс. т/год; в Италии - 60 тыс. т/год. В США планируется на 20% заменить обычное дизельное топливо биодизельным и использовать его на морских судах, городских автобусах и грузовых автомобилях. Применение биодизельного топлива связано, в первую очередь, со значительным снижением эмиссии вредных веществ в отработанных газах (на 25-50%), улучшением экологической обстановки в регионах интенсивного использования дизелей (города, реки, леса, открытые разработки угля (руды), помещения парников и т.п.) - содержание серы в биодизельном топливе составляет 0,02%.

Биогаз относится к топливам, получаемым из местного сырья, представляет собой смесь метана и углекислого газа и является продуктом метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения. Хотя потенциальных источников для его производства достаточно много, на практике круг их сужается вследствие географических, климатических, экономических и других факторов.

Для нашей страны одним из альтернативных источников для получения автомобильных топлив являются газовые конденсаты, запасы которых достаточно велики. Вопросы использования газовых конденсатов уже были решены в Советском Союзе. Так, для решения задачи увеличения выпуска дизельных топлив предлагалось использовать для дизелей топлива широкого фракционного состава (ШФС). Эти топлива состоят из дизельных и бензиновых фракций (примерно 40% бензиновых и 60% дизельных). Они обладают лучшими низкотемпературными свойствами, более низкой температурой начала кипения. Од-

нако наличие бензиновых фракций обуславливает повышенную пожаро- и взрывоопасность данных топлив и некоторое снижение цетанового числа.

Показатели товарного газоконденсатного топлива были определены ТУ 51-28-81 «Топливо газоконденсатное широкофракционное для быстроходных дизелей» (таблица 2.28). Данные топлива получают прямой перегонкой газовых конденсатов с последующим смешиванием с товарными дизельными топливами.

Следует отметить, что производство и применение тех или иных видов альтернативного топлива в отдельно взятой стране связано с рядом ограничений и особенностей развития отдельных отраслей народного хозяйства.

Таблица 2.28 – Показатели качества газоконденсатных топлив

Показатель	Марка		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	40	40	37
Фракционный состав, °С:			
начало кипения, не ниже	80	70	70
$t_{50\%}$ , не выше	250	250	250
$t_{96\%}$ , не выше	360	360	360
Кинематическая вязкость при 20°С, мм <sup>2</sup> /с, не ниже	1,8	1,5	1,2
Температура застывания, °С, не выше	-15	-40	-55
Температура помутнения, °С, не выше	-5	-25/-35*	-
Концентрация фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> , не более	40	30	30
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
* в числителе значение для умеренной зоны, в знаменателе - для холодной			

## 3 СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### 3.1 Общие сведения

Работа всех агрегатов автомобиля сопровождается трением контактирующих и перемещающихся друг относительно друга поверхностей. На преодоление сил трения частично расходуется мощность развиваемая двигателем, процесс трения сопровождается износом деталей и узлов автомобиля. Наличие сил трения, износ поверхностей трения и тепловыделения на деталях влияют на эффективность работы и долговечность автомобиля. Для уменьшения влияния этих факторов в агрегатах автомобилей применяются смазочные материалы. Режимы работы агрегатов, процессы износа в них при контактном взаимодействии деталей изучает триботехника. Триботехника - наука о контактном взаимодействии твердых тел при их относительном движении, охватывающая весь комплекс вопросов трения, изнашивания и смазывания машин.

В технике под поверхностью детали понимается наружный слой, который по строению и другим физическим свойствам отличается от внутренних слоев. Комплекс свойств приобретаемых поверхностью детали в результате ее обработки, характеризуется обобщенным понятием «качество поверхности». Реальная поверхность не является гладкой, она имеет неровности: выступы и впадины с относительно малыми расстояниями между ними, эти неровности, образующие в совокупности рельеф поверхности, называются шероховатостью поверхности, иногда их именуют микронеровностями. При сближении деталей их поверхности контактируют только верхушками неровностей, сила трения зависит от нагрузки, материалов деталей и наличия между ними смазки.

По наличию смазочного материала различают трение без смазочного материала (сухое и полусухое), граничное, жидкостное и полужидкостное. В таблице 3.1 приведены примерные значения коэффициентов трения, при различных видах трения [9].

Таблица 3.1 – Ориентировочные значения коэффициентов трения

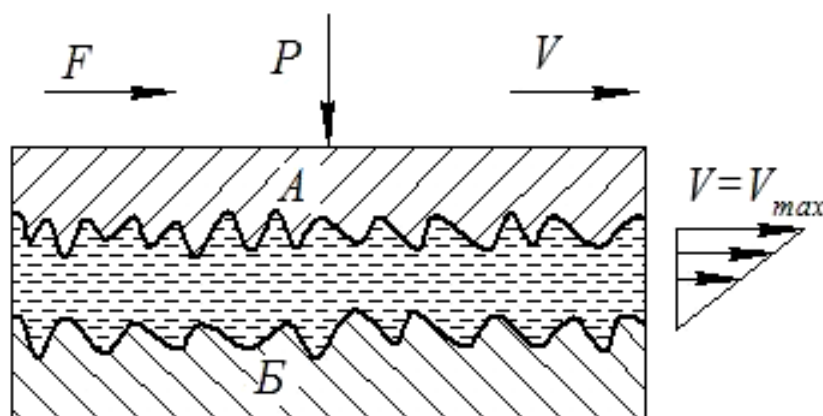
Вид трения	Значение коэффициента трения
Жидкостное	0,002...0,01
Полужидкостное	0,01...0,05
Граничное	0,06...0,1
Полусухое	0,1...0,8
Сухое	0,8 и выше

Отличительной особенностью трения без смазочного материала является то, что между поверхностями трущихся деталей отсутствует слой смазочного материала и трение происходит в условиях «масляного голодания». При этом в зонах контакта трущихся поверхностей возникают высокие температуры, в точечных зонах контакта возможно схватывание и сваривание металла, в результате чего образуются задиры.

В условиях граничного трения между трущимися поверхностями имеется тонкая пленка смазочного материала, предохраняющая их от механических и тепловых воздействий. При нарушении граничной пленки наступает трение без смазочного материала, которое подразделяют на сухое и полусухое.

Жидкостное трение происходит в условиях полного разделения поверхностей трения жидким смазочным материалом, в этом случае сила трения определяется лишь внутренним трением слоев в смазочном материале (рисунок 3.1). Установлено, что масляные слои имеют разные скорости перемещения [10]. Частицы масла, находящиеся около движущейся поверхности А, имеют максимальную скорость, равную скорости перемещения поверхности А, а слои масла, находящиеся около неподвижной поверхности Б, остаются неподвижными.

Любой агрегат автомобиля работает в определенных условиях, которые зависят от его конструкции, скоростных и нагрузочных режимов работы, качества обработки сопряженных деталей. При этом применяемое масло должно обеспечивать наилучший режим трения, т.е. жидкостное трение, при котором смазочный материал полностью разделяет взаимоперемещающиеся поверхности и резко снижает процессы износа деталей автомобиля. Подавляющая часть смазочных материалов всех назначений готовится на базе продуктов переработки нефти.



**А, Б - сопряженные детали; F - тангенциальная составляющая силы;  
P - нормальная составляющая; V - относительная скорость перемещения  
деталей**

**Рисунок 3.1 – Распределения скоростей слоев масла  
при жидкостном трении**



Общие требования к автомобильным маслам можно свести к следующему:

1 - масло должно разделять трущиеся детали надежным масляным слоем, обеспечивающим жидкостное трение или в особо тяжелых условиях создавать на их поверхности прочную масляную пленку, предохраняющую от возникновения сухого трения;

2 - масло должно надежно удерживаться на поверхности деталей предохраняя их от коррозии;

3 - масло должно отводить от трущихся деталей тепло, смывать с их поверхности продукты износа и легко отделяться от последних при фильтрации;

4 - масло должно сохранять стабильные физико-химические свойства при хранении и эксплуатации;

5 - масло должно быть экономичным и доступным по цене;

6 - моторные масла должны обладать высокой физико-химической стабильностью при повышенных температурах, а также не образовывать отложений и нагаров;

7 - трансмиссионные масла должны обладать высокими противозадирными и противоизносными свойствами.

В процессе работы масла подвергаются воздействию различных факторов, таких, как высокая температура отработавших газов и деталей, интенсивное контактирование с кислородом воздуха и продуктами сгорания, каталитическое воздействие металлов и сплавов, высокие удельные нагрузки в подшипниках и других узлах трения, резкие изменения нагрузочных и скоростных режимов.

Воздействие этих факторов на масло приводит к возникновению в нем сложных физико-химических процессов, поэтому с течением времени качество масла меняется. В связи с этим масла должны иметь определенные свойства, обеспечивающие их длительную работу и весь комплекс требований, предъявляемых к ним.

Все показатели физико-химических свойств масел по характеру их влияния на качество масла можно разбить на четыре группы:

1 - показатели качества, влияющие на смазывающие и вязкостно-температурные свойства масел;

2 - показатели качества, влияющие на склонность масел к образованию отложений в агрегатах и нагаров в ДВС;

3 - показатели качества, влияющие на коррозионный износ деталей;

4 - контрольные показатели, определяющие соответствие масел стандартам и техническим условиям.

Следует отметить, что наибольшее влияние на качество масел оказывает первая группа показателей и особенно вязкостно-температурные свойства.

Для характеристики вязкостно-температурных и смазывающих свойств масел используют следующие показатели: нормируемая кинематическая вязкость при разных температурах, динамические вязкости при отрицательных температурах, индекс вязкости, температурный коэффициент вязкости, температура застывания.

Вязкость масла существенно влияет на износ трущихся деталей, потерю энергии на трение и надежность прокачиваемости масел по системе смазки, на легкость и продолжительность пуска ДВС, степень очистки масел в фильтрах, а также расход масла и топлива.

Вязкость масла при одинаковых температурах и давлении зависит от химического состава и структуры углеводородов из которых состоят масла. Самая низкая вязкость у парафиновых углеводородов, самая высокая – у полициклических ароматических углеводородов.

Смазочные масла состоят из основы (базового масла) и присадок (от 3...8% до 25%). Базовые масла вырабатываются из мазута путем его вакуумной перегонки (эти масла получили названия минеральных) или путем переработки других сложных веществ (эфиров, углеводородов и так далее) - эти масла получили название синтетических.

Стандартами для отечественных моторных масел нормируется кинематическая вязкость при 100°C и 0°C, для всесезонных при -18°C, иногда при -20°C, -30°C, -40°C.

Зависимость вязкости от температуры называется вязкостно-температурной характеристикой. Лучшими вязкостно-температурными свойствами обладает масло, у которого вязкость в меньшей степени изменяется при изменении температуры, то есть вязкостно-температурная характеристика которого более пологая.

Для характеристики изменения вязкости от температуры в ГОСТах нормируется показатель индекс вязкости (ИВ): чем выше ИВ масла, тем лучше вязкостно-температурные свойства масла. Индексом вязкости называется относительная величина, которая показывает степень изменения вязкости масла в зависимости от его температуры по сравнению с эталонным маслом.

Однако вязкостно-температурные характеристики даже самых лучших минеральных масел не удовлетворяют требованиям, предъявляемым двигателем, поэтому с целью улучшения показателей качества товарных масел в последнее время все большее распространение получают синтетические и полусинтетические масла, индекс вязкости которых значительно выше, чем у мине-

ральных. В минеральные масла для улучшения вязкостно-температурных свойств добавляют значительное количество присадок.

### 3.2 Моторные масла

Моторные масла работают в наиболее тяжелых условиях, в современных автомобильных двигателях опорами для коленчатых и распределительных валов почти исключительно служат подшипники скольжения. Работоспособность подшипника скольжения достигается использованием так называемого эффекта масляного клина. При вращении гладкого вала в зазор между валом и подшипником подается масло, нагрузка действующая на вал вызывает его эксцентрическое смещение, масло как бы затягивается в суживающуюся часть зазора и образует масляный клин, препятствующий соприкосновению вала с подшипником.

Чем больше давление и вязкость масла в зазоре, тем большую нагрузку выдерживает подшипник скольжения. Фактическое давление на масло в зоне клина достигает 50...80 МПа, а в некоторых конструкциях ДВС и больше. Это в сотни раз выше, чем в подающей масляной системе, однако исходя из этого не следует думать, что давление подачи масла мало влияет на работу подшипников коленчатого вала. Чем больше давление подачи, тем интенсивнее идет прокачка масла через подшипник, повышается его охлаждение, улучшается режим смазки.

Это достигается тем, что сухое трение металлических поверхностей заменяется при наличии смазки трением слоев масла между собой. Сила сцепления между молекулами металла трущейся поверхности и молекулами смазки превышает силу взаимного сцепления между молекулами самого масла, поэтому на поверхности металла образуется прочный слой смазочного материала, что и исключает возможность сухого трения и намного уменьшает механический износ деталей.

Для создания при работе двигателя в сопрягаемых деталях жидкостного трения необходимо, чтобы под действием гидродинамического давления в несущей части масляного слоя вал поднимался на определенное минимальное значение [9]. Считается, что жидкостное трение достигается, если между валом и подшипником имеется минимальный зазор:

$$h_{min} > h_{крит.мин} + h_{раб}, \quad (3.1)$$

где  $h_{крит.мин}$  – критическая толщина масляного слоя;  
 $h_{раб}$  – минимальная рабочая толщина масляного слоя,

$$h_{\text{крит.мин}} = \Delta_{\text{в}} + \Delta_{\text{п}} + \Delta_{\text{г}}, \quad (3.2)$$

где  $\Delta_{\text{в}}$  – высота неровностей вала;  
 $\Delta_{\text{п}}$  – высота неровностей подшипника;  
 $\Delta_{\text{г}}$  – отклонение от геометрической формы.

Надежность работы подшипника оценивают коэффициентом надежности жидкостного трения:

$$\xi = h_{\text{мин}}/h_{\text{крит.мин}} > 1,5, \quad (3.3)$$

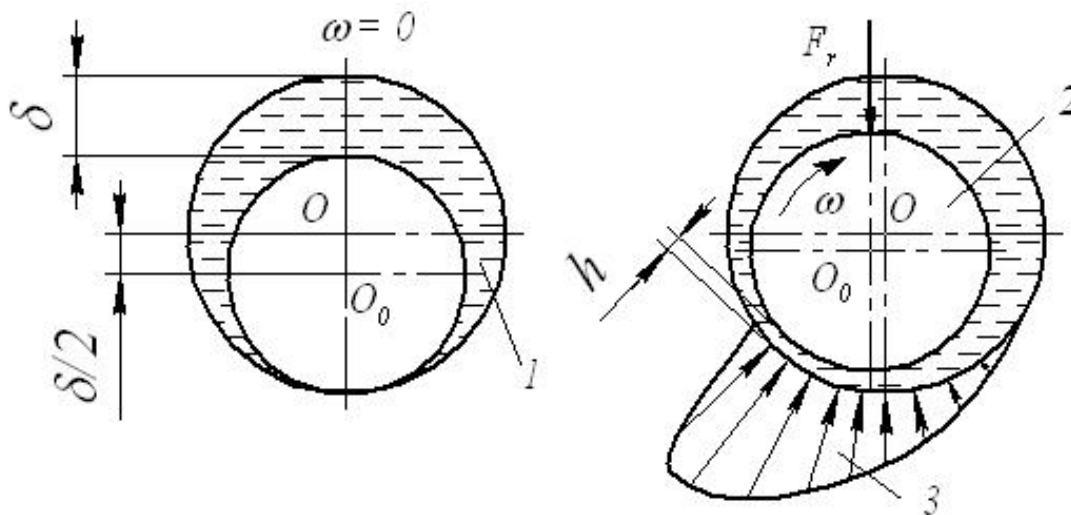
где  $\xi$  – коэффициент надежности жидкостного трения.

Для обеспечения режима жидкостного трения подбирают вязкость масла с учетом конкретных условий работы трущихся деталей. Суть теории гидродинамического трения заключается в том, что прочно прилипшая к поверхности вала подшипника масляная пленка увеличивает зазор между трущимися деталями, при определенной угловой скорости вал как бы всплывает в подшипнике (рисунок 3.2).

Для автомобильных шлифованных деталей  $h_{\text{мин}} = 0,004...0,005$  мм, для автомобильных полированных деталей  $h_{\text{мин}} = 0,002$  мм. Зная параметры применяемого масла и узла, в котором предполагается это масло использовать, можем определить несущую способность масляного слоя:

$$h_{\text{MIN}} = \frac{\eta \cdot C \cdot V}{P}, \quad (3.4)$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость масла, при расчетной температуре, Па·с;  
 $V$  – относительная скорость перемещения трущихся деталей, м/с;  
 $P$  – давление на масляный слой, МПа;  
 $C$  – коэффициент учитывающий конструкцию подшипника.



**1 — масляный клин; 2 — цапфа вала; 3 — эпюра распределения гидродинамического давления в масляном клине;  $F_r$  — радиальная нагрузка на подшипник;  $h$  — толщина масляного клина**

### **Рисунок 3.2 – Гидродинамическая смазка подшипника**

Жидкостный режим смазывания нарушается при работе ДВС в случае резких колебаний нагрузок, попадания в зазоры твердых частичек, изменения вязкости масла и т.д. Нередко, особенно после ремонта двигателя, сказывается и неоптимальная геометрия узла, при значительном отклонении формы поверхности от цилиндрической, при перекосе осей и других дефектах деталей возможно местное возрастание удельной нагрузки выше допустимого предела. Тогда пленка масла в этих местах становится тонкой, а поверхности вала и подшипника начинают соприкасаться по микронеровностям.

В этом случае может возникнуть полужидкостное трение, возникающее между трущимися деталями, на поверхности которых остался лишь тончайший слой масляной пленки, не более 1 микрона (50...100 молекулярных слоев масла). Способность масла образовывать масляную пленку на поверхности металла зависит от наличия в нем поверхностно активных полярных молекул.

Режим полужидкостной смазки допустим лишь на короткое время, когда он не успевает сказаться на износе подшипника, например, пуск холодного двигателя. Правда, в зимних условиях при холодном пуске наиболее существенна другая опасность: при очень низкой температуре масло может быть слишком вязким, и его нормальная подача обеспечивается только спустя 20...30 секунд после начала пуска. На этих режимах полужидкостная смазка способна заметно повлиять на износ деталей двигателя.

Режим граничного трения в подшипниках коленчатого вала недопустим. Тем не менее он появляется при нарушении подачи масла, что чаще всего происходит из-за его нехватки в картере либо при повреждении поддона картера.

Смазывающая способность масла зависит не только от его вязкости, образование масляной пленки в значительной степени связано с химической активностью масла, обусловленной наличием в нем жирных кислот. Для улучшения смазывающих свойств масел в них добавляют присадки в виде органических соединений серы, фосфора и хлора.

Применение масел, обеспечивающих жидкостное и в условиях особо высоких нагрузок полужидкостное трение, уменьшает потери энергии и износы деталей, увеличивает ресурс двигателя, ведет к снижению затрат на ТО и ТР. Выбор качественных смазочных материалов при незначительном увеличении затрат на их приобретение позволяет получать значительную экономию в процессе эксплуатации автомобилей. Особенно важно уметь правильно выбирать смазку и масло в условиях широкого ассортимента этих материалов, появившихся в продаже.

В настоящее время широкое применение получили четыре типа моторных масел: **минеральные** (полученные путем вакуумной перегонки мазута с последующим рафинированием); **гидрокрекинговые** (гидрокрекинг минерального масла); **полусинтетические** (смесь минерального и синтетического масел); **синтетические** (направленный синтез). При этом из группы минеральных масел обычно выделяют минеральные масла, прошедшие гидроочистку, а синтетические масла различают полиальфаолефиновое (ПАО) и эстеровые. ПАО получают путем соединения коротких углеводородных цепочек с применением этилена и бутилена. Эстеры – это сложные эфиры. Их получают, когда карбоновые кислоты нейтрализуют с помощью спирта.

Сравнительные испытания данных масел позволяют дать их условную эксплуатационную характеристику (по сравнению с минеральным базовым маслом, которое принято за 100%).

Минеральное, обычного качества - 100%; гидрокрекинговое, улучшенное минеральное – 200%; синтетическое, полиальфаолефиновое - 300% ; синтетическое, эстеровое - 500%. Качество полусинтетических масел зависит от качества тех компонентов, на базе которых оно выполнено. Гидрокрекинговые масла производители нередко пытаются позиционировать как полусинтетические и даже синтетические, так как Американский институт нефти признал гидрокрекинговые масла синтетическими. Конечно, это не верно, так как они получают-ся более глубокой и качественной обработкой минеральных компонентов.

Масла на синтетической основе впервые применили для обеспечения нормальной работы авиадвигателей на больших высотах, где температура за

бортом минус 50°C. А в автомобильной технике такие масла стали достаточно широко использоваться в 60-е годы во время интенсивного освоения нефтеносных районов Аляски. Обычное масло в таких условиях превращается в твердое тело, и его можно резать ножом.

Поэтому первое, что отличает синтетическое масло от минерального, - необычные вязкостно-температурные качества, его вязкостно-температурная характеристика ближе остальных подходит к идеальной характеристике, требуемой двигателем, что и предопределяет все более широкое его применение. Из трех масел, равновязких при 100°C - сезонного, всесезонного минерального и синтетического всесезонного - последнее наименее вязкое при отрицательной температуре. Это означает надежный пуск холодного двигателя (что не всегда можно сказать о минеральных маслах). Большая вязкость синтетического масла при температурах выше 100°C обеспечивает лучшую несущую способность масляного слоя, т.е. надежную работу узлов трения при высоких тепловых режимах. А это меньшие потери энергии и износ в трущихся парах, высокий ресурс узлов и агрегатов.

Чтобы обеспечить подобные свойства, в минеральные масла вводят загущающие присадки. К сожалению, они часто разрушаются из-за механических и термических воздействий на масло. По этой причине вязкость загущенных масел за первые сотни километров пробега (после смены масла) заметно снижается. С этим эффектом хорошо знакомы водители, в чьих машинах ДВС сильно изношены и давление на минимальных холостых оборотах уже небольшое. Только залил масло, порадовался, что контрольная лампа перестала гореть, как она через 500 км вновь заморгала.

Меньшее по сравнению с минеральными зависимость вязкости синтетических масел от температуры позволяет вводить очень небольшое количество загущающих присадок или вообще обходиться без них. Это следующее неоспоримое преимущество «синтетики». Товарные синтетические масла, не содержащие загущающих присадок, абсолютно стойки к разрушению (деструкции).

Названные свойства (низкая вязкость при отрицательных температурах и повышенная при высоких температурах) не только снижают потери на трение, делают минимальным износ деталей, но и экономят топливо - в среднем 2...3% при положительных температурах. Как подтверждает опыт, зимой снижение расхода, как правило, гораздо больше, и чем ниже температура, тем явственнее эффект.

Масло состоит из двух частей: основы (базы) и композиции присадок. Базовые синтетические масла получают, смешивая компоненты разного происхождения. Их создают путем химического синтеза, то есть из продуктов с заданными физико-химическими свойствами, однородных по строению, стабильных по составу и качеству.

В сравнении с минеральной базой «синтетики» отличает высокая термоокислительная стабильность, низкая испаряемость и малая склонность к образованию нагара и лаковых отложений. Иными словами, высокие и, что важно, стабильные эксплуатационные свойства в течении всего периода работы масла в моторе. Этого не скажешь про обычные минеральные масла. К примеру, у «жигулевского» масла через 10 тыс. км пробега характеристики по отдельным показателям снижаются на 80...90% [6].

В настоящее время нефтехимики могут конструировать масла с заданными свойствами, используя в создании основы масла компоненты различной природы (до 10 составляющих различных классов соединений), при этом усиливая положительные свойства и исключая нежелательные.

Но основа масла еще не товарный продукт, необходим комплекс присадок. Тщательно подобранная разработчиками композиция (у каждой фирмы своя и представляет коммерческую тайну) - основа успеха. Как раз она и придает маслу высокие и стабильные эксплуатационные свойства. У лучших образцов этого класса срок службы выше, чем у обычного минерального масла, в пять раз. Все же менять масло требуется с периодичностью, указанной в заводской инструкции. Тому есть объяснение. Автозавод не успел провести должные испытания масла на синтетической основе. Бывает так, что ДВС собирают, особенно при ремонте, из деталей сомнительного качества. Каким маслом его не заправишь, все равно будет значительный износ, а продукты износа можно удалить только вместе с фильтром и маслом.

Если в руководстве к автомобилю есть указание на замену масел определенных марок через 40...50 тысяч км, этому можно верить, однако такое пока существует только в инструкциях для иномарок.

При принятии решения о целесообразности перехода с минеральных масел на синтетическое, следует помнить, что последнее значительно дороже. Поэтому первое, что надо принять во внимание, - общее состояние ДВС: износ цилиндро-поршневой группы и расход масла на угар. Нужно оценить годовой пробег автомобиля и то, насколько часто приходится ездить зимой. Если годовой пробег автомобиля составляет 10...15 тысяч км – применение синтетических масел чаще всего нецелесообразно. Не следует его также применять при значительном расходе на угар. Наибольший эффект синтетические масла дают при постоянном использовании автомобиля зимой, так как они обеспечивают легкий пуск и небольшие износы в первые минуты работы ДВС.

Можно заливать «синтетику» тем, кто эксплуатирует автомобиль в тяжелых условиях - на бездорожье, в горах, с тяжелым прицепом, так как при этом двигатель работает на повышенных тепловых режимах. То же самое можно отнести к климатическим районам с жарким летом, к городам, где очень много



машин и часто приходится стоять в пробках, водителям, предпочитающим спортивный стиль езды, так как повышение температуры вызывает усиленное окисление (старение) масла, активное образование нагара и, естественно, интенсивный износ. В таких условиях синтетика обеспечит должную чистоту двигателя, надежность и ресурс. И, конечно, «синтетика» незаменима зимой в условиях Крайнего Севера.

Заметный эффект дает использование синтетики в наддувных ДВС. Они испытывают повышенные нагрузки. Кроме того, ДВС с наддувом нельзя сразу останавливать после высоких и длительных нагрузок: движение с высокой скоростью, с прицепом, в горах, по бездорожью. Двигателю в этом случае необходимо хотя бы несколько минут поработать без нагрузки на холостом ходу, за это время быстро остывает турбокомпрессор - лопатки турбины, подшипники и т.д. Если этого не сделать, то все тепло от раскаленных лопаток пойдет через подшипник, который смазывается под давлением моторным маслом только во время работы. Оставшаяся в нем масляная пленка примет на себя весь тепловой удар - последствия этого могут быть плачевны: очень быстрое окисление, образование лака и залипание подшипника.

«Синтетика» с ее более высокой термоокислительной стабильностью и меньшей склонностью к образованию отложений снизит интенсивность этого процесса, поэтому повысится надежность и эффективность работы агрегата.

При переводе отечественных ДВС на синтетику надо иметь в виду, что основные наши моторы проектировались и испытывались более 10-20 лет назад в расчете на минеральные масла классов SE и SF. Синтетические масла появились на нашем рынке гораздо позже и соответствуют более высоким классам - SG и SH, поэтому прямых указаний автозаводов на возможность их использования в инструкциях по эксплуатации нет, и необходимо помнить, что синтетика может не сочетаться с некоторыми сальниками наших ДВС. Однако производители масел указывают, что «синтетику» можно применять там, где в свое время были рекомендованы масла более «низких» классов, например, SH вместо SG, SF, SE.

При замене минеральных масел на синтетические обычно проблем не возникает. Тем не менее следует тщательно, как можно полнее слить предыдущее масло, чтобы свести к минимуму их взаимодействие, сменив, конечно и фильтр.

Основными трудностями в применении синтетических масел является: 1 - сложность производства и, как следствие высокая цена, она превышает цену минеральных масел в 3...5 раз; 2 - совместимость «синтетики» с резинотехническими изделиями, отдельные компоненты синтетических базовых масел достаточно агрессивны к некоторым типам эластомеров. В этом в свое время убедились те, кто заливал авиационную синтетику в ДВС своих автомобилей, сальники и уплотнения служили очень не долго. Однако эти проблемы для ав-

томобильных масел в принципе решены и при эксплуатации двигателя практически не возникают; 3 - не все присадки, используемые в минеральных маслах, растворяются в синтетических, по этой причине не следует доливать минеральное масло в синтетическое и наоборот, всегда лучше доливать то масло, которое залито в картер при смене.

Отличить синтетическое масло от минерального можно прежде всего по маркировке - в названии обычно есть слово «синтетика» (Synthetik), а также по классификации API и SAE. Как правило, синтетические масла универсальные и соответствуют классам SG, SH, SJ, SI в категории «Service» (для бензиновых ДВС) и CD, CE, CF, CF-4, CG, CH, CJ в категории «Commercial» (для дизелей). По SAE - это всесезонные масла очень широкого диапазона: 5W-40, 5W-50, 10W-40, 10W-60.

### ***3.2.1 Маркировка и классификация моторных масел***

Масла для ДВС принято называть моторными маслами для поршневых двигателей. К этой группе относятся масла, предназначенные для смазывания карбюраторных, дизельных и авиационных поршневых двигателей. В пособии рассматриваются только автомобильные масла для бензиновых и дизельных автомобилей.

Прежде всего, рассмотрим идеи, лежащие в основе классификации моторных масел, и признаки, по которым масла классифицируются. Необходимость подразделять моторные масла на классы, категории, группы возникла в связи с тем, что: 1 - автомобили эксплуатируют в широком диапазоне температур окружающей среды, и неизбежно применение масел различной вязкости; 2 - в работающем парке подвижного состава эксплуатируют автомобили разных годов выпуска, всегда есть модели, предъявляющие существенно отличающиеся требования к свойствам масел (бензиновые ДВС, дизели, двигатели с турбонаддувом и т.д.); 3 - постоянно существует стремление и потребность к улучшению топливно-экономических и экологических требований к автомобилям, повышению их ресурса, снижению затрат, времени и средств на техническое обслуживание, на данные параметры значительно влияет качество моторных масел, что делает необходимым введение новых классификаций масел; 4 - производителям моторных масел и присадок к ним, автомобилестроителям и потребителям их продукции нужна система взаимного обмена информацией об уровне свойств и важнейших характеристиках масел, единообразно понимаемой всеми сторонами.

То есть классификация – это определенный язык, на котором говорят о моторных маслах специалисты заинтересованных отраслей. В этом главная идея разработки и широкого международного применения классификации. В

настоящее время моторные масла классифицируются по трем признакам, это: 1 - вязкостно-температурные свойства; 2 - уровень эксплуатационных свойств и область применения; 3 - наличие или отсутствие энергосберегающих свойств (способность обеспечивать экономию топлива).

Для облегчения подбора моторных масел необходимо разбираться в существующих классификациях, так как именно в них заключена вся основная информация о моторных маслах, предназначенная для потребителя.

Существует несколько классификаций масел. В нашей стране основной в настоящее время остается отечественная классификация по ГОСТ 17479.1 – 85. В соответствии с ним моторные масла классифицирует по вязкости и уровню эксплуатационных свойств. Все масла разделены на 22 класса вязкости (таблица 3.2). По уровню эксплуатационных свойств моторные масла делятся на шесть групп (таблица 3.3), которые (кроме группы А), в свою очередь, подразделяются на две подгруппы 1 и 2, для бензиновых и дизельных ДВС.

Таблица 3.2 – Классы моторных масел по вязкости

Класс вязкости		Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре	
		100°С	-18°С, не более
Зимние	3 <sub>з</sub>	3,8	12500
	4 <sub>з</sub>	4,1	2600
	5 <sub>з</sub>	5,6	6000
	6 <sub>з</sub>	5,6	10400
Летние	6	св.5,6 до 7.0 включ.	10400
	8	св.7,0 до 9.3 включ.	10400
	10	св. 9,3 до 11.5 включ.	10400
	12	св. 11,5 до 12.5 включ.	10400
	14	св.12,5 до 14.5 включ.	10400
	16	св.14,5 до 16.3 включ.	10400
	20	св.16,3 до 21.9 включ.	10400
	24	св.21,9 до 26.1 включ.	10400
Всесезонные	3 <sub>з</sub> /8	св.7,0 до 9.3 включ.	1250
	4 <sub>з</sub> /6	св.5,6 до 7.0 включ.	2600
	4 <sub>з</sub> /8	св.7,0 до 9.3 включ.	2600
	4 <sub>з</sub> /10	св.-9,3 до 11.5 - включ.	2600
	5 <sub>з</sub> /10	св.9,3 до 11.5 включ.	6000
	5 <sub>з</sub> /12	св.11,5 до 12.5 включ.	6000
	5 <sub>з</sub> /14	св.12,5 до 14.5 включ.	6000
	6 <sub>з</sub> /10	св.9,3 до 11.5 включ.	10400
	6 <sub>з</sub> /14	св.12,5 до 14.5 включ.	10400
	6 <sub>з</sub> /16	св.14.5 до 16.3 включ.	10400

Таблица 3.3 – Группы моторных масел по области применения

Группа масла по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
1	2	3
А	-	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
В	В <sub>1</sub>	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
В	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
	Г <sub>2</sub>	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, антикоррозионными 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 таблице 3.4 приведено соответствие обозначений моторных масел по ГОСТ 17479.1-85 и товарных марок отечественных масел.

Таблица 3.4 – Соответствие обозначений моторных масел по ГОСТ 17479.1-85, принятым в нормативно-технической документации

Обозначение масла по ГОСТ 17479.1-85	Принятое обозначение масла	Нормативно-техническая документация
1	2	3
М - 6з/10 - В	М-6/10В (ДВ-АСЗп-10В)	ГОСТ 10541 - 78
М - 5з/10 - Г <sub>1</sub>	М - 5з/10 Г <sub>1</sub>	ГОСТ 10541 - 78
М - 6з/12 - Г <sub>1</sub>	М - 6з/12 Г <sub>1</sub>	ГОСТ 10541 - 78
М - 8 - Г <sub>1</sub> (и)	М - 8ГИ зимнее	ТУ 38.10148 - 85
М - 12 - Г <sub>1</sub> (и)	М - 12ГИ летнее	ТУ 38.10148 - 85
М - 10 - Г <sub>1</sub> (и)	М -10ГИ(всесезонное)	ТУ 38.10148 - 85
М - 20 - А	МС - 20П	ТУ 38.101265 - 88
М - 16 - Б <sub>2</sub> (Т)	МТ - 16 П	ГОСТ 6360 - 83
М - 16 - А (Т)	М - 16ПЦ	ГОСТ 6360 - 83
М - 8 - А (Т)	МТ - 8П	ТУ 38.101277 - 85
М - 6з/10 - Б <sub>2</sub>	МТЗ-10П(М 6з/10Б <sub>2</sub> )	ГОСТ 25770 - 83
М - 14 - Б <sub>2</sub>	М - 14Б	ТУ 38.101264 - 72
М - 10 - В <sub>2</sub>	М - 10 В <sub>2</sub>	ГОСТ 8581 - 78
М - 8 - В <sub>2</sub>	М - 8 В <sub>2</sub> С	ТУ 38.401595 - 86
М - 10 - В <sub>2</sub> (с)	М - 10 В <sub>2</sub> С	ГОСТ 12337 - 84
М - 12 - В <sub>2</sub>	М - 12ВУ	ТУ 38.001248 -76
М - 14 - В <sub>2</sub>	М - 14 В <sub>2</sub>	ГОСТ 12337 - 84
М - 14 - В <sub>2</sub> (з)	М - 14 В <sub>2</sub> З	ГОСТ 23497 - 79
М - 16 - В <sub>2</sub>	М-16ИХП-3 (М - 6 В <sub>2</sub> )	ГОСТ 25770 - 83
М - 20 - В <sub>2</sub>	М - 20 В <sub>2</sub>	ГОСТ 23497 - 79
М - 20 - В <sub>2</sub> (ф)	М - 20 В <sub>2</sub> Ф	ГОСТ 12337 - 84
М - 10 - Г <sub>2</sub> (цс)	М - 10Г <sub>2</sub> ЦС	ГОСТ 12337 - 84
М - 8 - Г <sub>2</sub>	М - 8Г <sub>2</sub>	ГОСТ 8581 - 78
М - 10 - Г <sub>2</sub>	М - 10Г <sub>2</sub>	ГОСТ 8581 - 78
М - 8 - Г <sub>2</sub> (к)	М - 8 Г <sub>2</sub> к	ГОСТ 8581 - 78
М - 10 - Г <sub>2</sub> (к)	М - 10 Г <sub>2</sub> к	ГОСТ 8581 - 78
М - 10 - Г <sub>2</sub> (у)	М - 10 Г <sub>2</sub> У	ТУ 38.401670 - 87
М - 8 - Г <sub>2</sub> (ки)	М - 8 Г <sub>2</sub> КИ	ТУ 38.1011278 -89
М - 10 - Г <sub>2</sub> (ки)	М - 10 Г <sub>2</sub> КИ	ТУ 38.1011278 -89
М - 14 - Г <sub>2</sub> (цс)	М -14Г <sub>2</sub> ЦС	ГОСТ 12337 -84
М - 14 - Г <sub>2</sub>	М - 14Г <sub>2</sub>	ГОСТ 12337 -84
М - 16 - Г <sub>2</sub> (цс)	М - 16Г <sub>2</sub> ЦС	ГОСТ 12337 -84
М - 20 - Г <sub>2</sub>	М - 20Г <sub>2</sub>	ГОСТ 12337 -84
М - 10 - Д (м)	М - 10 ДМ	ГОСТ 8581-78
М - 8 - Д (м)	М - 8ДМ	ГОСТ 8581-78
М - 14 - Д (м)	М - 14ДМ	ТУ 38.401682 - 88
М - 10 - Д (цл 20)	М - 10ДЦЛ - 20	ГОСТ 12337 - 84
М - 14 - Д (цл 20)	М - 14ДЦЛ - 20	ГОСТ 12337 - 84

М - 14 - Д (цл 30)	М - 14ДЦЛ - 30	ГОСТ 12337 - 84
М - 16 - Е (30)	М - 16Е30	ГОСТ 12337 - 84
М - 16 - Д (р)	М - 16ДР	ГОСТ 12337 - 84

В 1998 г. Ассоциация автомобильных инженеров (ААИ) России предложила рекомендательный стандарт по классификации масел: РФ СТО ААИ 003-98 «Масла моторные для автомобильной техники. Классификация. Обозначение и технические требования» (таблица 3.5).

Возникновение этого стандарта связано с тем, что в основу действующей классификация по ГОСТ 17479.1 положены показатели, регламентируемые значения которых не дают представления о реальных эксплуатационных свойствах масел. Стандарт ААИ вводит классификацию моторных масел, построенную по типу зарубежных классификаций, устанавливает общепринятые принципы обозначения масел с указанием их торговой марки [11].

Таблица 3.5 – Классификация моторных масел по ААИ

Категория	Расшифровка
<i>Классификация масел для бензиновых двигателей</i>	
Б1	Бензиновые двигатели грузовых автомобилей
Б2	Бензиновые двигатели легковых автомобилей выпуска до 1996 г.
Б3	Бензиновые двигатели легковых автомобилей выпуска после 1996 г
Б4	Бензиновые двигатели, отвечающие требованиям Евро-2
Б5	Перспективные бензиновые двигатели с улучшенными экологическими показателями
Б6	Бензиновые двигатели, отвечающие требованиям Евро-4
<i>Классификация масел для дизельных двигателей</i>	
Д1	Дизели грузовых автомобилей без наддува
Д2	Дизели грузовых автомобилей с наддувом, дизели грузовых автомобилей без наддува, работающие в тяжелых условиях
Д3	Дизели грузовых автомобилей с наддувом, работающие в тяжелых условиях и имеющие повышенные экологические показатели
Д4	Дизели грузовых автомобилей с наддувом, работающие в тяжелых условиях и отвечающие требованиям Евро-2 по выбросам токсичных компонентов
Д5	Дизели грузовых автомобилей с наддувом, работающие в тяжелых условиях и отвечающие требованиям Евро-3 по выбросам токсичных компонентов

Универсальные моторные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и в бензиновых двигателях, должны иметь двойное обозначение.

Первым указывается обозначение, определяющее область основного применения масла, например, «ДЗ/БЗ», по классификации ААИ.

В настоящее время очень широко используется классификация по вязкостно-температурным свойствам - **SAE** (Society of Automotive Engineers, переводится, Американское Общество Автомобильных Инженеров) в соответствии с ней масла делятся на 11 классов вязкости, 6 зимних и 5 летних (таблица 3.6). Всесезонные масла, пригодные для круглогодичного применения, обозначают сдвоенным номером, один из которых указывает зимний, а другой - летний класс, например, 10W-40, 15W-40, 20W-50 и т. д.

Соответствие классов вязкости по ГОСТ 17479.1-85 и SAEj300, только ориентировочное, так как некоторые показатели различны по их определению (таблица 3.7).

Таблица 3.6 – Классификация моторных масел по SAE J300 DEC99

Класс вязкости		Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
		Проворачиваемость МПа·с, max, при температуре, °С	Прокачиваемость МПа·с, max, при температуре, °С	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с при 100 °С		При высокой скорости сдвига МПа·с, min, при 150°С и 10 <sup>6</sup> с <sup>-1</sup>
				min	max	
Зимние	0W	6200 при -35	60000 при -40	3,8	-	-
	5W	6600 при -30	60000 при -35	3,8	-	-
	10W	7000 при -25	60000 при -30	4,1	-	-
	15W	7000 при -20	60000 при -25	5,6	-	-
	20W	9500 при -15	60000 при -20	5,6	-	-
	25W	13000 при -10	60000 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*
	40	-	-	12,5	16,3	3,7**
	50	-	-	16,3	21,9	3,7
	60	-	-	21,9	26,1	3,7

\*0W-40, 5W-40 и 10W-40 классы

\*\*15W-40, 20W-40 и 25W-40 классы

По уровню эксплуатационных свойств международным языком стала квалификационная система, разработанная американским нефтяным институтом American Petroleum Institute (**API**). Все масла разделены на два класса: S - соответствующий использованию данного масла в бензиновом двигателе (сервисное) и C - использование в дизельном двигателе (коммерческое). Ступени качества уровня обозначаются латинскими буквами, начиная от А (таблица 3.8).

Таблица 3.7 – Соответствие классов вязкости моторных масел ГОСТ 17479.1 - 85 классификации SAE J300 DEC99

Класс вязкости по ГОСТ 17479.1 - 85	Класс по SAE J 300	Класс вязкости по ГОСТ 17479.1 - 85	Класс по SAE J 300
3з	5W	24	60
4з	10W	3з/8	5W - 20
5з	15W	4з/6	10W - 20
6з	20W	4з/8	10W - 20
6	20	4з/10	10W - 30
8	20	5з/10	15W - 30
10	30	5з/12	15W - 30
12	30	5з/14	15W - 40
14	40	6з/10	20W - 30
16	40	6з/14	20W - 40
20	50	6з/16	20W - 40

Таблица 3.8 – Классификация моторных масел по API

Группа масел	Рекомендуемая область применения	Года выпуска автомобилей
1	2	3
<i>Для бензиновых двигателей - классы масел по шкале S</i>		
<b>SM</b>	Введена в ноябре 2004	с 2004
<b>SL</b>	(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
<b>SJ</b>	(Действующая). Категория утверждена 06.11.1995, лицензии стали выдаваться с 15.10.1996. Автомобильные масла данной категории предназначены для всех используемых в настоящее время бензиновых двигателей и полностью заменяют масла всех существовавших ранее категорий в более старых моделях двигателей. Максимальный уровень эксплуатационных свойств. Возможность сертификации по категории энергосбережения API SJ/EC	с 1996



1	2	3
<b>SH</b>	(Условно действующая). Лицензированная категория, утвержденная в 1992 году. На сегодняшний день категория является условно действующей и может быть сертифицирована только как дополнительная к категориям API C (например API AF-4/SH). По требованиям соответствует категории ILSAC GF-1, но без обязательного энергосбережения. Автомобильные масла данной категории предназначены для бензиновых двигателей моделей 1996 года и старше. При проведении сертификации на энергосбережение в зависимости от степени экономии топлива присваивались категории API SH/EC и API SH/ECII	с 1993
<b>SG</b>	Лицензированная категория, утвержденная в 1988 году. Выдача лицензий прекращена в конце 1995 года. Автомобильные масла предназначены для двигателей моделей 1993 года и старше. Топливо - неэтилированный бензин с оксигенатами. Удовлетворяют требованиям, выдвигаемым к автомобильным маслам для дизельных двигателей категории API CC и API CD. Имеют более высокую термическую и противоокислительную стабильность, улучшенные противоизносные свойства, уменьшенную склонность к образованию отложений и шлама. Автомобильные масла API SG заменяют масла категорий API SF, SE, API SF/CC и API SE/CC	1989-1993
<b>SF</b>	Автомобильные масла данной категории предназначены для двигателей моделей 1988 года и старше. Топливо - этилированный бензин. Они имеют более эффективные, чем предыдущие категории, противоокислительные, противоизносные, антикоррозийные свойства и обладают меньшей склонностью к образованию высоко- и низкотемпературных отложений и шлама. Автомобильные масла API SF заменяют масла API SC, API SD и API SE в более старых двигателях	1981-1988
<b>SE</b>	Высокофорсированные двигатели, работающие в тяжелых условиях	1972-1980
<b>SD</b>	Среднефорсированные двигатели, работающие в тяжелых условиях	1968-1971
<b>SC</b>	Двигатели, работающие с повышенными нагрузками	1964-1967
<b>SB</b>	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках, используется только по требованию производителя	-
<b>SA</b>	Двигатели, работающие в легких условиях, используется только по требованию производителя	-

<i>Для дизельных двигателей - классы масел по шкале С</i>		
<b>CJ-4</b>	<p>Введена в 2006. Для быстроходных четырёхтактных 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 ppт (0,05% от массы). Однако работа с топливом, в котором содержание серы превышает 15 ppт (0,0015% от массы), может сказаться на работоспособности систем очистки выхлопных газов и/или интервалах замены масла.</p> <p>Масла CJ-4 рекомендованы для двигателей, оборудованных дизельными сажевыми фильтрами и другими системами обработки выхлопных газов.</p> <p>Масла CJ-4 рекомендованы для двигателей, оборудованных дизельными сажевыми фильтрами и другими системами обработки выхлопных газов.</p> <p>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</p>	с 2006
<b>CI-4</b>	<p>Введена в 2002 году. Для быстроходных четырёхтактных двигателей, проектируемых для удовлетворения нормам по токсичности отработавших газов, осуществляемым в 2002 году. Масла CI-4 допускают использование топлива с содержание 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.</p> <p>В 2004 году была введена дополнительная категория API CI-4 PLUS. Ужесточены требования к сажеобразованию, отложениям, вязкостным показателям</p>	с 2002
<b>CH-4</b>	<p>Введена в 1998 году. Для быстроходных четырёхтактных 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</p>	с 1998
<b>CG-4</b>	<p>Введена в 1995 году. Для двигателей быстроходной дизельной техники, работающей на топливе с содержанием серы менее чем, 0,5%. Масла CG-4 для двигателей, выполняющих требования по токсичности отработанных газов, введенные в США с 1994 года. Заменяет масла CD, CE и CF-4 категорий</p>	с 1995
<b>CF-4</b>	<p>Введена в 1990 году. Для быстроходных четырехтактных дизельных двигателей с турбонаддувом и без него</p>	с 1990
<b>CF-2</b>	<p>Введена в 1994 году. Улучшенные характеристики, используется вместо CD-II для двухтактных двигателей</p>	с 1994

<b>CF</b>	Введена в 1994 году. Масла для внедорожной техники, двигателей с разделительным впрыском, в том числе работающих на топливе с содержанием серы 0,5% от массы и выше	с 1994
<b>CE</b>	Высокофорсированные перспективные двигатели с высоким турбонаддувом, работающие в тяжелых условиях, может использоваться вместо масел классов CC и CD	с 1987
<b>CD</b>	Класс масел для скоростных дизельных двигателей с турбонаддувом и высокой удельной мощностью, работающих на больших скоростях и при высоких давлениях и требующих повышенных противоиносных свойств и предотвращения образования нагара	с 1955
<b>CC</b>	Высокофорсированные двигатели (в том числе с умеренным наддувом), работающие в тяжелых условиях	с 1961
<b>CB</b>	Среднефорсированные двигатели без наддува, работающие при повышенных нагрузках на сернистом топливе	1949-1960
<b>CA</b>	Двигатели, работающие при умеренных нагрузках на мало-сернистом топливе	1940-1950

Ориентировочное соответствие классов моторных масел по уровню эксплуатационных свойств ГОСТ 17479.1-85 и API приведено в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Ориентировочное соответствие моторных масел

ГОСТ 17479.2-85	API	ГОСТ 17479.2-85	API
А	SB	Г <sub>2</sub>	CC
Б	SC/CA	Д <sub>1</sub>	S
Б <sub>1</sub>	SC	Д <sub>2</sub>	CD
Б <sub>2</sub>	CA	Е <sub>1</sub>	S
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		

\* классы API не имеющие аналогов в ГОСТе 17479.2-85

Классификация **ACEA** - Association des Constructeurs Europeens de L'Automobile (Ассоциация Европейских Производителей Автомобилей), она сформулировала ряд единых требований к моторным маслам со стороны ведущих европейских автофирм: BMW, General Motors of Europe, DAF, FIAT, Ford of Europe, MAN, Mercedes-Benz, Pengeot, Porsche, SAAB, Scania, Volkswagen, Volvo, Rover и других. Данная классификация пришла на смену классификации

ССМС (Комитет производителей автомобилей стран общего рынка), действовавшей в Европе до 1996 года.

Эта классификация устанавливает новую, более жесткую по сравнению с ССМС европейскую классификацию моторных масел по эксплуатационным свойствам.

Классификация ACEA при её вводе состояла из трех классов - А, В, Е. Каждый класс, в свою очередь, подразделяется на категории, обозначенные арабскими цифрами. Далее указывается год введения в действие, также может указываться второе, более позднее издание данной нормы. Например, В3-98 или Е4-99, выпуск 3.

А - бензиновые двигатели (А1, А2, А3 и А5);

В - дизельные двигатели малой мощности, устанавливаемые на легковые и грузовые автомобили малой мощности (В1, В2, В3, В4 и В5);

Е - дизельные двигатели для тяжелого транспорта (Е1, Е2, Е3, Е4, Е5 и Е7).

Классификация пересматривалась несколько раз в 1998, 1999, 2002 и 2004 годах. Классификация ACEA 2004 (таблица 3.10) имеет существенные отличия от предыдущих:

- прежние классы А (масла для бензиновых двигателей) и В (масла для дизелей легковых автомобилей, фургонов, микроавтобусов) объединены в один новый класс А/В, который распространяется на универсальные масла, предназначенные для применения во всех названных двигателях (А1/В1-04, А3/В3-04, А3/В4-04, А5/В5-04);

- введен новый класс С на масла, совместимые с катализаторами обезвреживания отработавших газов и сажевыми фильтрами (С1-04, С2-04, С3-04);

- из класса Е (масла для тяжелых грузовиков) исключены две категории и введены две новые (Е2-96, выпуск 5, Е4-99, выпуск 3, Е6, Е7).

В значительной мере обновление классификации ACEA обусловлено введением новых ужесточенных требований Euro-4 по токсичности отработавших газов и необходимостью обеспечения длительной работы агрегатов.

Таблица 3.10 – Описание классов ACEA 2004

Обозначение класса	Описание
1	2
<b>А1/В1-04</b>	Масла, предназначенные для применения в бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств, в которых возможно использование масел, снижающих трение, маловязких при высокой температуре и высокой скорости сдвига (от 2,9 до 3,5 мПа·с)

<b>A3/B3-04</b>	Стойкие к механической деструкции масла с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств и/или для применения с увеличенными интервалами между сменами масла в соответствии с рекомендациями изготовителей двигателей, и/или для применения в особо тяжелых условиях эксплуатации, и/или всесезонного применения маловязких масел
<b>A3/B4-04</b>	Стойкие к механической деструкции масла с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях с непосредственным впрыском топлива
<b>A5/B5-04</b>	Стойкие к механической деструкции масла, предназначенные для применения с увеличенными интервалами между сменами масла в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств, в которых возможно использование масел, снижающих трение, масловязких при высокой температуре и высокой скорости сдвига (от 2,9 до 3,5 мПа·с)
<b>A5/B5-04</b>	Стойкие к механической деструкции масла, предназначенные для применения с увеличенными интервалами между сменами масла в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств, в которых возможно использование масел, снижающих трение, масловязких при высокой температуре и высокой скорости сдвига (от 2,9 до 3,5 мПа·с)
<b>C1-04</b>	Стойкие к механической деструкции масла, совместимые с агрегатами нейтрализации отработанных газов, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств, оборудованных сажевыми фильтрами и трехкомпонентными катализаторами. Они пригодны для двигателей, в которых возможно использование масел, снижающих трение, масловязких при высокой температуре и высокой скорости сдвига (2,9 мПа·с)
<b>C2-04</b>	Стойкие к механической деструкции масла, совместимые с агрегатами нейтрализации отработанных газов, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств, оборудованных сажевыми фильтрами и трехкомпонентными катализаторами. Они пригодны для двигателей, в которых возможно использование масел, снижающих трение, масловязких при высокой температуре и высокой скорости сдвига (2,9 мПа·с)

<b>СЗ-04</b>	Стойкие к механической деструкции масла, совместимые с агрегатами нейтрализации отработанных газов, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств, оборудованных сажевыми фильтрами и трехкомпонентными катализаторами, увеличивают срок службы последних
<b>Е6</b>	Стойкие к механической деструкции и старению масла, обеспечивающие высокую чистоту поршней, малый износ и предотвращающие негативное влияние сажи на свойства масла. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизелях, работающих в особо тяжелых условиях эксплуатации, выполняющих требования Euro-1, Euro-2, Euro-3 и Euro-4 по эмиссии токсичных веществ, и работоспособных при значительно увеличенных интервалах между сменами масла в соответствии с рекомендациями автопроизводителей. Они применимы при наличии или отсутствии сажевых фильтров и для двигателей с рециркуляцией отработанных газов, с системой катализаторов снижения уровня оксидов азота. Масла данной категории следует применять в сочетании с малосернистым дизельным топливом (содержание серы не более 0,005%)
<b>Е7</b>	Стойкие к механической деструкции и старению масла, обеспечивающие высокую чистоту поршней, малый износ и предотвращающие негативное влияние сажи на свойства масла. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизелях, работающих в особо тяжелых условиях эксплуатации, выполняющих требования Euro-1, Euro-2, Euro-3 и Euro-4 по эмиссии
<b>Е7</b>	токсичных веществ, и работоспособных при значительно увеличенных интервалах между сменами масла в соответствии с рекомендациями автопроизводителей. Обладают высокими противоизносными свойствами, стойкостью к старению, предотвращают образование отложений в турбокомпрессоре и негативное влияние сажи на свойства масла. Они применимы в автомобилях без сажевых фильтров и в большинстве двигателей, имеющих рециркуляцию отработанных газов и систему катализаторов снижения уровня оксидов азота

Отличительной особенностью европейских классификаций является классификация масел по уровню эксплуатационных свойств, а классификация по вязкостным показателям практически аналогична классификации SAE, и поэтому здесь она не рассматривается. Основной причиной, которая не позволяет европейским производителям автомобилей перейти на Американскую классификацию API (уровень эксплуатационных свойств), является различие конст-

рукций и условий эксплуатации автомобильных ДВС в США, Канаде и в странах Европы, приводящим к существенным отличиям в составе и свойствах американских и европейских масел [11].

На первый взгляд отличия этих школ незначительное, но с точки зрения работы моторных масел в ДВС они существенны: в американских дизелях (особенно дизелях для магистральных грузовых автомобилей) зазор между цилиндром и верхней частью поршня (огневой пояс) 1,1...1,3 мм на сторону, а это несколько больше, чем в европейских ДВС. Кроме того, раньше первое поршневое кольцо в американских дизелях располагалось ниже, чем в европейских. Здесь накапливались углеродистые отложения (нагар) большой толщины, что однако не сказывается на работе дизеля. Таким двигателям менее важны моющие свойства масла, но требуется более высокое содержание диспергирующих присадок, способных удерживать в своем объеме сажу, не давая ей образовывать отложения. Поэтому в них меньше металлосодержащих (зольных) присадок, которые обеспечивают чистоту двигателя - такое масло (малозольное) будет дольше работать.

Европейские производители ДВС делали поршневой зазор в 1,5...2 раза меньше (0,6...0,7 мм), чем на дизелях американского типа. Это требует от масел высоких моющих свойств. Естественно, у таких масел более высокий уровень зольности. Именно поэтому масла американского типа, как правило, универсальные, а масла европейского типа раньше были специализированы по типу двигателя. В частности, масла, соответствующие классификации ACEA, отличаются лучшими антиокислительными и противоизносными свойствами, а также способностью предотвращать такой специфичный износ, как «полировка цилиндра».

Все эти отличительные особенности в последнее время сводятся к минимуму и вышеперечисленные классификации постепенно приближаются друг к другу. Но тем не менее по уровню эксплуатационных свойств не удастся разработать всемирную классификацию. Поэтому европейские производители для своих автомобилей, особенно магистральных грузовиков с транспортными дизелями дополнительно указывают уровень эксплуатационных свойств по классификации ACEA.

Кроме выше перечисленных классификаций Американская ассоциация производителей автомобилей (ААМА) и Японская ассоциация производителей автомобилей (JAMA) совместно создали Международный комитет по стандартизации и апробации моторных масел (ILSAC - International Lubricant Standardization and Approval Committee).

От имени этого комитета издаются стандарты качества масел для бензиновых двигателей легковых автомобилей: ILSAC GF-1, ILSAC GF-2, ILSAC GF-3.

- категория ILSAC GF-1 (устарела);
- категория ILSAC GF-2 - принята в 1996 году, она соответствует требованиям качества по категории API SJ, вязкости: дополнительно к GF-1 - SAE 0W-20, 5W-20;
- категория ILSAC GF-3 - введена в действие в 2001 году соответствует новой категории API SL.

Новые классы GF-3 и API SL отличаются от предыдущих (GF-2 и API SJ) существенно лучшими антиокислительными и противоизносными свойствами. Требования к обоим классам во многом совпадают, но GF-3 обязательно является энергосберегающим. Энергосберегающие масла обладают низкой вязкостью 2,6-2,9 мПа при температуре 150°C при скорости сдвига  $10^6 \text{ с}^{-1}$ . Основными отличительными особенностями масел категории ILSAC являются: низкая вязкость - 2,6-2,9 мПа с при температуре 150°C и скорости сдвига  $10^6 \text{ с}^{-1}$ ; малая летучесть; хорошая фильтруемость при низких температурах; низкая склонность к пенообразованию; высокая стабильность к сдвигу; обязательная экономия топлива; малое содержание фосфора.

Масла, соответствующие требованиям действующих категорий качества и прошедшие официальные испытания API - SAE, имеют на своих этикетках графический круглый знак (рисунок 3.3) – «API символ обслуживания» (API Service Symbol) [11], в котором указаны степень вязкости по SAE, категория качества и назначения по API и возможная степень энергосбережения.

Новейшие категории масел, сертифицированные API, в случае соответствия требованиям ILSAC обозначаются Символом Свидетельства сертификации API (API Certification Mark) (рисунок 3.4), так называемым знаком «Звездного взрыва» («Starburst»). Этот знак может присваиваться только энергосберегающим, легкотекучим маслам наивысшего уровня качества с вязкостями SAE 0W-..., 5W-... и 10W-... . Система требований к маслам серии ILSAC GF является составной частью системы API Обеспечения Качества Американских Масел (EOLCS).



**Рисунок 3.3 – Примеры знаков API Service Symbol**





**Рисунок 3.4 – Знак API Certification Mark**

Системы API - ILSAC предназначены для удовлетворения требований к маслам, используемым в двигателях американских и японских автомобилей. Требования европейских автопроизводителей несколько отличаются по причине конструктивных особенностей европейских двигателей. Несмотря на это, большинство моторных масел, поступающих на европейский рынок, маркируются знаками соответствия категориям качества API и в редких случаях даже «Символом Обслуживания API» (API Service Symbol).

Кроме общепринятой в мире классификации моторных масел, многие автомобильные фирмы разрабатывают к маслам свои собственные требования и оценивают их качество на двигателях собственного производства. Данные документы получили название спецификации. Наиболее высокие требования предъявляют к маслам фирмы «Мерседес-Бенц», свои требования у «Фольксвагена», БМВ, «Форда», «Фиата». Из наших фирм первыми спецификацию разработали на ВАЗе (ТТМ ВАЗ 1.97.715-99), данные требования выше, чем уровень SF/CC API. Некоторые моторные масла, рекомендованные заводом ВАЗ, представлены в таблице 3.11.

*Таблица 3.11 – Моторные масла для автомобилей ВАЗ*

Марки масел	Класс по SAE	Класс по ААИ	Класс по API	Номер стандарта
<b>Масла типа «Стандарт» ТТМ 1.97.0715-99</b>				
«ЛАДА-СТАНДАРТ»	5W-30, 10W-40, 15W-40	БЗ/Д1	SF/CC	ТУ 0253-001-48095174-98
«ЛУКОЙЛ СТАНДАРТ»	10W-30, 10W-40	БЗ/Д1	SF/CC	ТУ 0253-072-00148636-95
«ОМСКОИЛ М»	5W-30, 10W-30, 10W-40, 15W-40, 20W-40	БЗ/Д1	SF/CC	ТУ 38.301-19-79-98
«АЗМОЛ СУПЕР»	15W-40, 20W-40	БЗ/Д1	SF/CC	ТУ У 00152365.060-97 (17)
«АНГРОЛ»	10W-30	БЗ/Д1	SF/CC	ТУ 38.601-01-220-92(3)
«ЛУКОЙЛ-СТАНДАРТ» (ВОЛНЕЗ М)	20W-30	БЗ/Д1	SF/CC	ТУ 38.301-29-64-96 (11)

Продолжение таблицы 3.11

«ЛУКОЙЛ СТАНДАРТ» (Волнез-Прима)	10W-30, 10W-40, 15W-40	БЗ/Д1	SF/CC	ТУ 38.301-29-93-98 (11)
«НАФТАН МБ»	15W-40	БЗ	SF	ТУ.РБ 057784770.30-96 (8)
«НОВОЙЛ МОТОР»	15W-30	БЗ/Д1	-	ТУ 38.301-04-32-96 (8)
«НОРСИ»	10W-30, 10W-40, 15W-40, 20W-40	БЗ/Д1	SF/CC	ТУ 38.601-07-21-94 (4)
<b>Масла типа «Супер» ТТМ ВАЗ 1.97.0727-99</b>				
«ЛУКОЙЛ ЛЮКС»	5W-40, 10W-40, 15W-40	Б4/Д2	SJ/CF	ТУ 0253-088-00148636-97
«ЛУКОЙЛ СУПЕР»	5W-30, 5W-40, 10W-40, 15W-40	Б4/Д2	SG/CD	ТУ 0253-075-00148636-97
«ОМСКОИЛ ЛЮКС»	5W30, 5W-40, 10W-30, 10W-40, 20W-40	Б4/Д2	SG/CD	ТУ 38.301-19-113-98
«ЯР-МАРКА СУПЕР»	5W-40, 5W-30	Б4/Д2	SG/CD	ТУ 38.301-25-37-97 (5)
«НОВОЙЛ СИНТ»	5W30	Б4/Д2	SG/CD	ТУ 0253-003-33818158-99 (8)
«НОВОЙЛ СИНТ»	5W30	Б4/Д2	SG/CD	ТУ 0253-003-33818158-99 (8)
«УФАЛЮБ АРКТИК СУПЕР»	5W-30, 5W-40	Б4/Д2	SG/CD	ТУ 0253-008-05766540-98 (2)
«ЮКОС-СУПЕР»	5W-40, 10W-40, 15W-40	Б4/Д2	SG/CD	ТУ 0253-015-48120848-99 (6)
«НОРСИ-ЭКСТРА»	5W30, 10W-30, 5W-40, 10W-40, 15W-40	Б4/Д2	SG/CD	ТУ 28-601-07-46-99 (4)

Автозаводом предложены температурные диапазоны применения масел различных классов (таблица 3.12).

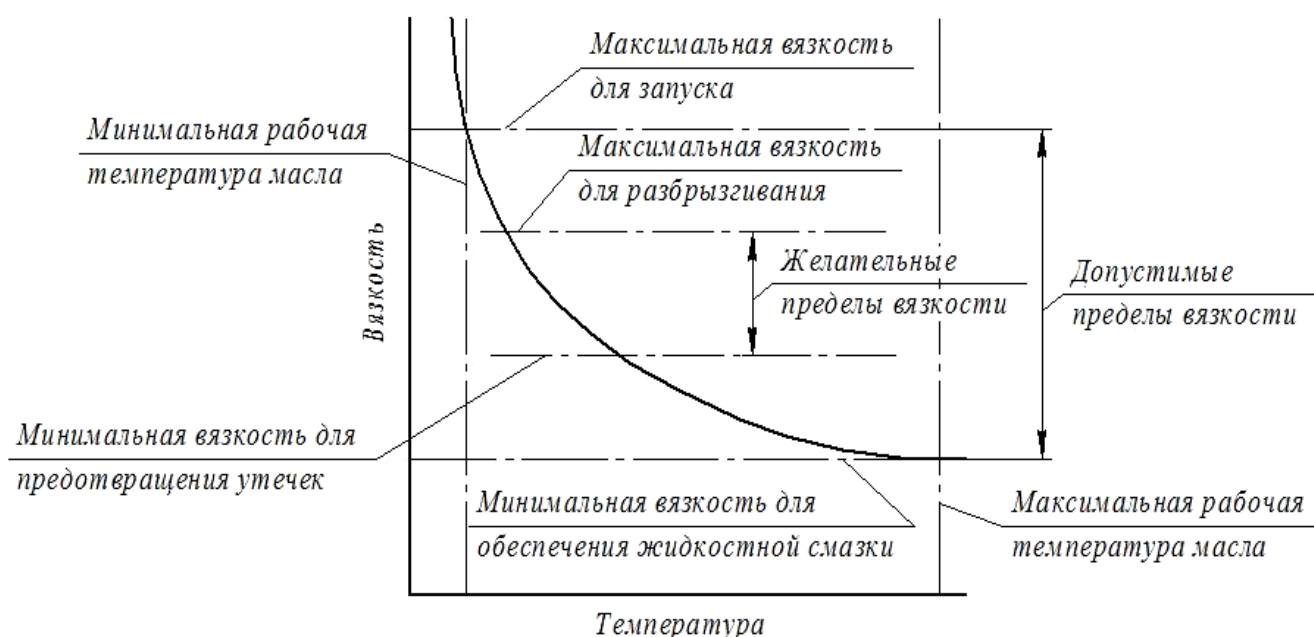
Таблица 3.12 – Температурные диапазоны применения моторных масел

Минимальная температура гарантированного холодного пуска, С <sup>0</sup>	Класс вязкости по SAE	Максимальная температура окружающей среды, С <sup>0</sup>
-25	5W-30	20
-25	5W-40	35
-20	10W-30	30
-20	10W-40	35
-15	15W-40	45
-10	20W-40	45
-5	30	45
0	40	45

### 3.2.2 Выбор моторных масел. Особенности и область применения

При выборе вязкости моторного масла исходят из обеспечения двух основных требований: оптимизации вязкости на прогретом двигателе - рабочей вязкости, за которую принимают вязкость масла при 100°C, и обеспечения низкотемпературного запуска двигателя (рисунок 3.5).

Вязкость по нижнему пределу – минимальная рабочая вязкость - определяется условиями создания стабильной граничной пленки на поверхности трения, т.е. обеспечением минимально необходимых смазочных свойств масла. Однако при чрезмерном снижении вязкости снижается способность масла уплотнять зазоры между стенками цилиндра и поршнем. Как следствие этого, возрастают угар масла, скорость образования отложений и старение масла.



**Рисунок 3.5 – График, иллюстрирующий требования к вязкостно-температурным свойствам масла**

Величина рабочей вязкости по верхнему пределу определяется увеличением потерь мощности на трение и циркуляцию масла. С увеличением вязкости ухудшается смазка поверхностей трения разбрызгиванием и самотеком, а также прокачиваемость масла (особенно на режимах пуска). В результате может возникнуть масляное голодание отдельных узлов трения двигателя.

По эксплуатационным свойствам масло должно соответствовать характеристикам двигателя. Выбор класса вязкости зависит в основном от климатических условий, температурного режима работы двигателя и интенсивности эксплуатации автомобиля в разные сезоны. Особенно это важно в нашей стране, так как автомобили эксплуатируются во всех климатических районах, от Край-

него Севера, где зимние температуры доходят до минус 45...55°C, до южных районов, где летом жара иногда достигает 40...45°C.

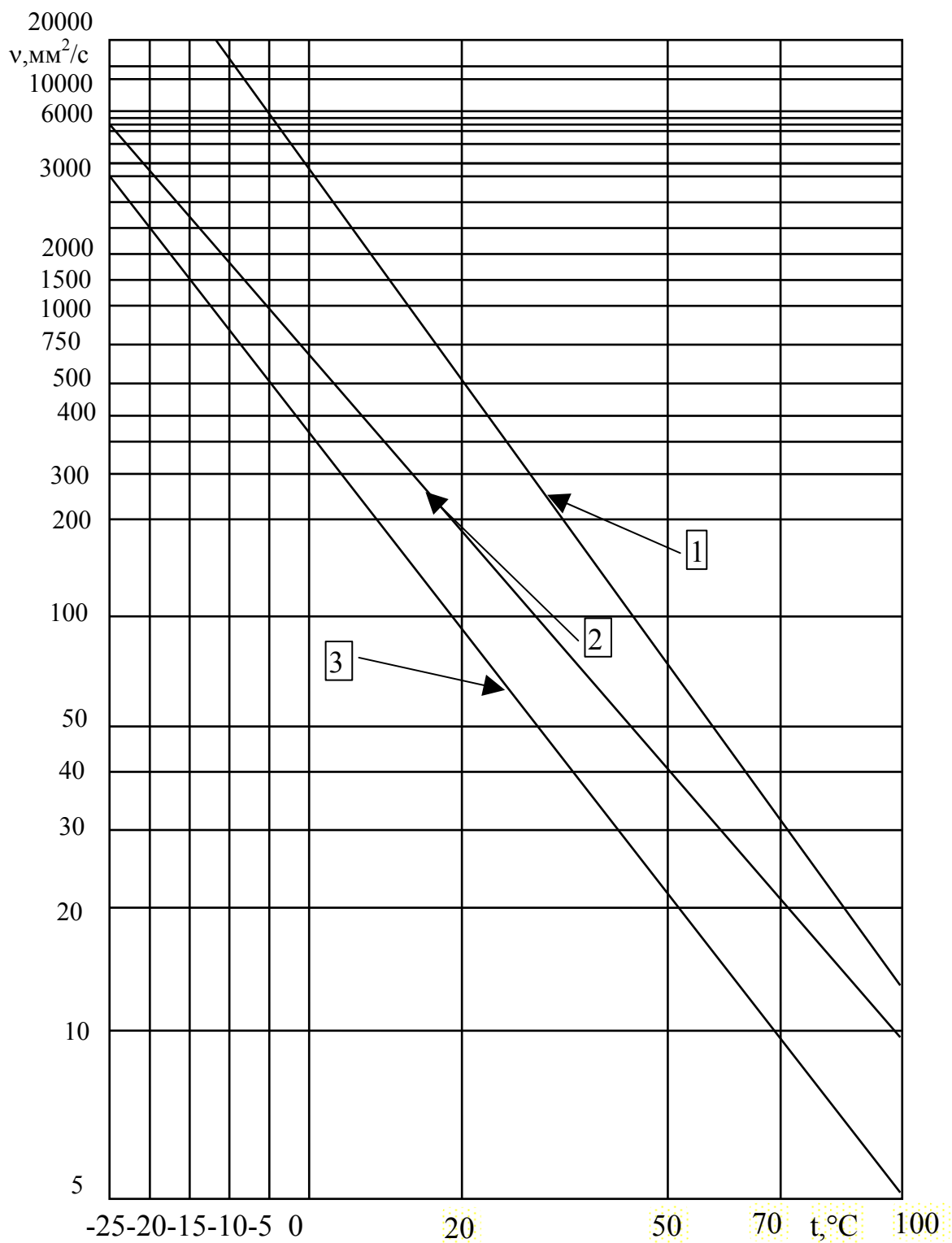
Кроме этого, весь период работы двигателя можно условно разбить на три периода: 1 - обкатка от 0 до 3...5 тыс. км пробега ( 2...3% моторесурса); 2 - зрелость от 5 до 100...150 тыс. км (около 80% моторесурса); 3 - старость - последние 15...20% моторесурса до полной его выработки. При этом для каждого из этих периодов также желательно использовать определенный сорт масла или специальные присадки к маслам.

В связи с вышеизложенным приняты следующие оптимальные диапазоны вязкости моторного масла при температуре 100°C: для бензиновых двигателей 6...12 мм<sup>2</sup>/с; для автомобильных дизелей 8...14 мм<sup>2</sup>/с. Причем меньшие значения соответствуют эксплуатации ДВС при низких температурах окружающего воздуха, а большие значения для летних условий, а для ДВС с большой наработкой эти цифры еще увеличиваются: для бензиновых до 14 мм<sup>2</sup>/с, а для дизелей до 18 мм<sup>2</sup>/с. При эксплуатации ДВС в регионах с высокой температурой воздуха или при работе летом в тяжелых условиях также необходимо выбирать масло с более высокой вязкостью при 100°C. Это позволяет повысить давление в системе и существенно снизить вероятность задира, а также уменьшить износ деталей и сократить угар масла.

Для обеспечения низкотемпературного пуска двигателя выбираемое масло должно удовлетворять условию надежного пуска при низкой температуре и обеспечивать эффективность прокачиваемости, а для этого его вязкость не должна превышать 5000...6000 мм<sup>2</sup>/с при температуре -30°C.

Так как вязкостно-температурная характеристика масел представляет собой логарифмическую зависимость, для выбора масел по вязкости удобно пользоваться логарифмической системой координат (рисунок 3.6), в которой эта характеристика представляет собой прямую линию. Как видно из графика, обеспечить хорошие пусковые качества при сохранении рабочей вязкости в требуемом диапазоне с помощью сезонных масел практически невозможно, поэтому в последнее время для эксплуатации автомобилей широко используется всесезонные загущенные масла.

В нашей стране выпускается значительное количество различных масел, причем многие марки выпускаются разными нефтеперерабатывающими заводами, которые имеют различное оборудование и технологии производства и перерабатывают нефти различных месторождений. Поэтому при подборе масла нужно обращать внимание также и на производителя масла.



1 - М-14Б<sub>2</sub>; 2 - М-10 Г<sub>1</sub>; 3 - М -4з/6В<sub>1</sub>

**Рисунок 3.6 – Вязкостно-температурные характеристики нефтяных моторных масел**

В настоящее время на прилавках страны появилось огромное количество масел зарубежных фирм, и здесь тоже немаловажно уметь отличать качественные масла от подозрительных масел, а иногда и откровенных подделок. На ми-

ровом рынке масел себя уже давно зарекомендовали всемирноизвестные фирмы: Shell, BP, Mobil и другие. В таблице 3.13 приведены некоторые зарубежные аналоги отечественных масел [11]. Основные показатели качества моторных масел приведены в таблице 3.14 [6].

Таблица 3.13 – Соответствие марок отечественных и зарубежных моторных масел

Отечественное масло	Зарубежное масло	
Марка	Классификация	Фирма, марка
Масла для карбюраторных двигателей		
М-4з/6-В <sub>1</sub> ОСТ 30.01370-84	API SD SAE 10W-20	Shell, X-100 SAE 10W-20 BP, Super Visco-static 5W-20
М-5з/10-Г <sub>1</sub> ТУ 38.1011080-86	API SE SAE 15W-30	Shell, X-100 Multigrade Mobil, Special 15W-30
М-6з/12-Г <sub>1</sub> ТУ 38.1011099-86	API SE SAE 20W-30	Castrol, Densol CRX Multigrade Texaco, Ursatex SAE 20W-30
Масла для автотракторных дизелей		
М-8Г <sub>2</sub> ГОСТ 8581-78	API CC SAE 20	Shell, Protella TX 20W-20 Mobil, Delvas 1220
М-10Г <sub>2</sub> ГОСТ 8581-78	API CC SAE 30	Shell, Protella TX 30 Mobil, Delvas 1230
М-8Г <sub>2</sub> (к), М-8Г <sub>2</sub> (и) ГОСТ 8581-78	API CC SAE 20W-20	BP, Energol HD 20W Teboil, HPD 1220 20W-20
М-10Г <sub>2</sub> (к), М-10Г <sub>2</sub> (и) ГОСТ 8581-78	API CC SAE 20	BP, Energol HD 20W Castrol, Densol CRB 20
М-8ДМ ТУ 38.101962-85	API CD SAE 20	Shell, Protella TX 20W-20 Mobil, Delvas 1230
М-10ДМ ТУ 38.101783-80	API CD SAE 30	BP, Wanellus C3-30 Castrol, Densol CRB 30
Масла универсальные		
М-8В ГОСТ 8581-78	API SD-CB SAE 20	Shell, X-100 SAE 20W-20 BP, Energol HD 20
М-6з/10-В ОСТ 38.01370-80	API SD-CB SAE 20W-30	Shell, X-100 SAE 20W-30 BP, Wanellus M SAE 20W-30

Таблица 3.14 – Физико-химические показатели моторных масел

Параметр масла	Марка масла							
	Shell Helix Plus	ZICA+	Esso Ultra	Mobil Super 2000	Ravenol	Castrol Magna-tec	Mannol Classic	Visco 3000
Общие физико-химические параметры								
Кинематическая вязкость при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	89,10	87,47	90,21	88,52	88,17	93,56	102,5	94,15
Кинематическая вязкость при 100°C, мм <sup>2</sup> /с	13,76	13,40	13,53	13,33	13,39	13,45	14,77	13,63
Кинематическая вязкость при 150°C, мм <sup>2</sup> /с	5,51	5,52	5,39	5,55	5,53	5,61	6,02	5,72
Индекс вязкости	158	155	152	152	153	144	150	147
Условная (расчетная) температура проворачиваемости коленчатого вала, T5000, °C	-20,9	-20,0	-19,7	-20,3	-20,2	-15,3	-16,7	-16,8
Щелочное число, мг КОН/г	8,1	5,4	5,5	5,1	5,1	6,3	5,2	6,5
Температура застывания, °C	-35	-35	-32	-28	-42	-32	-41	-33
Температура вспышки в открытом тигле, °C	216	242	209	222	218	224	217	223
Содержание активных элементов в начальной пробе масла								
Содержание серы, %	0,67	0,19	0,54	0,53	0,42	0,45	0,54	0,45
Массовая доля фосфора, % масс (должна быть оптимальной, но не выше 0,12%)	0,10	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,12	0,10
Массовая доля кальция, % масс (больше - лучше, но выше зольность, ниже – наоборот)	0,21	0,15	0,14	0,14	0,16	0,19	0,15	0,19
Массовая доля цинка, % масс (больше - выше противоизносные свойства, но выше зольность, ниже – наоборот)	0,15	0,13	0,29	0,28	0,14	0,15	0,27	0,15
Трибологические характеристики на четырехшариковой машине трения								
Нагрузка сваривания, Н	2196	1744	2195	2195	2195	2195	2195	2195
Критическая нагрузка, Н	696	872	872	1098	879	872	1098	872
Индекс задира, Н	284	373	422	471	363	343	342	383
Показатель износа, мм	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,32	0,30

### 3.3 Трансмиссионные масла, классификация, ассортимент, особенности применения

Основное назначение трансмиссионных масел - смазка высоконагруженных зубчатых передач, подшипников и других деталей агрегатов трансмиссий, в основном методом окунания и разбрызгивания.

Условия работы трансмиссионных и моторных масел существенно отличаются друг от друга. Температурный режим, частота вращения шестерен (скорость относительного скольжения трущихся поверхностей зубьев), удельное давление в зоне их контакта определяют условия работы масла в зубчатой передаче. К трансмиссионным маслам предъявляются менее жесткие требования по моюще-диспергирующим свойствам и термохимической стабильности, но зато очень высокие свойства по противоизносным и противозадирным свойствам.

Температура масла в агрегатах трансмиссии колеблется в широких пределах, а это влияет и на интенсивность истирания зубьев шестерен. Так, при понижении температуры масла с  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $-20^{\circ}\text{C}$  она возрастает примерно в 2 раза, а до  $-30^{\circ}\text{C}$  - почти в четыре раза.

Скорость скольжения в зацеплении меняется от 1,5 до 25 м/с, а удельное давление от 500 до 4000 МПа. Именно эти величины во многом определяют возможности применения масла в передаче того или иного типа.

По уровню напряженности работы зубчатых передач трансмиссионные масла можно разделить на следующие группы: 1 - универсальные, обеспечивающие работу всех типов зубчатых передач и других деталей агрегатов трансмиссий; 2 - общего назначения, для цилиндрических, конических и червячных передач автомобилей; 3 - для гипоидных передач грузовых и легковых автомобилей, сочетание высокой скорости относительного скольжения профилей зубьев с высокими удельными давлениями обуславливают крайне неблагоприятные условия трения, поэтому необходимы масла с высокоэффективными противозадирными свойствами; 4 - масла для гидромеханических передач; 5 - масла для гидрообъемных передач.

Общие требования для всех масел - надежное разделение контактирующих зубьев шестерен, защита поверхности от износа, снижение потерь на трение.

В зависимости от климатических условий трансмиссионные масла можно разделить на летние, зимние, всесезонные, северные, различающиеся вязкостно-температурными свойствами.

Для обеспечения хорошего разбрызгивания трансмиссионные масла должны обладать хорошими вязкостно-температурными свойствами и низкой



температурой застывания. Максимально допустимая вязкость масла определяется из условия обеспечения свободного трогания техники при отрицательных температурах без применения средств подогрева. Для цилиндрических и спирально-конических передач максимальная динамическая вязкость ( $\eta_{\max} \leq 300 \dots 350 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ), для гипоидных передач ( $\eta_{\max} \leq 500 \dots 600 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ). Минимально допустимая вязкость трансмиссионного масла определяется условием подтекания через сальники и не должна быть менее ( $v_{\min} \geq 5 \text{ мм}^2/\text{с}$ ), рабочая вязкость трансмиссионного масла ( $\eta_{\text{раб}} \approx 20 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ) [1]. При таких условиях обеспечивается надежная работа агрегатов автомобиля.

Для обеспечения наименьшего износа высоконагруженных зубчатых передач трансмиссионные масла должны обладать хорошими смазывающими свойствами. Смазывающая способность трансмиссионных масел обеспечивается поверхностно-активными веществами, находящимися в исходном сырье, но в значительной степени этому способствует добавление в масла антифрикционных, противоизносных и противозадирных присадок.

К маслам для гидромеханических передач (ГМП) предъявляются несколько иные требования, чем для обычных трансмиссионных масел, что связано с особенностями работы масла в гидромеханических и гидрообъемных передачах. Данные масла выполняют роль рабочего тела, скорость потоков масла в передаче достигает  $80 \dots 100 \text{ м/с}$ , а температуры иногда превышают  $150^\circ\text{C}$ . В результате этого происходит интенсивная аэрация масел, значительное пенообразование и, как следствие, повышенное окисление. Для повышения стабильности таких масел в их состав вводят большое количество антиокислительных присадок. Наличие в ГМП большого числа деталей, изготовленных из различных материалов и сплавов, требует введения в масла этой группы повышенного количества противокоррозионных присадок.

Чтобы обеспечить работу гидротрансформатора с более высоким КПД, масло должно быть наименее вязким. Так, повышение вязкости масла в связи с понижением его температуры с  $90^\circ\text{C}$  до  $30^\circ\text{C}$  приводит к снижению КПД гидротрансформатора в среднем на  $5 \dots 7\%$ . С другой стороны, для обеспечения наличия на поверхности трения прочной масляной пленки, а также снижения утечек через уплотнительные устройства масло должно быть относительно вязким. Оптимальным считается применение масел с вязкостью при  $100^\circ\text{C}$   $4 \dots 5 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Как и моторные, трансмиссионные масла классифицируются по вязкости и уровню эксплуатационных свойств. В соответствии с классификацией, принятой в нашей стране по ГОСТ 17479.2-85, трансмиссионные масла делятся на четыре класса по вязкости (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Классификация трансмиссионных масел по вязкости

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 100°C, мм <sup>2</sup> /с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с, °С, не выше
9	6,00...10,99	-35
12	11,00...13,99	-26
18	14,00...24,99	-18
34	25,00...41,99	-

В классификации SAEj 306b деление осуществляется на шесть классов, первые три из которых с индексом W (winter - зима) являются зимними или северными, остальные масла относятся к классу летних. Всесезонные трансмиссионные масла по классификации SAE имеют дробное обозначение, например, SAE 80W/90 (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – Классификация трансмиссионных масел по SAEj 306b

Класс вязкости	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 МПа·с, °С, не выше	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с при температуре 99°C	
		min	max
70 W	- 55	4,1	-
75 W	- 40	4,1	-
80 W	- 26	7,0	-
85 W	- 12	11,0	-
80	-	7,0	11,0
85	-	11,0	13,5
90	-	13,5	24,0
140	-	24,0	41,0
250	-	41,0	-

Соответствие классов вязкости масел отечественной и международной классификации приведены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Соответствие классов вязкости и групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2 и SAEj 306b

Класс вязкости по ГОСТ	Класс вязкости по SAE
9	75 W
12	80 W/ 85 W
18	90
34	140

Классификация трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам предусматривает деление на пять групп, каждая из которых имеет свою рекомендуемую область применения. Область применения определяется типом зубчатой передачи, удельными контактными нагрузками в зоне зацепления и температурой масла. Отечественная классификация по ГОСТ 17479.2-85 предусматривает 5 групп масел по уровню эксплуатационных свойств (таблица 3.18).

Группу трансмиссионных масел устанавливают по результатам оценки их свойств, предусмотренных таблицей 3.19, при разработке новых масел и постановке на производство, а также при периодических испытаниях товарных масел.

Классификация трансмиссионных масел по системе API приведена в таблице 3.20, данная классификация принята в качестве международной, наша отечественная классификация очень близка к ней.

*Таблица 3.18 – Классификация трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85*

Группа	Состав масел	Рекомендуемая область применения
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 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 3.19 – Оценочные показатели трансмиссионных масел

Определяемое свойство	Группа масла				
	1	2	3	4	5
Предельная нагрузочная способность по нагрузке сваривания (Рс), Н, не менее	2700	2700	2760	3000	3280
Противоизносное свойство по показателю износа (Ди) при осевой нагрузке 392 Н при (20±5)°С в течение 1 ч, мм, не более	0,5	0,5	-	-	0,4

Таблица 3.20 – Классификация трансмиссионных масел по API [10]

Группа по SAE	Состав масла и область применения	Группа по ГОСТ
GL-1	Это обычные минеральные масла с депрессорными и антипенными, но без противоизносных и противозадирных присадок. Цилиндрические, червячные и спирально-конические зубчатые передачи, работающие в условиях низких скоростей и нагрузок. Механические коробки передач с ручным переключением, главные передачи ведущих мостов со спирально-коническими и червячными шестернями	ТМ-1
GL-2	В отличие от группы GL-1 данные масла могут содержать антифрикционные присадки. Червячные передачи, работающие в условиях низких скоростей и нагрузок. Главные передачи ведущих мостов грузовых автомобилей с червячными зацеплениями	ТМ-2
GL-3	В масла данной группы вводят слабые противозадирные присадки. Спирально-конические зубчатые колеса (ведущие мосты), работающие в умеренно-жестких условиях. Главные передачи ведущих мостов автомобилей со спирально-коническими зубчатыми колесами, некоторые механические коробки передач с ручным переключением	ТМ-3
GL-4	В масла данной группы обязательно вводят высокоэффективные противозадирные присадки. Гипоидные передачи, работающие в условиях больших скоростей при малых крутящих моментах и малых скоростей при высоких крутящих моментах. Главные передачи ведущих мостов легковых автомобилей с гипоидными зубчатыми колесами, некоторые механические коробки передач, устанавливаемые на грузовых автомобилях	ТМ-4
GL-5	В масла данной группы обязательно вводят высокоэффективные серофосфорсодержащие противозадирные присадки. Гипоидные передачи, работающие в условиях больших скоростей и малых крутящих моментов, а также при наличии ударных нагрузок на зубьях колес. Главные передачи ведущих мостов легковых и грузовых автомобилей с гипоидными зубчатыми колесами, некоторые механические коробки передач	ТМ-5

MT-1 (PG-1)	В состав масел должны входит активные противоизносные и противозадирные присадки, а также присадки, улучшающие термостабильность и совместимость с уплотнениями. Механические коробки передач без синхронизаторов тяжелых грузовых автомобилей и автобусов	-
PG-2	В состав масел должны входит активные противоизносные и противозадирные присадки, а также присадки, улучшающие термостабильность и совместимость с уплотнениями. Спирально-конические и гипоидные передачи задних мостов большегрузных автомобилей и автобусов	-

Масла групп GL-4 и GL-5 являются универсальными, обеспечивающими работу автомобильных трансмиссий с гипоидными и другими типами главных передач.

Наряду со спецификациями качества API, часто используются спецификации Военного ведомства США, которые обозначаются индексом MIL: MIL-L - предназначены для смазочных масел; - MIL-G - для пластичных смазок; - MIL-H - для гидравлических жидкостей. Соответствие классификации MIL-L классификации API представлена в таблице 3.21.

Таблица 3.21 – Соответствие классификаций MIL-L и API

Обозначение класса MIL-L (год введения)	Соответствующие классы API
MIL-L-2105 (1948)	Эквивалентны API GL-4
MIL-L -002105A (1958)	Эквивалентны API GL-5
MIL-L -2105 B (1962)	Выделена из MIL-L -002105A
MIL-L-2105 C (1976)	Эквивалентны API GL-5
MIL-L-2105 D (1987)	Отвечает нормативным требованиям по охране здоровья, безопасности и защите окружающей среды
MIL-L- 2105 T (1995)	Объединяет требования MIL-L-2105 D и API MT-1

Для трансмиссионных масел широкое распространение получила классификация компании «Zahnradfabrik Friedrichshafen» (Германия, Фридрихсхафен, далее - ZF). Данная компания является одной из крупнейших и влиятельных в Европе компаний по производству передач и силовых агрегатов транспортных средств. Компанией создана система классификации всех видов автотранспортных передач. Каждый вид имеет свой список смазочных материалов. Эти списки обозначаются инициалами и цифрами от ZF TE-ML 01 до ZF TE-ML 14 (таблица 3.22). В списках для каждого вида передач перечисляются виды и классы качества смазочных материалов; классы вязкости. Эта система класси-

фикации в Европе становится основной. Европейские производители масел стараются получить апробацию ZF.

Таблица 3.22 – Классификация трансмиссионных масел ZF [11]

Список смазочных материалов ZF	Назначение (узлы и агрегаты)
1	2
ZF TE-ML 01	Механические несинхронизированные коробки передач с шестернями постоянного зацепления (коммерческие автомобили)
ZF TE-ML 02	Механические и автоматические трансмиссии грузовых автомобилей и автобусов
ZF TE-ML 03	Коробки передач с гидротрансформаторами для внедорожной мобильной техники (строительная и спец. техника, автопогрузчики и т.п.)
ZF TE-ML 04	Судовые трансмиссии
ZF TE-ML 05	Ведущие мосты внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 06	Трансмиссия и гидравлические навесные системы тракторов
ZF TE-ML 07	Передачи с гидростатическим и механическим приводом, системы с электроприводом
ZF TE-ML 08	Системы рулевого управления (без гидроусилителя) легковых и грузовых автомобилей, автобусов и внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 09	Системы рулевого управления (с гидроусилителем и масляным насосом) легковых и грузовых автомобилей, автобусов и внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 10	Коробки передач типа Transmatic для легковых и коммерческих транспортных средств
ZF TE-ML 11	Механические и автоматические трансмиссии легковых автомобилей
ZF TE-ML 12	Ведущие мосты легковых автомобилей, коммерческих транспортных средств и автобусов
ZF TE-ML 13	Агрегаты ZF в транспортных средствах специального назначения
ZF TE-ML 14	Автоматические трансмиссии коммерческих транспортных средств
ZF TE-ML 15	Тормозные системы транспортных средств спецназначения

В настоящее время в России все еще пользуются старой классификацией трансмиссионных масел. В таблице 3.23 приведено соответствие обозначений трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 и обозначений принятых в нормативно-технической документации.

Таблица 3.23 – Соответствие обозначений отечественных трансмиссионных масел

Обозначения масла по ГОСТ 17479-2-85	Принятое обозначение масла	Нормативно-техническая документация
1	2	3
ТМ-1-18	ТС-14,5	ТУ 38.101110-81
ТМ-1-18	АК-15	ТУ 38.001280-76
ТМ-2-9	ТСп-10ЭФО	ТУ 38.101701-77
ТМ-2-18	Тэп-15	ГОСТ 23652-79
ТМ-2-34	ТС	ТУ 38.1011332-90
ТМ-3-9	ТСЭп-8	ТУ 38.1011280-89
ТМ-3-9	ТСп-10	ТУ 38.401809-90
ТМ-3-18	ТСп-15К, ТАП-15В	ГОСТ 23652-79
ТМ-3-18	ТСп-15К, ТАП-15В	ГОСТ 23652-79
ТМ-5-9	ТСз-9гип	ТУ 38.1011238-89
ТМ-5-18	ТСп-14гип, ТАД-17	ГОСТ 23652-79
ТМ-5-34	ТСгип	ОСТ 38.01260-82
ТМ-5-12з (рк)	ТМ5-12рк	ТУ 38.101844-80

В таблице 3.24 приведены марки трансмиссионных масел, рекомендованных автоВАЗом для своих задне- и полноприводных автомобилей [6].

Таблица 3.24 – Трансмиссионные масла для автомобилей ВАЗ

Марка	Класс по API	Группа по SAE	Номер стандарта
«АНГРОЛ»	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 0253-270-05742746-94
«ЛУКОЙЛ ТМ-5»	GL-5	85W-90	ТУ 38.301-29-91-97
«ОМСКОИЛ СУПЕР Т»	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.301-19-62-95
«ОМСОИЛ Т»	GL-5	75W-90*, 80W-90, 85W-90	ТУ 38.301-19-114-98
«НОРСИ ТРАНС»	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.601-07-36-97
AGIP ROTRA MP	GL-5	80W-90	Спецификация ф. AGIP
«ВЕЛС ТРАНС»	GL-5	85W-90	ТУ 0253-071-00148636-95 (7)
«ВЕЛС ТМ»	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.401-58-70-93 (7)
«УФАЛЮБ УНИТРАНС»	GL-5	85W-90	ТУ 0253-001-11493112-93 (2)
«НОРСИ»	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.601-07-19-93 (4)
«НОВОЙЛ СУПЕР Т»	GL-5	80W-90	ТУ 38.301-04-13-96 (8)
«РЕКСОЛ Т ГИПОИД»	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.301-41-150-93 (1)
«САМОЙЛ 4402»	-	85W-90	ТУ 38.301-13-011-96 (6)
«САМОЙЛ 4404»	GL-5	85W-90	ТУ 38.301-13-012-97 (6)
«САМОЙЛ 4405»	GL-5	85W-90	ТУ 38.301-13-012-97 (6)
«СПЕКТРОЛ ФОРВАРД»	GL-5	85W-90	ТУ 0253-006-06913380-95 (9)
«СПЕКТРОЛ КРУИЗ»	GL-5	85W-90	ТУ 0253-006-06913380-95 (9)
«ЯРМАРКА СУПЕР»	GL-5	Э-80W-90, Т-85W-90	ТУ 0253-018-00219158-96 (5)
AGIP ROTRA MP DB	GL-5	85W-90	Спецификация ф. AGIP

Когда отрабатывались конструкции коробки передач переднеприводных ВАЗов, решили отказаться от масла ТАД-17И, так как оно сокращало срок службы латунных колец синхронизаторов и к тому же плохо работало при низких температурах. Подходящего трансмиссионного масла в то время не нашлось, и автоВАЗ временно рекомендовал для смазки коробки -2108 моторные масла (М-8ГИ). Шли годы, и как-то незаметно вместо этих масел в инструкциях по эксплуатации появилось М-6з/10Г<sub>1</sub>, а следом М-5з/10Г<sub>1</sub>, М-6з/12Г<sub>1</sub>. Вообще-то в коробках переднеприводных ВАЗов нежелательно применять всесезонные загущенные моторные масла. Они не предназначены для перемалывания между зубьями шестерен при высоких оборотах и под большими нагрузками. В этих режимах полимерные загущающие присадки быстро теряют свои свойства (происходит их деструктуризация), и масло разжижается. Поэтому из моторных предпочтительнее незагущенные масла вязкостью SAE 30 - аналог М-8ГИ. В настоящее время уже есть рекомендации по применению на данных коробках нового масла ТМ-5-9п, с ним несколько возросли надежность и долговечность коробки передач переднеприводных автомобилей. По SAE новое масло можно отнести к классу 80W/90, однако оно лучше работает при низких температурах (до -33°C). По API его можно условно отнести к группам GL-4 и GL-5.

В настоящее время в соответствии с **ТТМ 1.97.0728-98** для коробок передач переднеприводных автомобилей на ВАЗе было внедрено масло ТМ 5-9П для первой партии заправки всех агрегатов трансмиссии. И если в ВАЗ 2101-07 и ВАЗ 2121-213 это масло сливается через 2...3 тыс. км, то в коробках передач семейств ВАЗ 2108, 2110 и 1111 оно служит 75 тыс. км. ТМ5-9П не поступает в торговлю, и поэтому в 1996 г. было разработано специальное масло для коробок передач «РЕКСОЛ Т» SAE 80W-85 API GL-4 ТУ 38.301-41-164-96. В 1998 г. получило допуск еще одно масло, отвечающее этим ТТМ – «ЛУКОЙЛ ТМ-4» SAE 80W-90 (ТУ 38.301-29-90-97).

**ТТМ 1.97.0729-98** разработаны, в первую очередь, для разработки и внедрения масел, предназначенных для первой заправки агрегатов трансмиссии всех моделей автомобилей. Это было необходимо ввиду того, что технология, принятая на ВАЗе, не предусматривала возможности применения трансмиссионных масел двух марок. Прообразом такого масла было масло ТМ 5-9п, применяемое для первой заправки агрегатов трансмиссии всех моделей автомобилей с 1993 г., однако уровень противозадирных свойств не позволял рекомендовать его для постоянной эксплуатации автомобилей с гипоидными передачами. В 1998 г. была завершена работа нескольких лет, позволившая внедрить универсальное трансмиссионное масло «Омскоил Транс П» SAE 80W-85 по API типа GL-4/5 по ТУ 0253-009-48120848-98.



Рекомендуемые диапазоны применения трансмиссионных масел для автомобилей ВАЗ представлены в таблице 3.25. В таблице 3.26 приведены некоторые зарубежные аналоги отечественных трансмиссионных масел.

### 3.4 Масла для автоматических коробок передач

Масла для автоматических коробок передач (АТФ) наряду с тормозными жидкостями и жидкостями для гидроусилителей рулей являются самыми специфическими продуктами. К АТФ предъявляются более высокие требования по вязкости, антифрикционным, антиокислительным, противоизносным и противопенным свойствам, чем к нефтепродуктам для других агрегатов.

Таблица 3.25 – Температурные диапазоны применения трансмиссионных масел

Минимальная температура обеспечения смазки узлов, °С	Класс по SAE	Максимальная температура окружающей среды, °С
-40	75W-80	35
-40	75W-90	35
-26	80W-85	35
-26	80W-90	35
-12	85W-90	45

Таблица 3.26 – Соответствие марок отечественных и зарубежных трансмиссионных масел [6]

Отечественное масло	Зарубежное масло	
	Классификация	Фирма, марка
Тэп-15 (ТМ-2-18)	API GL -1	Shell Dentax 90, Mobil Mobilube C 90
ТСп-10 (ТМ-3-9)	API GL -3	Shell, SpiraxEP 80W BP, Gear Oil 80 EP, Multi Gear oil 90EP Mobil, Mobilube CX SAE 80 Esso, Gear oil CP 80
ТСп-15к (ТМ-3-18)	API GL -3	Shell, SpiraxEP 90W Mobil, Mobilube GX 90 BP, Gear oil EP SAE 90 Esso, Gear oil EP 90
Тап-15в (ТМ-3-18)	API GL -3	BP Gear Oil GP 90, Caltex Truban 90
ТСз-9гип (ТМ-4-9з)	API GL -4	Shell Spirax EP 80W, BP Gear Oil 75W EP
ТАД-17 (ТМ-5-18)	API GL -5	Shell, SpiraxND90 Mobil, Mobilube ND90 BP, Multi Gear SAE 90 EP Esso, Gearoil 90 EP

Конструкция автоматической коробки такова, что если с двигателя снимается мощность большая, чем нужно для преодоления дорожного сопротивле-

ния, то ее избыток расходуется на внутреннее трение масла, которое еще больше нагревается. Высокие скорости движения масла в гидротрансформаторе и температура вызывают интенсивную аэрацию, приводящую к вспениванию, что создает благоприятные условия для окисления масла и коррозии металлов. Разнообразие материалов в парах трения (сталь, бронза, металлокерамика, фрикционные прокладки, эластомеры) затрудняет подбор антифрикционных присадок, а также создает электрохимические пары, в которых при наличии кислорода и воды активизируется коррозионный износ.

Поскольку автоматические коробки передач включают в себя несколько совершенно разных узлов - гидротрансформатор, шестеренчатую коробку передач, сложную систему управления - спектр функций масла очень велик: оно смазывает, охлаждает, защищает от коррозии и износа, передает крутящий момент и обеспечивает фрикционное сцепление.

Средняя температура масла в картере автоматической коробки передач составляет 80-90°C, а в жаркую погоду при городском цикле движения может подниматься до 150°C. В таких условиях масло должно сохранять не только свои эксплуатационные свойства, но и как передающая крутящий момент среда обеспечивать высокий КПД трансмиссии. Исторически сложилось так, что «законодателем мод» в области стандартов на масла для автоматических трансмиссий являются корпорации «General Motors» и «Ford». Европейские производители как автомобильной техники, так и трансмиссионных масел не имеют своих собственных спецификаций и руководствуются списками масел, одобренных ими к применению. До 1948 года в автоматических коробках передач применялось обычное моторное масло, которое приходилось часто менять. В 1949 г. компания General Motors разработала специальную жидкость для автоматических трансмиссий - ATF-A, которая применялась во всех АКП, выпускаемых в мире. В 1957 г. спецификация была пересмотрена и получила название Type A. Одним из компонентов при производстве этих жидкостей являлся продукт животного происхождения, получаемый в результате переработки китов. В связи с возросшими объемами потребления масел и запретом охоты на китов были разработаны ATF полностью на минеральной, а позднее и на синтетической основах. Развитие спецификаций масел для автоматических коробок передач представлено в таблице 3.27.

Таблица 3.27 – Развития спецификаций масел

Компания General Motors		Компания Ford	
Год введения	Наименование спецификации	Год введения	Наименование спецификации
1949	Type A	1959	M2C33 - B
1957	Type A Suffix A (ATF TASA)	1961	M2C33 - D
1967	Dexron B	1967	M2C33 - F (Type - F)
1973	Dexron II C	1972	SQM -2C9007A, M2C33 - G (Type - G)
1981	Dexron II D	1975	SQM -2C9010A, M2C33 - G (Type - CJ)
1991	Dexron II E	1987	EAPM - 2C166 - H (Type - H)
1994	Dexron I II	1987	Mercon (дополнена в 1993)
1999	Dexron IV	1998	Mercon V

В настоящее время спецификации к маслам для автоматических коробок передач ввели и некоторые другие производители автомобилей: Allison C-4 (C4-18231693); MB 236.8 ; MAN 339 D ; ZF TE-ML-09, -14. В таблице 3.28 представлены некоторые характеристики масел различных классификаций.

Таблица 3.28 – Типичные характеристики масел для АКП

Свойства	Dexron II	Dexron III	Allison C-4	Mercon
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, не менее, при 40°C	37,7	Не нормируется, определение обязательно	Не нормируется, определение обязательно	
при 100°C	8,1			6,8
Вязкость по Брукфильду, мПа·с, не более, при температуре: - 10°C	800	-	Указать температуру, при которой вязкость масла равна 3500 сП	
- 20°C	2000	1500		1500
- 30°C	6000	5000		
- 40°C	50000	20000		20000
Температура вспышки, °C, не ниже	190	179	160	177
Температура воспламенения, °C, не выше	190	185	175	

Испытания на вспениваемость		Отсутствие пены при 95°C	Отсутствие пены при 95°C	ASTM D892 Этап 1 - 100/0мл
		5 мм при 135°C	10 мм при 135°C	Этап 2 - 100/0мл
		Разрушение в течение 15 с при 135°C	Разрушение в течение 23с при 135°C	Этап 3 - 100/0мл Этап 4 - 100/0мл
Коррозия медной пластины баллы, не более	1	1	Отсутствие почернения с отслаиванием	1
Защита от ржавления	Отсутствие видимого ржавления на испытываемых поверхностях		Отсутствие следов ржавчины или коррозии на контрольных плитах	Отсутствие видимого ржавления
Испытания на износ по методу ASTM D 2882 (80°C, 6,9 МПа): потеря массы, мг, не более	15	15	-	10

### 3.5 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 трущихся деталей, смазки удерживаются на трущихся поверхностях, не стекая с них. 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 эластичной структуры смазки. Они представляют собой поверхностно-активные вещества (кислоты, спирты и др.) и составляют 0,1-1% массы. Следует отметить, что самую большую группу пластичных смазок составляют антифрикционные смазки, предназначенные для смазывания трущихся деталей, у которых в качестве загустителя, как правило, применяются литиевые, кальциевые или натриевые мыла.

Физико-химические свойства пластичных смазок оцениваются целым рядом показателей, предусмотренных стандартами. Все эти показатели делятся на две группы: обязательные для всех видов пластичных смазок и обязательные для отдельных видов смазок.

К первой группе показателей качества пластичных смазок относятся такие, как внешний вид, содержание воды и механических примесей, испытание на коррозию. К показателям, обязательным для отдельных видов смазок, относятся такие, как предел прочности, эффективная вязкость, температура каплепадения, коллоидная стабильность, содержание щелочей и кислот и другие.

Вместе с тем при практическом применении смазок наиболее важными свойствами являются температурные пределы их эффективного использования и влагостойкость. Последние в значительной мере определяются типом приме-

няемого загустителя (технический вазелин ВТВ-1; пушечная смазка ПВК и др.), имеют низкую температуру плавления (до 64°C), но очень высокую влагостойкость и применяются главным образом в качестве защитных смазок при консервации металлических изделий автомобилей.

Смазки на кальциевых мыльных загустителях относятся к среднеплавким, с температурой каплепадения от 70 до 100°C. Температура каплепадения пластичной смазки определяет температуру, при которой происходит расслоение смазки, ведущее к потере её смазочных свойств.

Во всех кальциевых смазках (солидолах и др.), кроме смазок на комплексных кальциевых мылах, в строении молекул смазки присутствует вода (до 3%), поэтому эти смазки имеют неудовлетворительные низкотемпературные свойства. Кальциевые смазки, как и углеводородные смазки, не растворяются в воде.

В смазках на комплексных кальциевых мылах (униолах) вместо воды для стабилизации кристаллической решетки используют низкомолекулярную кислоту (муравьиную, уксусную и др.). Поэтому они имеют достаточно высокую температуру каплепадения и низкую температуру застывания. Температурный диапазон использования, например, наиболее распространенной смазки УНИ-ОЛ-3М (ТУ-38-101605-76), от -50°C до +140°C. Смазка не растворяется в воде и бензине.

Смазки на литиевых мылах имеют высокую температуру каплепадения (свыше 100°C) и широкий температурный диапазон использования. Наиболее представительными и перспективными тугоплавкими смазками на литиевом мыле являются литолы. Например, смазка ЛИТОЛ-24, которая представляет собой всесезонную смазку для всех узлов автомобилей. Она водо- и бензостойка, имеет температуру каплепадения, равную 185...200°C.

Антифрикционные смазки на натриевых мылах (автомобильная смазка ЯНЗ-2; жировая 1-13; карданная АМ и др.) также относятся к тугоплавким смазкам. Однако в отличие от литиевых смазок все натриевые смазки не водостойки и разрушаются под действием воды, поэтому использование натриевых смазок в узлах трения, где возможен контакт с водой, недопустим.

Растирая пальцами кусочек смазки с водой, можно легко обнаружить натриевые смазки (автомобильная смазка ЯНЗ-2; жировая 1-13; карданная АМ), они легко мылятся и смываются водой.

По растворимости пластичной смазки в бензине можно определить смазки на углеводородных загустителях.

Кальциевые и литиевые смазки, не растворяющиеся в воде, бензине, можно отличить друг от друга только по температурам каплепадения.

Температурой каплепадения пластичной смазки называется температура, при которой происходит падение первой капли смазки из капсулы прибора, нагреваемого в строго определенных условиях. Эта температура характеризует верхнюю температурную границу применения смазки. Последняя должна быть на 15...20°C ниже, чем температура каплепадения.

Одним из наиболее простых и достаточно точных способов определения вида пластичной смазки, типа её загустителя является анализ жирового пятна, образующегося на фильтровальной бумаге от нанесения на неё комочка смазки. Фильтровальная бумага со смазкой подогревается над каким-нибудь источником тепла, отчего она полностью или частично расплавляется, образуя характерное для данного вида смазки жировое пятно.

Так, легкоплавкие смазки на углеводородных загустителях расплавляются при незначительном нагреве, образуя на фильтровальной бумаге равномерное желтое пятно без остатков твердых включений (технический вазелин, пушечная смазка и др.). Среднеплавкие смазки оставляют пятно с мягким остатком в центре. При более сильном нагревании этих смазок из остатка кальциевого мыла выделяются мелкие пузырьки воды. Графитная смазка УссА после расплавления жировой основы, оставляет темное пятно с четко видимыми включениями молотого графита.

Все тугоплавкие смазки образуют на фильтровальной бумаге пятно меньших размеров, чем среднеплавкие и легкоплавкие смазки, при этом значительная часть смазки (загуститель) не расплывается даже при сильном нагреве (до обугливания) фильтровальной бумаги.

Для более точного определения вида и марки пластичной смазки существуют эталоны жировых пятен различных смазок, которыми удобно пользоваться при анализах и сравнениях.

Различать пластичные смазки можно и по запаху. Смазки с углеводородными загустителями (технический вазелин и др.) имеют слабый запах нефтепродуктов. Жировые смазки универсального назначения (например, 1-13 жировая) могут пахнуть хозяйственным мылом. Все массовые синтетические смазки (солидол С и др.) обладают своеобразным, слегка ароматным запахом, который после первого знакомства с ним в дальнейшем быстро и безошибочно распознается.

По внешнему виду пластичная смазка должна представлять собой однородную массу без наличия комков, посторонних включений, механических или органических примесей, а также выделившегося масла. Наличие механических примесей легко обнаруживается при растирании тонкого слоя смазки между двумя стеклами или же между пальцами. Кроме того, механические примеси обнаруживаются также путем расплавления комка смазки на фильтровальной

бумаге. При рассматривании тонкого слоя смазки, находящегося между двумя стеклами в проходящем свете, можно легко оценить однородность смазки.

Внешний вид и цвет новой смазки должен полностью отвечать требованиям нормативной документации ГОСТ или ТУ.

Возможность использования пластичной смазки в конкретном узле трения определяется также её консистенцией (густотой). Для оценки консистенции пластичной смазки применяется условный показатель – пенетрация (число проницаемости).

Пенетрация определяется на стандартном (ГОСТ 5346-78) лабораторном приборе – пенетрометре ЛП по глубине проникновения иглы специального конуса пенетрометра в смазку, выраженной в десятых долях миллиметра.

Пенетрация определяется при температуре 25°С под действием силы в 1,5 Н (определяемой массой конуса) в течение 5 с. Чем мягче смазка, тем глубже погружение конуса, тем выше число пенетрации.

### ***3.5.1 Маркировка и область применения пластичных смазок***

Длительное время наименование смазке присваивали произвольно, постепенно это привело к значительной путанице при выборе и назначении смазок для конкретных узлов и агрегатов. Так, например, существует 5 смазок ЦИАТИМ -201,202,203,205,221, 221с, а смазок ВНИИНП более 30 различных марок. При этом одни смазки получали словесные названия, закрепившиеся за ними исторически, например, СОЛИДОЛ, КОНСТАЛИН. Другие – цифровой индекс №158, 1-13, третьи – обозначение учреждения где они созданы ЦИАТИМ, ВНИИНП. В некоторых смазках в обозначении использовали особенности состава, применения или климатического сезона, например ЛИТОЛ, ЛИТА, ЗИМОЛ, АМ-карданная, ШРУС, канатная и так далее.

С целью упорядочения наименования и обозначения смазок с 1979 года введен в действие ГОСТ 23258-78, который был несколько раз пересмотрен и действует до сих пор. Он предусматривает, что каждая смазка должна иметь наименование (название), состоящее из одного слова (литол, лита, зимол, графитол и др.). Название присваивают смазке при пересмотре нормативно-технической документации. Так, при пересмотре ТУ на смазки ВНИИНП -286М, -288, -505 они были названы «Эра», «СВЭМ», «Старт», смазка универсальная среднеплавкая УС получила название «солидол Ж» и т.д. Введение словесных названий предупреждает случайные ошибки при заказе и применении смазок.

Наряду с наименованием устанавливается индексное (буквенно-цифровое) обозначение смазок, в краткой форме информирующее о назначении, составе, основных характеристиках смазок, например, солидол С обозна-



чается (СКа3/7-2) [12]. Первая буква в индексе указывает область применения смазки (таблица 3.29), второй буквенный индекс соответствует типу загустителя (таблица 3.30). После двух буквенных индексов указывается в виде дроби рекомендуемый температурный интервал применения смазки: в числителе (без знака минус) минимальная температура, а в знаменателе - максимальная температура, уменьшенные в 10 раз. Например, индекс 3/13 соответствует температурному интервалу применения смазки от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+130^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 3.29 – Условное обозначение области применения

Подгруппа	Индекс	Область применения
<b>Антифрикционные</b>		
Общего назначения для обычных температур	С	Узлы трения с рабочей температурой до $70^{\circ}\text{C}$
Общего назначения для повышенных температур	О	Узлы трения с рабочей температурой до $110^{\circ}\text{C}$
Многоцелевые	М	Узлы трения с рабочей температурой $-30...+130^{\circ}\text{C}$ в условиях повышенной влажности среды; в достаточно мощных механизмах сохраняют работоспособность до $-40^{\circ}\text{C}$
Термостойкие	Ж	Узлы трения с рабочей температурой $> 150^{\circ}\text{C}$
Морозостойкие	Н	Узлы трения с рабочей температурой $< -40^{\circ}\text{C}$
Противозадирные и противоизносные	И	Подшипники качения при контактных напряжениях более 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках $> 15$ 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
Брикетные	Б	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазки в виде брикетов
Узкоспециализированные (отраслевые)	У	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т.д.)

Уплотнительные		
Арматурные	А	Запорная арматура и сальниковые устройства
Резьбовые	Р	Резьбовые соединения
Вакуумные	В	Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
Канатные	К	Стальные канаты, органические сердечники канатов
Консервационные	З	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и случаев, требующих использования консервационных масел или твердых покрытий
<b>Примечание.</b> Смазку, относящуюся одновременно к двум или более группам (подгруппам), относят к той группе (подгруппе), которая наиболее типична для ее использования		

Таблица 3.30 – Условное обозначение загустителя

Загуститель	Индекс	Загуститель	Индекс
Мыла	М	Углеводороды твердые	Т
Алюминиевое	Ал	Органические вещества	О
Бариевое	Ба	Пигменты	Пег
Кальциевое	Ка	Полимеры	МП
Литиевое	Ли	Уреаты	Ур
Натриевое	На	Фторуглероды	Фу
Свинцовое	Св	Неорганические вещества	Н
Цинковое	Цн	Глины (бентонитовые и др.)	Би
Комплексное	кМ	Технический углерод	Сж
Смеси мыл	М <sub>1</sub> -М <sub>2</sub>	Силикогель	Си

За минимальную температуру применения принимают такую температуру, при которой вязкость антифрикционной смазки, определенная по ГОСТ 7163-63, составляет 200 Па·с. Максимальную температуру применения указывают в соответствии с технической документацией на смазку. Рекомендуемый температурный интервал имеет ориентировочный характер, так как допустимые температуры зависят не только от свойств смазки, но и от конструкции, условий работы узла трения.

Тип дисперсионной среды и введенных добавок обозначают буквенными индексами (таблица 3.31).

Таблица 3.31 – Условное обозначение дисперсионной среды и добавок

Дисперсионная среда		Твердые добавки	
Нефтяное масло	н	Графит	г
Синтетические углеводороды	у	Дисульфит молибдена	д
Кремнийорганические жидкости	к	Порошки	
Сложные эфиры	э	свинца	с
Галогеноуглеродные жидкости	ж	меди	м
Фторсилоксаны	ф	цинка	ц
Перфторалкилполиэфиры	а	Прочие твердые добавки	т
Прочие масла и жидкости	п		

Смесь двух и более масел обозначают составным индексом (нк, уэ и т.д.), на первом месте ставят индекс масла, входящего в состав дисперсионной среды в большей концентрации. Индекс «п» применяют в тех случаях, когда входящее в состав дисперсионной среды синтетическое или иное масло отсутствует в перечне. Так как большинство смазок изготовлено на основе нефтяных масел, индекс «н» не указывают, он применяется лишь при обозначении смазки на смеси нефтяного и какого-нибудь другого масла. При наличии в смазке твердых добавок их обозначение ставят через дефис, после индекса температурного материала или индекса дисперсионной среды.

На последнем месте помещают цифровой индекс класса консистенции смазки. Классификация смазок по консистенции была разработана Национальным Институтом Смазок США (NLGI) и в последующем приобрела статус международной (таблица 3.32) [11].

Таблица 3.32 – Индексы классов консистенции пластичных смазок

ISO 2137	NLGI	ГОСТ 23258-78	Показатель пенетрации
Очень мягкие	000	000	445 – 475
	00	00	400 - 430
Мягкие	0	0	355 – 385
	1	1	310 - 340
Средней твердости	2	2	265 – 295
	3	3	220 – 250
	4	4	175 - 205
Твердые	5	5	130 – 160
	6	6	85 – 115
		7	ниже 70

В соответствие с этой классификацией существует девять категорий - от 000 до 6:

- категории 000 и 00 являются полужидкими смазками, используемыми в качестве альтернативы маслам в механизмах и централизованных системах смазки с малым сечением подающих каналов (например, в современных грузовиках);
- 0 и 1 - категории для применения в главных централизованных системах смазки (например, промышленное оборудование, грузовые автомобили);
- категории 2 и 3 используются в основном для смазки подшипников и используется наиболее широко;
- категории 4, 5 и 6 представляют исключительно густые смазки и используются редко за исключением специальных случаев «блоков смазки».

Смазки с пенетрацией промежуточной между классами консистенции относятся к ближайшему классу, если пенетрация смазки изменяется в широких пределах, охватывая два или три класса, это указывается дробью.

Например, смазка ЦИАТИМ-221 имеет условное обозначение ЖкКа6/15к-1/2, что расшифровывается следующим образом: термостойкая смазка (Ж), на комплексных кальциевых мылах (кКа), работоспособна в диапазоне температур от минус 60°С до 150°С (6/15), дисперсионная среда - кремнийорганические жидкости (к), пенетрация при 25°С составляет 265...340.

Индексное обозначение указывается только в нормативно-технической документации на смазку и не используется в конструкторско-технологической документации, картах смазки, в деловой переписке и аналогичных документах.

Производимый ассортимент пластичных смазок необоснованно велик. Всего предприятиями республик бывшего СССР было освоено и производилось около 200 марок смазок. Часто смазки дублируют друг друга или имеют очень близкие показатели. Следует отметить, что самую большую группу пластичных смазок составляют антифрикционные смазки, предназначенные для смазывания трущихся деталей, у которых в качестве загустителей, как правило, используются литиевые, кальциевые и натриевые мыла. Именно эти смазки являются смазками общего назначения и очень широко применяются на автотранспортной технике.

### ***3.5.2 Ассортимент пластичных смазок и их применение***

#### **Смазки общего назначения**

Антифрикционные смазки общего назначения - это обычно гидратированные пластичные смазки (солидолы). Солидолы - наиболее старые массовые и дешевые антифрикционные пластичные смазки. В прошлом наиболее широко использовался солидол под названием тавот. До настоящего времени иногда в речи используется это слово или его производные (тавотница).

К достоинствам солидола относятся водостойкость, хорошие защитные (от коррозии) и противозадирные свойства, к недостаткам - низкая температура плавления и механическая стабильность.

Промышленность выпускает следующие марки смазок этой группы.

**Солидол синтетический** (ГОСТ 4366-77) - мягкие маслянистые мази с гладкой текстурой от светло - до темно-коричневого цвета. Для получения синтетических солидолов используют гидратированные кальциевые мыла (Са-мыла) синтетических жирных кислот (СЖК). Стандартом предусматривается две марки синтетических солидолов: солидол-С и пресс-солидол-С.

Максимальная температура применения синтетических солидолов 65...70°C, выше этой температуры они необратимо распадаются, поэтому нельзя наносить солидолы в расплавленном виде.

Синтетический солидол можно успешно применять в качестве консервационной смазки. При нанесении на открытые поверхности, подверженные воздействию дождя, солнца, ветра, они надежно защищают от коррозии, мало уступая специализированным консервационным смазкам. Однако наносить их можно при температурах не выше 50°C. Солидолы хорошо сопротивляются смыванию с открытых поверхностей дождем. При длительном пребывании в воде внешний вид и свойства солидола практически не меняются. В своем составе в качестве стабилизатора солидолы содержат воду.

Синтетические солидолы плохо совместимы с другими видами смазок, в частности с литиевыми смазками (литол-24, лита, зимол). При замене синтетического солидола на смазки другого типа его следует полностью удалить из узла трения.

При эксплуатации автомобилей в основном используется пресс - солидол-С, который готовится на менее вязких маслах и с пониженным содержанием загустителя, в связи с этим он легче пропрессовывается в зимнее время при помощи шприцев и механических нагнетателей смазки, чем солидол-С. Однако он также обладает меньшим пределом прочности при сдвиге при 50°C, чем солкдол-С, поэтому использовать его при температурах выше 45...50°C нежелательно.

**Солидол жировой** (ГОСТ 1033-79) отличается от синтетических тем, что их загущают Са-мылами жирных кислот, входящих в состав естественных жиров. По внешнему виду и основным характеристикам жировые солидолы близки к синтетическим, они полностью взаимозаменяемы. Жировые солидолы достаточно хорошо совместимы со смазками других типов (литол-24, зимол).

Стандартом предусматривается выпуск двух марок жировых солидолов: солидол-Ж и пресс-солидол-Ж. По свойствам и областям применения оба жировые солидола соответствуют синтетическим.

**Графитная** (ГОСТ 3333-60) - грубая плотная мазь черного цвета с серебристым оттенком. Старое название «графитная УСсА». По составу смазка близка к синтетическим солидолам, она приготовлена на более вязком масле и содержит графит.

Несмотря на плохие низкотемпературные свойства, графитную смазку употребляют круглогодично. Это объясняется тем, что ее используют главным образом в грубых, тяжело нагруженных, тихоходных механизмах. Графитную смазку применяют в рессорах, торсионных подвесках гусеничных машин, в открытых иестернях лебедок и другого вспомогательного оборудования. Нельзя применять эту смазку в подшипниках качения, точных механизмах, так как графит, входящий в смазку приводит к износу и повреждению трущихся поверхностей с высокой чистотой обработки.

### **Смазки общего назначения для повышенных температур**

При температурах, превышающих 60...70°C, когда применение солидолов невозможно, используют натриевые (Na) и натриево-кальциевые (Na-Ca) смазки, которые работоспособны до 100...110°C (консталины). Общий недостаток этих смазок - их растворимость в воде.

Для приготовления натриевых смазок общего назначения используются естественные пирры, реже – синтетические кислоты. В отличие от солидолов натриевые смазки на СЖК не вытеснили жировые натриевые смазки. Это обусловлено худшим качеством Na-смазок на СЖК, которые можно применять только в неответственных механизмах. В последнее время Na- и Na- Ca-смазки интенсивно вытесняются многоцелевыми смазками типа литол-24, фиол и другие. К группе этих смазок относятся.

**Консталины** (ГОСТ 1957 - 73) - плотная мазь желтого или светло-коричневого цвета с мелкозернистой текстурой. Консталины используют главным образом в подшипниках качения при температурах до 100...110°C в узлах, где исключается попадание воды. Стандартом предусмотрен выпуск двух марок жирового консталина: консталин - 1 и консталин - 2. Консталин - 2 отличается несколько повышенными температурами каплепадения.

**1-13 жировая** (ОСТ 38.01145-60) - по внешнему виду эта смазка неотличима от консталина. Смазка 1-13 была предназначена для замены консталина, который загущен только Na-мылами.

Смазку 1-13 загущают Na-Ca-мылами кислот, входящих в состав касторового масла. Кроме того, она содержит немного Ca-мыла тех же кислот. Предполагалось, что наличие Ca-мыла значительно улучшит характеристики смазки. Однако присутствие Ca-мыла мало сказывается на ее структуре и свойствах.

Водостойкость смазки низкая. При контакте с водой она эмульгируется и растворяется в ней, при контакте с влажным воздухом поверхностный слой смазки может обводниться, и ее эксплуатационная характеристика ухудшается.

Достаточно высокая вязкость базового масла и большая концентрация загустителя ухудшает морозостойкость смазки 1-13, в этом отношении она уступает солидолам. В частности, уже при 0°C запрессовка смазки в узлы трения нагнетателем затруднена, а при -15°C невозможна.

Смазку 1-13 используют в подшипниках качения, реже в подшипниках скольжения и других узлах трения. Смазка используется в подшипниках электрооборудования автомобилей (при температурах 60...90°C), реже в ступицах колес автомобилей. Нельзя использовать смазку в узлах, где возможно ее соприкосновение с водой.

Учитывая невысокие эксплуатационные свойства смазки 1-13 и консталинов, а также дефицитность касторового масла, идет интенсивная замена этой смазки на смазку литол - 24, тем более, что эти смазки хорошо совместимы.

#### **Комплексные кальциевые смазки (термостойкие)**

Кальциевое мыло высших жирных кислот и уксусной кислоты, используемое в качестве загустителя, позволяет создать смазки с температурой плавления 200...280°C, работоспособные до 150...200°C. Благодаря доступности и невысокой стоимости комплексные кальциевые смазки (кСа-смазки) более широко распространены по сравнению с другими термостойкими, смазками.

Можно выделить два типа кСа-смазок. Первый из них - смазки типа униол, полученные загущением нефтяных масел кСа-мылом СЖ. Помимо смазки униол - I выпускают смазку униол - 2 (индустриальную). Второй вид - смазки типа ЦИАТИМ-221, получаемые загущением полисилоксановых жидкостей кСа-мылом. Сюда относятся смазки ЦИАТИМ-221с, ВНИИ НП-207, ВНИИ НП-247 и другие. Учитывая особенности состава, свойства, соображения экономического характера и установившуюся практику применения, следует считать перспективными термостойкие кСа-смазки униол-1, ЦИАТИМ-221, ВНИИ НП-207. Следует отметить, что кСа-смазки плохо совместимы со смазками других типов, поэтому нельзя допускать их смещения при пополнении узлов с Са-, Na-, Li- и другими смазками.

**УНИОЛ-1** (ТУ 38 УССР 2-01-150-78) - мягкая мазь коричневого цвета, напоминающая по внешнему виду солидол-С. Его вырабатывают из недефицитного жирового сырья - широкой фракции СЖК. Униол-1 водостоек даже в кипящей воде. При этом на его поверхности появляется лишь сизый налет, что связано с присутствием в этой смазке солей низкомолекулярных карбоновых кислот. По термостойкости униол-1 превосходит многие смазки благодаря высокой температуре каплепадения, малому изменению предела

прочности с повышением температуры, низкой испаряемости. При работе тяжело нагруженных механизмов (зубчатых передач, цепей, карданных шарниров постоянных угловых скоростей и др.) очень важны противозадирные свойства униола-1.

Униол-1 целесообразно применять в качестве термостойкой смазки общего назначения при температурах до 150°C с возможным перегревом до 200°C, когда нужна дешевая и доступная смазка.

**Смазка ЦИАТИМ-221** (ГОСТ 9433-80) - мягкая мазь белого или светло-серого цвета. Максимальная температура применения смазки - около 150°C; допускается кратковременный перегрев до 180°C. Отличительной особенностью смазки являются хорошие низкотемпературные свойства, по которым она превосходит даже смазку ЦИАТИМ-201, ее можно применять до -60°C.

Смазка ЦИАТИМ-221 нерастворима в воде и, несмотря на гигроскопичность, сохраняет стабильность даже при кипячении.

Смазка ЦИАТИМ-221 имеет плохие противоизносные свойства при трении скольжения, так как приготовлена на полисилоксановой жидкости, поэтому ее нельзя рекомендовать для применения в подшипниках скольжения и направляющих. В подшипниках качения она работает неплохо. Смазка весьма химически стойка и инертна по отношению к резине и полимерным материалам, поэтому ее достаточно широко используют в парах трения резина - металл, например, для смазывания резиновых уплотнений колец пневматических цилиндров и др.

### **Многоцелевые смазки**

Многоцелевые смазки иногда называют многофункциональными или универсальными. Их можно применять во всех основных узлах трения разнообразных механизмов, в том числе и автомобилей. Эти смазки водостойки и работоспособны в широком интервале скоростей, температур и нагрузок. Однако не следует считать, что многоцелевые смазки могут заменить любые антифрикционные смазки. Так, не следует заменять многоцелевыми смазками такие типы смазок, как специализированные, химически стойкие, морозостойкие и приборные. Но почти все типы смазок общего назначения типа солидолов и предназначение для повышенных температур типа консталинов. Некоторые индустриальные, почти все автомобильные и многие другие могут быть заменены многоцелевыми. Вот основные представители этой группы.

**ЛИТОЛ-24** (ГОСТ 211-75) - мягкая мазь коричневого цвета. Литол-24 так же, как и все литиевые смазки (Li-смазки), водостоек даже в кипящей воде. Высокая температура плавления, небольшая испаряемость дисперсионной среды, достаточный предел прочности - все это позволяет применять смазку



при 110...130°C. Термоупрочение для литола так же, как и для других Li-смазок, не характерно. Лигол-24 достаточно морозостоек, он сохраняет работоспособность при -40°C, а в мощных механизмах и при более низких температурах, вплоть до -55°C. Заправляется нагнетателем пластичных смазок в узлы трения при температурах до -30°C.

Смазка обладает отличной механической стабильностью, противозадирная характеристика смазки удовлетворительная. Смазка имеет хорошие консервационные свойства и достаточно хорошо защищает металлические изделия от коррозии.

Литол-24 широко применяется в качестве единой автомобильной смазки, а также в механизмах тракторов, гусеничных машин и другой техники. Возможности применения литола-24 весьма широки, однако стоимость его значительно выше стоимости смазок общего назначения. При употреблении литола значительно увеличивается срок работы в узлах трения без замены, не целесообразно использовать литол в грубых, не защищенных от грязи и воды узлах трения.

Литол-24 совместим с большинством смазок (солидол Н, 1-13, автомобильная, ЦИАТИ-201), но при этом его качество несколько ухудшается, не рекомендуется смешивать литол-24 с синтетическим солидолом.

**ЛИТОЛ-24 РК** (ТУ 38.УССР 201342-80) представляет собой смазку с улучшенными консервационными свойствами. По всем основным характеристикам, назначению и областям применения он идентичен литолу-24. Литол-24РК рекомендуется в основном для узлов и механизмов, эксплуатирующихся с длительными перерывами, обеспечивает консервацию узлов трения в течение 10 лет.

**ФИОЛ-1** (ТУ 38.УССР 201247-80) – очень мягкая смазка, по составу и основным свойствам близка к литолу-24. Из-за пониженного содержания загустителя фиол-1 имеет меньшую вязкость, меньший предел прочности, более мягкую консистенцию, несколько лучшую морозостойкость. Для улучшения химической стабильности в смазку фиол-1, а также в фиол-2 и 3 вводят антиокислительную присадку. Фиол-1 применяется в некоторых узлах автомобилей ВАЗ: в гибких тросах управления, в направляющих сидений и других.

**ФИОЛ-2** (ТУ 36.УССР 201188-79) – мягкая смазка, по составу и основным характеристикам близкая к литолу-24, отличается от него меньшим содержанием загустителя. Фиол-2 является аналогом смазки jota-2 фирмы «Фиат».

**ФИОЛ-3** (ТУ 38/УССР 201324-79) – мягкая смазка зеленого цвета. Партии смазок без красителя имеют коричневый цвет. По составу и основным характеристикам практически идентична литолу-24. Является аналогом смазки jota-3 фирмы «Фиат».

**ФИОЛ-2М** (ТУ 38 101233-75) – мягкая мазь серебристо-чёрного цвета, по составу близкая к многоцелевым смазкам типа фиол. Наличие вязкостной а также антиокислительной присадки улучшает эксплуатационные свойства смазки фиол-2М. Добавка 2% MoS<sub>2</sub> улучшает противоизносные и противозадирные свойства, ускоряет приработку подшипников. Фиол-2М используется для смазывания оси октанкорректора прерывателя распределителя автомобилей ВАЗ, что обеспечивает его работу при пробеге 100000 км. Производство этой смазки невелико. Фиол-2М по назначению является аналогом смазки jota-2М фирмы «Фиат».

### **Морозостойкие смазки**

Рассматриваемые в этом разделе смазки предназначены для применения при температурах до -50°C, а в некоторых механизмах и при более низких. Минимальная температура применения определяется не только характеристиками смазки, но и типом узлов трения, в котором смазка работает. В маломощных механизмах лучшие морозостойкие смазки могут оказаться неработоспособными уже при -30°C, в то же время неморозостойкая смазка литол-24 в ступицах колеса автомобиля работает при -50°C.

**Смазка ЦИАТИМ-201** (ГОСТ 6267-74) представляет собой мягкую мазь желтого или светло-коричневого цвета. Эта смазка является основной морозостойкой смазкой, выпускаемой в нашей стране. Из-за высокой испаряемости дисперсионной среды смазку можно эксплуатировать при температурах не выше 80...90°C. Во многих механизмах она сохраняет работоспособность при температурах до -80°C и ниже.

Смазка ЦИАТИМ-201 достаточно водостойка. В воде она практически нерастворима, однако из-за мягкой консистенции и недостаточной липкости она может механически смываться с открытых поверхностей. Консервационные характеристики смазки невысоки. Во время хранения выделяется масло, что ухудшает ее эксплуатационные свойства.

Употребляется смазка ЦИАТИМ-201 в узлах всех типов, но не рекомендуется использовать ее при больших удельных нагрузках. До сих пор ЦИАТИМ-201 является одной из самых распространенных авиационных смазок. Смазкой ЦИАТИМ-201 заменяет также обычные смазки при эксплуатации некоторых машин на Крайнем Севере, ее используют для смазывания узлов рулевого механизма и других агрегатов автомобиля в арктических районах зимой (летом эту смазку использовать нельзя).

**ЛИТА** (ОСТ 36.01295-83) - морозостойкая многоцелевая смазка, по составу и свойствам сходная со смазками ЦИАТИМ-201 и зимол. Отличается тем, что приготовлена на более тяжелом масле – веретенном АУ, а в качестве загустителя в нее дополнительно введен церезин. Смазка водостойкая морозостой-

кость ее удовлетворительная, механическая стабильность смазки низка. Лита защищает от коррозии лучше, чем смазка ЦИАТИМ-201, и имеет лучшую испаряемость, а по другим параметрам практически равноценна ей. Смазка рекомендуется для разнообразных узлов и механизмов машин, эксплуатируемых под открытым небом в зимнее и летнее время во всех климатических зонах. Лита совместима со смазками литол-24, 1-13, автомобильной, зимол, ЦИАТИМ-201, но не совместима с солидолами и смазкой ЦИАТИМ-203.

**ЗИМОЛ** (ТУ 38. УССР 201285-82) - многоцелевая морозостойкая смазка, по свойствам и назначению близкая к смазкам типа лита. Она изготавливается на облагороженном нефтяном масле АСВ-5, благодаря чему характеризуется меньшей испаряемостью при хорошей морозостойкости, что расширяет температурный интервал ее применения. Введение в нее присадок способствует улучшению противоизносных и антикоррозионных свойств, а также химической стабильности.

Смазка зимол предназначена в качестве единой смазки для узлов трения любых типов (подшипники качения, скольжения, зубчатые передачи и др.) автотракторной техники, гусеничных, землеройных и других машин. Она является морозостойким аналогом многоцелевой смазки литол-24, допущена к всепогодному применению во всех климатических зонах, но в первую очередь для районов с особо холодным климатом.

Зимол заменяет солидолы всех марок, консталины, смазку 1-13, автомобильную, а также морозостойкие смазки ЦИАТИМ-201, ЦАТИМ-203 при использовании в наземных механизмах. Зимол совместим с заменяемыми смазками (за исключением солидола С), что позволяет пополнять им узлы трения без их разборки и очистки от старой смазки. Он вполне совместим также со смазками литол-24, лита.

#### **Автомобильные смазки**

В основных узлах трения автомобилей применяют смазки общего назначения: солидолы, 1-13, графитную УСсА и др. В настоящее время для грузовых и легковых автомобилей всех марок рекомендуют и успешно используют многоцелевую смазку литол-24. Эта смазка допущена к применению во всех узлах трения автомобилей, а также тракторов и других машин взамен солидолов, консталинов, 1-13 и других смазок общего назначения, за исключением графитной УСсА.

Ассортимент автомобильных смазок неоправданно велик, он может быть эффективно сокращен за счет устаревших смазок, в том числе автомобильной (ЯНЗ-2), АМ-карданной, а также за счет унификации. Так, взамен пяти смазок для карданных шарниров (АМ-карданиой, №158, фиол-2у, крус, шрус-4), а так-

же используемых для этих целей солидолов, литола-24, фиола-2М, смеси масел со смазками, вполне реально использовать одну смазку, например, шрус-4.

Прогрессивным направлением является использование в отдельных агрегатах и узлах трения автомобиля незаменимых смазок (ЛСЦ-15, ЛЗ-31, шрус-4 и др.). Бессменная работа смазки определяется не столько ее качествами, сколько рациональной конструкцией узла трения. При надежной герметизации срок службы большей части пластичных смазок в узле может достигать нескольких лет. Но при этом температура, скорости и нагрузки должны соответствовать типу смазки.

**Автомобильная** (ГОСТ 9432-60) - гладкая мазь коричневого или черного цвета (старое название автомобильная ЯНЗ-2). Максимальная температура использования смазки не должна превышать 90...100°C. Заправлять ее в узлы автомобиля можно нагнетателем пластичных смазок до температуры -25°C. Смазка автомобильная почти нерастворима в воде, но при длительном пребывании во влажной среде эмульгирует. Смазку автомобильную применяют в ступицах колес, подшипниках водяного насоса и других узлах. В настоящее время эта смазка повсеместно вытесняется смазкой литол-24.

**Смазка ЛСЦ-15** (ТУ 38 УССР 201224-80) готовится на тех же маслах, что и многоцелевые смазки литол-24 и фиолы. Название означает Литиевая смазка с оксидом цинка-15%. Оксид цинка эффективно предотвращает ее окисление, поэтому, а также благодаря хорошей адгезии к металлу, водостойкости и прекрасным консервационным свойствам, смазку ЛСЦ-15 применяют в качестве несменяемой в узлах трения автомобиле ВАЗ: в шарнирных соединениях, втулках сцепления, механизмах стеклоподъемника, петлях дверей и др. Применяют смазку наряду с литолом-24 в ступицах колес автомобиля. Фактически она вполне стабильна при хранении в течение 5 лет. Смазку ЛСЦ-15 можно заменять смазками литол-24 или ШРБ-4.

**Смазка ШРБ-4** (ТУ 38 УССР 201113-77) - практически единственная комплексная бариевая смазка (кВа-смазка), выпускаемая в нашей стране. Для создания комплексного мыла в смазку введен избыток свободных кислот. Смазка имеет высокую температуру плавления, водостойка, обладает достаточной морозостойкостью. Текстура смазки волокнистая. Поскольку смазка работает в контакте с резиновыми уплотнениями, предусмотрен контроль ее действия на изменение объема резина - не более 12% после задержки 70 ч при 70°C.

Смазку ШРБ-4 применяют в шарнирах передней подвески, наконечниках тяг рулевого управления автомобилями ВАЗ. В достаточно герметичных узлах смазка может работать в течение достаточно длительного времени (до 100 тыс.км. пробега) без смены и пополнения. При необходимости смазку ШРБ-4 можно заменять смазками литол-24 или ЛСЦ-15. Гарантийный срок хранения

смазки ШРБ-4 составляет 1 год. Фактически смазку можно хранить в течение более длительного времени. Смазка ШРБ-4 по назначению является аналогом смазки КЗ-521 фирмы «Фиат».

**АМ-карданная** (ГОСТ 5730-51) - липкая, длинноволокнистая мазь от светло- до темно-коричневого цвета, она чувствительна к влаге и может вымываться из узлов трения. Карданную смазку использовали в шарнирах карданов постоянной угловой скорости передних ведущих мостов автомобилей, ее можно применять только при наличии надежных уплотнений.

В настоящее время эта смазка считается устаревшей и интенсивно вытесняется смазками ШРУС-4, рус, в ряде случаев эту смазку можно заменить лиголом-24.

**ШРУС-4** (ТУ 36,УССР 201312-81) - мазь серебристо-черного цвета, сохраняет работоспособность до  $-40^{\circ}$  и даже до  $-5^{\circ}\text{C}$ . Смазка водостойка, испаряемость ее невелика, она имеет хорошую механическую стабильность, высокие противоизносные и противозадирные характеристики, значение индекса задира достигает 55-90. В настоящее время смазку ШРУС -4 применяет взамен смазок АМ карданная и фиол-2М в шарнирах равных угловых скоростей передних приводных колес автомобилей ВАЗ-2121 (до 100 тыс. км пробега). Она допущена к применению в таких же узлах тяжелонагруженных автомобилей КраЗ. По мере расширения производства смазки целесообразно ее использовать в качестве единой для шарниров разных угловых скоростей автомобилей всех марок. Возможно также использование смазки ШРУС-4 в игольчатых подшипниках карданных шарниров неравных угловых скоростей. Смазка ШРУС-4 по назначению является аналогом смазки моликот VN 24610 фирмы Dou KORNING (ФРГ).

**ФИОЛ-2У** (ТУ 38.УССР 201266-79) - мягкая мазь серебристо-черного цвета, работоспособна до  $-30^{\circ}\text{C}$ , в игольчатых подшипниках и шлицах может применяться до  $-40^{\circ}\text{C}$  и ниже. Содержит  $\text{MoS}_2$ , что улучшает противоизносные свойства.

Фиол-2у – одна из лучших смазок для игольчатых подшипников крестовин карданного вала автомобилей, используется в автомобилях ВАЗ всех модификаций и обеспечивает работу подшипников без пополнения в течение всего периода эксплуатации. Перспективно ее использовать в игольчатых подшипниках всех марок и других машин, взамен смазки № 158 и других смазочных материалов. Может быть заменена смазкой ШРУС-4. Смазка фиол-2у по назначению аналог смазки МРМ-2 фирмы «Фиат».

**Смазка № 158** (ТУ 36 101320-77) представляет собой мягкую мазь гладкой текстуры, синий цвет смазки обусловлен наличием в ней пигмента -

фталоцианина меди, играющего роль дополнительного загустителя и антиокислительной присадки.

Смазку не рекомендуется применять при температурах ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ . Смазка № 158 работоспособна в течение длительного времени при температурах  $90\dots 100^{\circ}\text{C}$ , допустим ее кратковременный перегрев до  $120^{\circ}\text{C}$ .

Недостатки смазки № 138 - интенсивное окрашивание кожи, одежды, инструмента, верстаков при попадании на них смазки, известны случаи вредного воздействия на кожу рук. При систематической работе с этой смазкой требуется строгое выполнение всех правил техники безопасности.

Смазка № 158 предназначена для применения в автотракторном электрооборудовании (генераторы, стартеры), где она в течение нескольких лет обеспечивает работу подшипников качения без смены. Достаточно широко используют смазку в игольчатых подшипниках карданных шарниров непостоянной угловой скорости, где смазку можно не заменять в течение 300 тыс. км пробега в том случае, если подшипник имеет двойную герметизацию.

**Смазка ЛЗ-31** (ГОСТ 24300-80) - первая отечественная смазка, приготовляемая непрерывным методом. Она не водостойка, так как сложные эфиры при воздействии с водой гидролизуются. Смазка содержит антикоррозионную присадку, но возможен ее выпуск и без этой присадки. Хорошие вязкостно-температурные свойства масляной основы, низкая испаряемость позволяют применять смазку в широком интервале температур. Однако морозостойкость смазки ЛЗ-31 посредственная, и применение ее при температуре  $-50^{\circ}\text{C}$ , как это рекомендует стандарт, возможно лишь в отдельных мощных механизмах. Смазка ЛЗ-31 используется как незаменимая в выжимных подшипниках сцепления автомобилей ГАЗ и ЗИЛ.

**ЛИТОЛ 459/5** (ТУ 38 101207-75) - плотная смазка серебристо-зеленого цвета, отличается особо высокой концентрацией загустителя. Используют ее только в распределителях зажигания автомобилей «ЖИГУЛИ». Работоспособна при температурах от  $-40$  до  $120^{\circ}\text{C}$  с перегревом до  $130^{\circ}\text{C}$ , сохраняет высокую вязкость и предел прочности. Это позволяет сохранять запас смазки в негерметизированном узле в течение длительного времени - до 100 тыс. км пробега автомобиля. Весьма большая вязкость не влияет на работоспособность смазки при низких температурах в распределителе, так как она должна лишь осаливать соприкасающиеся с ней детали. Литол-459/5 по назначению является аналогом смазки Gr 18 VI фирмы «Фиат». Смазка выпускается ограниченно, по заказам.

**Смазка КСБ** (ТУ 38 УССР 2-01-115-76) - специализированная токопроводящая смазка, для повышенной электропроводности в нее вводят чешуйчатую медь с размером частиц до 50 мкм. Поскольку медь является

сильным катализатором окисления, в смазку добавляют антиокислительную присадку. Наличие серы улучшает противозносные свойства смазки КСБ.

Смазка растворима в воде. В основном ее применяют для смазывания контактов электрического переключателя указателей поворотов автомобилей ВАЗ, она предотвращает искрение в контактах и снижает радиопомехи.

**Смазка ДТ-1** (ТУ 38 УССР 2-01-116-76) - плотная мазь, содержащая графит и дисульфит молибдена. Благодаря изготовлению на касторовом масле смазку ДТ-1 можно применять в контакте с резиновыми изделиями. Смазку ДТ-1 используют как монтажную при сборке дисковых тормозов передних колес автомобилей «ЖИГУЛИ». Антифрикционные добавки облегчают монтаж и особенно демонтаж деталей после длительной эксплуатации. Они придают смазке высокие противозадирные характеристики. Смазка ДТ-1 растворима в воде. Зарубежный аналог смазки по назначению - смазка Р-349 фирмы «Фиат».

**Смазка МЗ-10** (ТУ 38 101622-76) - мягкая смазка серого или черного цвета с зеленоватым оттенком. Редкая по составу смазка; загущена цинковым мылом (Zn-мылом) и содержит графит. Используется для смазывания стеклоподъемников, замков, стопорных механизмов дверей на автомобилях ЗИЛ. Поскольку узлы трения дверей работают в мягких условиях, их можно смазывать не только смазкой МЗ-10, но и многими другими, например, смазкой фиол-2М.

### **Консервационные смазки**

Консервационные смазки занимают важное место в ряду пластичных смазок, на их долю приходится 6,8%, а вместе с канатными смазками 15,8% всего производства пластичных смазок в странах СНГ. Широко применяют смазки пушечную, канатную 39у, ВОЗ-1, торсиол-35.

Доминирующее положение среди запускаемых консервационных смазок занимают углеводородные. Уже более 100 лет используют углеводородную смазку-вазелин, представляющую собой смесь нефтяного масла с парафином и церезином. Эта смазка была известна под разными названиями: пушечное сало, вазелин, себонафт, ПВК и другие.

**Пушечная** (ГОСТ 19537-83) - густая липкая мазь коричневого цвета, изготовленная путем сплавлением петролатума с вязким маслом. Температурный интервал применения смазки весьма узок: при температуре выше 50°C она оплавляется и стекает с защищаемых поверхностей. В присутствии присадки МНИ-7 способность этой смазки удерживаться на вертикальных поверхностях улучшается.

При снижении температуры пушечная смазка сильно загустевает, ее вязкость резко увеличивается, уже при температуре ниже 10°C она теряет подвижность, поэтому нанесение смазки при такой температуре затруднено. Точно

также невозможно применение ее при отрицательных температурах в качестве антифрикционной смазки.

Смазка пушечная сохраняет защитную способность вплоть до  $-50^{\circ}\text{C}$ , лишь в очень редких случаях при сильном перепаде температур на поверхности защитного слоя смазки могут появляться трещины. Консервационная способность смазки связана с ее высокой водостойкостью. Как и все углеводородные смазки, она совершенно нерастворима в воде. Хорошие консервационные характеристики смазки обусловлены также отличной коллоидной стабильностью, высокой стойкостью к окислению и низкой испаряемостью.

**Вазелин технический волокнистый ВТВ-1** (ТУ 38 101180-76) был создан для смазывания клемм аккумуляторов автомобилей ВАЗ. Благодаря присутствию в ВТВ-1 адгезионной присадки улучшается его адгезия к металлам, а изготовление на маловязком масле способствует лучшей морозостойкости по сравнению с пушечной смазкой. Вазелин ВТВ-1 вполне стабилен при хорошем хранении в течение 10 лет.

**Автосмазка ВТВ-1** в аэрозольной упаковке (ТУ 6-15-954-80) раствор вазелина ВТВ-1 в бензине растворителе для лакокрасочной промышленности. Из аэрозольного баллона удобно наносить смазку на неокрашенные и декоративные металлические поверхности и клеммы АКБ. Рекомендуется использовать эту смазку и как средство против замерзания замков автомобиля (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ).

### **Канатные смазки**

Для предотвращения коррозии и уменьшения трения между отдельными проволоками и прядями стальных канатов служат специальные смазки. Их выпуск почти в 1,5 раза превышает производство консервационных смазок общего назначения.

**Канатная 39у** (ТУ 38 УССР 2-01-335-80) выпускается в большом количестве, около 50% от общего выпуска всех остальных канатных смазок. По внешнему виду смазка 39у представляет собой плотную липкую мазь черного цвета, она работоспособна в достаточно широком интервале температур, но не ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ . Смазка рекомендована для многих климатических районов. Хорошая водостойкость и высокая адгезия к металлу обуславливают отличные консервационные свойства смазки. Кроме того, она достаточно эффективно уменьшает износ стальных канатов.

Характеристики основных отечественных смазок приведены в таблице 3.33 [12].



Таблица 3.33 – Характеристики основных отечественных смазок

Смазка (марка условное обозначение)	Дисперсионная среда	Загуститель	Присадки, добавки и пр.	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25°С	Температурный интервал применения, °С	Заменители
1	2	3	4	5	6	7	8
Солидол синтетический ГОСТ 4366-76 солидол С (СКа3/7-2) пресс-солидол С (СКа4/6-0)	Индустриальные масла И-12А, 20А, 25А, 30А, 40А, веретенное масло	Гидратированные Са-мыла СЖК	Вода (до 3%)	85...105	260...310	от -20 до 65	Солидол Ж литол-24 пресс-солидол Ж, литол-24
Солидол жировой ГОСТ 1033-79 солидол Ж (СКа2/6-8) пресс-солидол Ж (СКа3/6-0)	Индустриальные масла И-20А, 20В и их смеси с маслами И-40А, 40В	Гидратированные Са-масла естественных жиров хлопкового масла и технич. жира.	Вода 2,5% 3%	85...95 не менее 75% (75...87) не менее 75	310...350 230...290 330...355	от -30 до 50 от -25 до 65 от -30 до 50	Солидол С литол-24 пресс-солидол С, литол-24
Графитная (УСсА) ГОСТ 3333-80 (СКа2/6-г3)	Масло цилиндрическое 11	Гидратированное Са-мыло	Графит ГС-4 (10%) вода (до 3%)	не менее 77 (77...85)	не менее 250 (250...280)	от -20 до 60	солидол С с 10% графита
1-13 жировая ГОСТ 38.01145 (ОНа-Ка2/11-3/4)	Смесь масел индустриального, авиационного, трансф., верет. АУ, приб. МВП	На-Ка-мыла каоторного масла	Вода (до 0,75%)	не менее 120 (130...150)	180...250	от -20 до 110	литол-24
Униол-1 ТУ 38 УССР 2-01-150-78 (ЖкКа3/15-2)	Авиационное масло МС-20 или ост. масл. компоненты	кСа-мыло СЖК	Антиокислительная нафтам-2 (0,5%) антикор. МАСК	не менее 200 (230...260)	280...320	от -30 (-40) до 150	Униол-2 литол-24 (до 130 °С)
ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80 (ЖкКа6/15к-1/2)	Полиэтилсилокоановая жидкость	кСа-мыло	Антиокислительная дифениламин	не менее 250 (200...250)	280...360	от -60 до 150	ВНИИ НП 207 (до 40°С)
Литол-24 ГОСТ 21150-75 (МЛи 4/12-3)	Смесь масел веретенного АУ и индустриального И-50А (1:3)	12-LioSt	Антиокислительная нафтам вязкостная П-20	185 (185...205)	220...250	от -40 до 120	Филл-3

Продолжение таблицы 3.33

1	2	3	4	5	6	7	8
Литол-24РК ТУ 38.УССР 201342-80 (МЛи 4/13-3)	Нефтяное масло	--/--	Антикоррозионная и др. присадки	--/--	--/--	от -40 до 130	Литол-24
Фиол-1 ТУ 38.УССР 201247-80 (УЛи 4/12-1)	Смесь масел АУ и И-50А	12-LioSt	Нафтам 2 П-20	185 (185...200)	310...340	от -40 до 120	Литол-24, Фиол-2
Фиол-2 ТУ 38.УССР 201188-79 (МЛи 4/12-2)	Смесь масел АУ и И-50А (21,5%:65%)	Li мыло 12 HoSt	--/--	188...200	265...295	--/--	Литол-24, Фиол-3
Фиол-3 ТУ 38.УССР 201324-79 (МЛи4/13-3)	Смесь масел АУ и И-50А (20,7:62%)	--/--	--/--	190...200	220...260	от -40 до 130	Литол-24
Фиол-2М ТУ 38 101233-75 (или 4/12-2)	Смесь масел и И-50А (1:1)	Li мыло гидратированного касторового масла	Антиокислительная дифениламин и П-20 2%	180...195	265...295...	от -40 до 120	Литол-24
ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6267-74 (НЛи 6/9-1)	Приборное масло МВП	Li-мыло HSt	Антиокислительная присадка дифениламин	не менее 175 (175...190)	265...310	от -60 до 90	зимол, лига
Лига ОСТ 38.01295-83	Масло веретельное ДУ	LiЩцерегин	Антиокислительная оксидифениламин и противозадирная ЛЗ-318	не менее 170 (170...195)	240...265	от -50 до 100	зимол
Зимол ТУ 38 УССР 201285-82 (МЛи5/13-3)	Масло АВС-5	12-LioSt	Антиокислительная и антикоррозионная прис., фторопласт	не менее 190 (190...200)	240...290	от -50 до 130	лига
Автомобильная ГОСТ 9432-60 (ОНа-Ка3/10-2)	Масло индустриальное И-12А	Na-Ка-мыло СЖК	сульфоокислота (0,6%), вода(0,5%)	не менее 150 (160...170)	250	от -30 до 100	Литол-24, I-13
ЛСЦ-15 ТУ 38 УССР 201224-80 (УЛи4/13-2)	Смесь масел индустриального И-50А и веретельного АУ	Li-мыло гидратированного масла	антиокислительная дифениламин, полиизобутилен П-20	не менее 185 (185...200)	250...280	от -40 до 130	Литол-24

Продолжение таблицы 3.33

1	2	3	4	5	6	7	8
ШРБ-4 ТУ 38 УССР 201143-77 (УБа3/12-2) АМ карданная ГОСТ 5730-51 (УНа2/10-2)	Масло индустриальное И-20А  Масло АК-15	КВа-мыло хлопкового масла  На-мыло техн. са- ломаса, хлопк., ка- стор. масла и сосно- вой канифоли	антикислительная дифениламин  Вода (0,75%)	не менее 230 (235...240)  не менее 115 (130...155)	265...295  220...270	от -30 до 130  от -10 до 100	Литол-24  Литол-24
Шрус-4 ТУ 38 УССР 201312-81 (УЛи4/12- дт2)	Нефтяное масло	12-LiоSt	антикислительная, противозадирк., антифрикционная присадки	не менее 190	255...280	от -40 до 120	Литол-24
Фиол-2у ТУ 38 УССР 201266-79 (УЛи4/12- дт2)	Смесь нефтяных ма- сел	12-LiоSt	антикислительная, противозад., ан- тифр. присад.	Не менее 180 (185...195)	255...295	от -30 до 100	Шрус-4
№ 158 ТУ 38 101 320-77 (Ули-Пг4/12-1)	Авиационное масло МС-20	Li-Ка-мыла HSt, кастор. Масла, ка- нифоли	антикислительная и противоизносная присадки фтало- цианин меди (2%)	не менее 132 (140...180)	305	от -40 до 120	Шрус-4, Фи- ол-2у
ЛЗ-31 ГОСТ 24300-80 (УЛи4/13-э3)	Сложный эфир%2 с вязкостной присадкой совол	LiSt	антикислительная- дифениламин, ан- тикорроз.- бензотриазол	не менее 188	220...250	от -50 до 130	Литол-24
Литол-459/5 ТУ 38 101207-75 (УЛи4/13-5)	Масло индустриальное И-20А	Li-мыло 12-HOSt	антикислительная нафтан-2	не менее 185 (185...205)	175...205	от -40 до 120	Литол-24
ДТ-1 ТУ 38 УССР 201115-76 (УНа4/13- м2/3)	Касторовое масло	На-мыло кастор. масла	Графит С-1, вода	не менее 110	315...345	от -40 до 120	Литол-24

Продолжение таблицы 3.33

1	2	3	4	5	6	7	8
КББ ТУ 38 УССР 201115-76 (УНа4/13- м2/3)	Масло индустриаль- ное И-50А	На-мыло саломаса	Сера 0,3%, пудра медная ПМС-20 10%, антиокисли- тельные присадки антралиловая ки- слота и нафтам-2	не менее 170 (170...190)	245...275	от -30 до 110	Литол-24
ДТ-1 ТУ 38 УССР 201115-76 (УНа4/13- м2/3)	Касторовое масло	На-мыло кастор. масла	Графит С-1, вода	не менее 110	315...345	от -40 до 120	Литол-24
МЗ-10 ТУ 38 101622-76 (УЦн-Т4/5-г2)	Масло МВП	ZnSt	вязкостная при- садка винипол, графит П	не менее 70	270	от -40 до 50	Фиол-2М
Дисперсол-1 ТУ 38 УССР 201144-72	Масло индустриаль- ное	кСа-мыло 12-НоSt церезин	растворитель Уайт-спирит	не менее 85	270...310	от -40 до 50	МЗ-10
Пушечная ГОСТ 19537- 83 (ЗТ5/5-5)	Сплав петролатума (60-70%), масла базо- вого М-11 (25-30%) и перезина (3-5%)	антискоррозионная присадка МНИ-7	не менее 60	130...160	130...160	не выше 50	Солидол С
Вазелин технический волоконистый ВТВ-1 ТУ 38.101180-76 (ЗТ2/5-2)	Сплав масла веретенного АУ с церезином и парафином	АУ с церезином	антискоррозионная МНИ-7, вязкост- ная и адгезионная	не менее 54	265...295	не выше 40	Пушечная
Автосмазка ВТВ-1 ТУ 6-15-954-80	Вазелин технический ВТВ-1 с 45% бензина, растворителя и 35% пропеллента (хладон-12)			-	-	от -35 до 40	-
Канатная 39у ТУ 38 УССР2-01-335-80 (КТ2/5-4)	Сплав нигрола зимнего, гудрона масляно- го, нефтяного церезина	Триэталонамин (1,2%)		65...75	175..205	от -25 до 50	Торсиол-35
Торсиол-35 марки А ТУ 38.2-01-214-80 (КТ4/5-3)	Сплав масел индустриального И-20А, масла пн-6, церезина	Воск		65...80	220...250	от -35 до 50	39у

## 4 ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАСЛА

### 4.1 Тормозные жидкости

Важной особенностью жидкостей для гидроприводов тормозов является то, что от их эксплуатационных качеств зависит не только долговечность и надежность работы деталей тормозного привода, но также и безотказность работы тормозного механизма, то есть безопасность движения автомобилей. Тормозная жидкость – часть гидравлической тормозной системы. Это рабочее тело, передающее давление от главного тормозного цилиндра колесным рабочим цилиндрам. Для обеспечения надежной работы тормозов необходимо, чтобы тормозная жидкость имела следующие значения показателей качества: кинематическая вязкость при  $50^{\circ}\text{C}$   $\nu_{50} \geq 10 \text{ мм}^2/\text{с}$  в летних условиях и  $\nu_{50} \geq 7,5 \text{ мм}^2/\text{с}$  в зимних условиях. Предельно допустимая вязкость при  $-40^{\circ}\text{C}$  –  $1500 \text{ мм}^2/\text{с}$  и лишь в исключительных случаях  $3000 \text{ мм}^2/\text{с}$ . В требованиях SAE отмечено, что кинематическая вязкость тормозной жидкости при  $-40^{\circ}\text{C}$  не должна превышать  $1800 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Температура застывания тормозной жидкости должна быть ниже самых низких возможных температур окружающего воздуха при эксплуатации автомобилей. Не допускается нарушение однородности, выпадение сгустков, осадков, а также расслоение тормозной жидкости. Для обеспечения минимального износа подвижных деталей жидкость должна обладать достаточной смазывающей способностью.

Кроме того, требуется полная совместимость тормозной жидкости с резиновыми и металлическими деталями гидропривода. При этом она не должна вызывать коррозии металлических деталей, набухания и разъедания резинотехнических изделий, высыхания резиновых манжет клапанов. Тормозная жидкость должна иметь температуру кипения, больше предельной максимальной температуры в тормозном приводе ( $120...130^{\circ}\text{C}$ ), чтобы не допустить образования «паровых пробок» в гидросистеме и потери жидкости вследствие испарения.

Выпускаются несколько разновидностей тормозных жидкостей, которые по характеру основы можно разделить на спиртово-касторовые и гликолевые.

Касторовые тормозные жидкости готовят смешиванием касторового масла со спиртом. Лучшими спиртами для этой цели являются изоамиловый, бутиловый и этиловый. В настоящее время данные жидкости практически не применяются, и только в ограниченных количествах еще производится жидкость БСК, которую получают смешиванием 50% бутилового спирта и 50% касторового масла.

Гликолевые тормозные жидкости представляют собой различные смеси гликолей (двухатомных спиртов, имеющих в своем составе по две гидроксильные группы - OH), в настоящее время они являются основными тормозными жидкостями. Первой гликолевой тормозной жидкостью была жидкость ГТЖ-22М (ТУ-601787-75), которая представляет собой композицию диэтиленгликоля - 65%, этилкарбитаола - 32%, этилцеллюлозы - 3% с добавлением высокоэффективной противокоррозионной присадки ТАФ. Жидкость имеет слабый запах и желто-зеленый цвет. ГТЖ-22М имеет хорошие низкотемпературные качества, она выдерживает понижение температуры до минус 60°C, имеет высокую температуру кипения и малую испаряемость. Входящие в состав жидкости эфиры придают ей хорошие смазывающие свойства. Одним из недостатков ГТЖ-22М является то, что она ядовита. В настоящее время жидкость ГТЖ-22М практически полностью вытеснена другими гликолевыми жидкостями.

С 1978 года отечественная промышленность приступила к выпуску тормозной жидкости ГТЖА-2 «Нева» (ТУ 6.011163-78), которая также представляет собой сложную смесь гликолей с присадками: этилкарбитол 51...59%, диолы 31...34%, эфиры карбатаола до 5%, с добавлением вязкостной и противокоррозионной присадок.

Жидкость имеет слабый запах, цвет от желтого до светло коричневого, огнеопасна, ядовита, при частых контактах с кожей может привести к заболеваниям. Гигроскопичность жидкости очень высокая, водная смесь сохраняет свою стабильность до -40°C. Рекомендуемая температура использования  $\pm 50^\circ\text{C}$ . Жидкость «Нева» не рекомендуется для использования в автомобилях старых марок, так как она приводит к разбуханию резиновых манжет тормозной системы автомобилей старых марок.

В настоящее время промышленность выпускает ещё две марки гликолевых тормозных жидкостей «Томь» (ТУ 6.011276-82) и «Роса» (ТУ 6.05221569-84). Жидкость «Томь» представляет собой смесь гликолей и эфиров борной кислоты с добавкой вязкостной и противокоррозионной присадок. Она обладает более высокими антикоррозионными и противоизносными свойствами, чем жидкость «Нева», и имеет меньшую гигроскопичность.

Жидкость «Роса» представляет собой композицию боросодержащих соединений, антиокислительных и антикоррозионных присадок, имеет хорошие высокотемпературные свойства, рекомендована к использованию в тормозных системах всех типов, в диапазоне температур  $\pm 50^\circ\text{C}$ .

Жидкости «Нева», «Роса», «Томь» полностью взаимозаменяемы, в таблице 4.1 приведены основные показатели основных жидкостей, применяемых в России.

Гликолевые тормозные жидкости нельзя смешивать с касторовыми, так как при этом качество жидкостей снижается, и данная смесь приобретает все недостатки касторовой жидкости. Недопустимо попадание в тормозные жидкости нефтепродуктов, так как они резко ухудшают качество жидкости и разрушают резиновые детали привода.

В настоящее время большинство производителей руководствуются требованиями к тормозным жидкостям, которые отражены в документах американского Федерального общества по безопасности транспортных средств FMVSS. В них предусмотрены три нормативных класса: DOT-3, DOT-4 и DOT-5.1. Требования к температурным показателям гликолевых жидкостей и классов DOT представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.1 – Показатели качества тормозных жидкостей

Показатель	БСК ТУ6.101533 -75	НЕВА ТУ6.011163 -78	ТОМЬ ТУ 6011276 -82	РОСА ТУ 605221569- 84
Вязкость при °С, мм <sup>2</sup> /с				
100°С	-	2	2	2
70°С	5,5	-	-	-
50°С	9	5	5	5
0°С	130	-	-	-
-40°С	-	1500	1500	1700
низкотемпературные свойства, не должно быть осадка или расслоения после выдержки	30 мин при -40°С	6 суток при -40°С, или 6 час при -50°С	6 суток при -50°С	до -60°С
температура кипения, не менее, °С	115	190	205	260
взаимодействие с резиной, изменение %: массы объема	1...5 5...10	- 2...10	- 2...8	- 1...6
Предел прочности	-	25	25	25
Показатель рН	6	7...11,5	7...11,5	7...11,5

Таблица 4.2 – Параметры тормозных жидкостей и требования стандартов

Показатель	Тормозные жидкости				Классы по стандарту		
	БСК	«Нева»	«Томь»	«Роса»	DOT-3	DOT-4	DOT-5.1
Температура «сухого» кипения, °С, не менее	115	195	220	260	205	230	260
Температура «увлажненного» кипения, °С, не менее	-	138	150	165	140	155	180
Примечание. «Сухое» кипение – кипение при отсутствии в тормозной жидкости воды, «увлажненное» кипение – кипение при наличии в тормозной жидкости 3,5 % воды							

Жидкости класса DOT 3 предназначены для относительно тихоходных автомобилей с барабанными тормозами или дисковыми передними тормозами. Жидкости класса DOT 3 считаются устаревшими. Жидкости класса DOT 4 используются на современных быстроходных автомобилях с преимущественно дисковыми тормозами на всех колесах. Жидкости класса DOT 5 (DOT 5.1) используют в основном на автомобилях, которые эксплуатируются в тяжелых режимах с частыми разгонами и интенсивными торможениями, во время которых в тормозной системе автомобиля возникают повышенные динамические и температурные нагрузки.

## 4.2 Амортизаторные жидкости

Условия работы жидкостей в гидроприводах и амортизаторах автомобилей существенно различаются, что не позволяет применять в них одну и ту же жидкость. На современных отечественных автомобилях устанавливают преимущественно гидравлические амортизаторы телескопического типа. В процессе работы жидкости в амортизаторах сильно нагреваются и отдают тепло через корпус в атмосферу.

В южных районах при движении летом температура жидкости может повышаться до 100...120°С, зимой в северных районах её температура может понизиться до -60°С. Поэтому основное требование к качеству амортизаторных жидкостей - пологая вязкостно-температурная характеристика и низкая температура застывания. Кроме того, жидкости не должны воздействовать на резинотехнические детали амортизаторов. Показатели качества основных отечественных амортизаторных жидкостей приведены в таблице 4.3.



Таблица 4.3 – Показатели качества амортизаторных жидкостей

Показатель	МГП-10	АЖ-12Т	МГП-12	АЖ-16
Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup>	0,930	-	0,920	-
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при температуре				
-40°C, не более	-	6500	-	-
-20°C, не более	1000	-	800	-
50°C, не менее	10	12	12	16...17
100°C, не менее	-	3,6	3,9	3,9
Температура застывания, °C, не выше	-40	-52	-43	-60
Температура вспышки в закрытом тигле, °C, не ниже	145	165	140	240

### 4.3 Гидравлические масла

Современные специальные автомобили имеют большое количество гидравлических систем, в которых используются различные гидравлические масла. Особенно широко гидравлические масла используются в транспортно-технологических машинах и комплексах. Требования к гидравлическим маслам очень близки к требованиям к маслам для гидромеханических коробок передач. Иногда эти масла даже рассматривают в одной группе.

В соответствии с ГОСТ 17479.3-85 в зависимости от величины кинематической вязкости при температуре 40°C гидравлические масла делят на классы 5, 7, 10, 15, 22, 32, 46, 68, 100, 150. По эксплуатационным свойствам – на три группы А, Б, В. Например, МГ-15-В: МГ - минеральное гидравлическое масло; 15 - класс вязкости; В - группа масла по эксплуатационным свойствам. Для выбора аналогов зарубежных гидравлических масел можно использовать примерное соответствие гидравлических масел по ГОСТ 17479.3-85 и классификации ISO 6074/4 (таблица 4.4) [6].

В таблице 4.5 приведено соответствие отечественных и зарубежных масел для гидропередач и гидросистем.

Таблица 4.4 – Примерное соответствие гидравлических масел по ГОСТ 17479.3-85 и классификации ISO 6074/4

Группа по ГОСТ	Группа по ISO	Группа по ГОСТ	Группа по ISO
А	НН	В	НМ
Б	НЛ	В с загущающей присадкой	НV

Таблица 4.5 – Соответствие марок отечественных и зарубежных масел для гидромеханических передач

Отечественное масло	Зарубежный материал	
	Марка	Классификация
АУП (МГ-22-Б)*	ISO 6074	Shell, Tellus C22, Mobil, DTF 13
МГЕ -10А (МГ-15-Б)	ISO 6074-HV-15	Shell, Aeroshell fluid 414, Mobil, Aero HFC
ВМГЗ (МГ-15-В)	ISO 6074-HV-15	Shell, Tellus T 15, Mobil, DTF 11
МГ-30 (МГ-46-Б)		Shell, Tellus C46, BP, Energol HLR 46
Р (МГ-22-В)	ISO 6074-HM-22	Shell, Tellus C22, Caltex, Rando HD 22
АУ (МГ-22-А)	ISO 6074-HM-22	Shell, Tellus C22, BP, Energol HLR 22
А	ATF	Shell, Donax TM, Mobil, ATF-200
МГТ	ATF -Dextron	BP, Aufran DX 11, Mobil, ATF-220

\*В скобках дано обозначение по ГОСТ 17479.3-85

#### 4.4 Низкозамерзающие охлаждающие жидкости

Низкозамерзающие охлаждающие жидкости предназначены для заполнения систем охлаждения в зимнее время или для всесезонного использования в ДВС автомобилей, предназначенных для эксплуатации на данных жидкостях.

Отечественная промышленность выпускает несколько разновидностей низкозамерзающих охлаждающих жидкостей: 1- антифризы марки 40, марки 65 и марки 40к, (марки 40м и марки 65м); 2 - тосолы марок Тосол - А, Тосол - А40, Тосол - А65; 3 - охлаждающие жидкости Лена -40, Лена - 65, ОЖ -25, ОЖ-К (ТУ 6001-7-153-83); 4 - для эксплуатации автомобилей в высокогорных условиях применяют низкозамерзающие жидкости с высокой температурой кипения (130...210°C), представляющие собой смесь высокомолекулярных спиртов и эфиров. Эти жидкости выпускаются с температурой кристаллизации -40°C и -60°C; 5 - в последние годы промышленность приступила к выпуску жидкостей на основе соляных растворов Арктика - 45, АСОЛ-У.

В качестве низкозамерзающих охлаждающих жидкостей могут также использоваться смеси воды со спиртами, смесь воды с глицерином, смеси углеводородов и ряд других веществ. Однако наибольшее распространение в качестве антифризов получили водные растворы этиленгликоля. Низкозамерзающие охлаждающие этиленгликолевые жидкости очень часто называют антифризами.

Этиленгликоль - двухатомный спирт ( $C_2H_4(OH)_2$ )  $CH_2OH---CH_2OH$ , представляет собой прозрачную, бесцветную жидкость без запаха. В таблице 4.6 приведены основные физические показатели этиленгликоля и для сравнения воды. Особенностью смеси этиленгликоля с водой является то, что она имеет температуру замерзания ниже, чем отдельные её компоненты (рисунок 4.1).

Меняя соотношение воды и этиленгликоля, можно получить смеси с температурами застывания от 0°С до -70°С.

Таблица 4.6 – Основные физические показатели этиленгликоля и воды

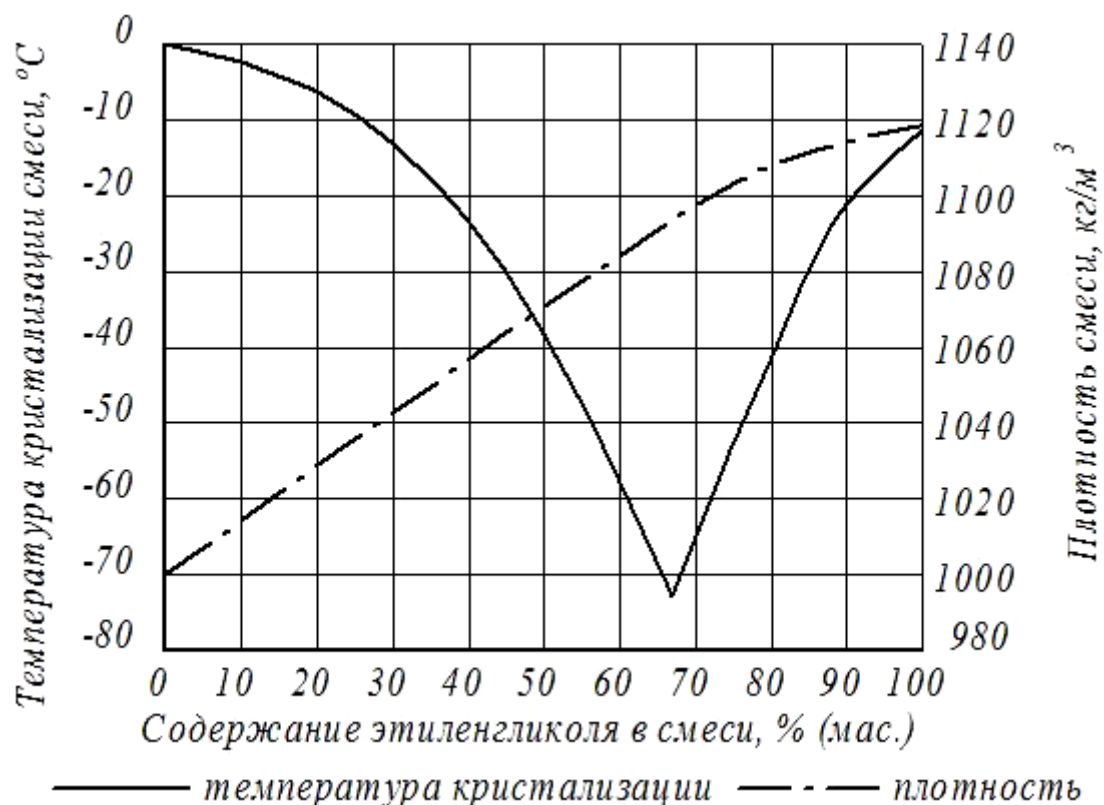
Показатель	Вода	Этиленгликоль
Молярная масса	18,01	62,07
Плотность при 20°С, г/см <sup>3</sup>	0,998	1,113
Температура замерзания, °С	0	-11,5
Температура кипения при 0,1 МПа, °С	100	197,7
Теплоемкость при 20 °С, кДж/(кг °С)	4,184	2,422
Коэффициент теплопроводности, кДж/(см °С)	2,179	0,955
Вязкость при 20°С, мм <sup>2</sup> /с	1,0	19...20
Теплота испарения, кДж/кг	2,258	0,8
Коэффициент объемного расширения (в диапазоне от 0°С до 100°С)	0,00046	0,00062

Поскольку вода и этиленгликоль имеют разные плотности, то при их смешивании плотность смеси изменяется аддитивно (то есть плотность смеси равняется средней плотности входящих в нее компонентов), поэтому по величине плотности антифриза можно оценивать компонентный состав смеси и соответственно температуру её замерзания. В связи с тем, что антифриз оказывает коррозионное воздействие на металлы, в его состав вводятся антикоррозионные присадки: декстрин (сложный углеводород) - 2,4 г/л; динатрий фосфат (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) - 2,5...3,5 г/л; молибденово-кислый натрий (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>) - 75...80 г/л. Данные присадки защищают от коррозии черные и цветные металлы деталей, входящих в систему охлаждения ДВС.

Вследствие гидролиза динатрийфосфата антифриз приобретает слабощелочную реакцию, что снижает вероятность коррозии чугуна и стали. Защитное действие декстрина обусловлено образованием на поверхности меди, алюминия, их сплавов и припоев адсорбционной пленки. Цинк нуждается в дополнительной защите, которая достигается введением в антифризы молибденово-кислого натрия, что отмечается в марке строчной буквой «м» (например, марки 40м или 65м).

Антифризы марки 40, Тосол - А 40 и Лена -40 содержат 52...55% этиленгликоля (48...55% воды) и предназначены для использования в средних климатических районах страны. Температура замерзания этих марок -40°С, плотность при +20°С равна 1,075...1,085 г/см<sup>3</sup>. Антифризы марки 65, Тосол А-65 и Лена-65 имеют температуру замерзания -65°С и плотность при +20°С, равную 1,085...1,095 г/см<sup>3</sup>; содержат 64...67 % этиленгликоля. Марки 40к, Тосол-А,

ОЖ-К представляют собой концентраты, предназначенные для получения антифризов соответствующих марок при разбавлении концентрата водой. Это смесь технического этиленгликоля с дистиллированной водой в соотношении 1:1. При смешивании 1дм<sup>3</sup> концентрата с 0,73 дм<sup>3</sup> воды получают охлаждающую жидкость марки 40. Плотность концентрата при температуре +20°C 1,120...1,150 г/см<sup>3</sup>.



**Рисунок 4.1 – Зависимость плотности и температуры замерзания водно-этиленгликолевой смеси от её состава**

Все крупные компании, производящие автомобили, имеют спецификации (перечень требований) на охлаждающие жидкости. Например, номера спецификаций некоторых производителей автомобилей: Ford WSS-M97B44-D, Hyundai-KIA MS 591-08, Volkswagen TL 774C (G11), АвтоВАЗ ТТМ 5.97.1172-2005.

С 1990 года действует ГОСТ 28084-89 на жидкости, охлаждающие, низкозамерзающие, предназначенные для охлаждения двигателей внутреннего сгорания, а также в качестве рабочих жидкостей в других теплообменных аппаратах, работающих при низких и умеренных температурах. Требования к охлаждающим жидкостям, предусмотренные этим ГОСТом, приведены в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Показатели антифризов по ГОСТ 28084-89

Наименование показателя	Норма для жидкости		
	ОЖ-К	ОЖ-65	ОЖ-40
Внешний вид	Прозрачная однородная окрашенная жидкость без механических примесей		
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,100-1,150	1,085-1,100	1,065-1,025
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-35 *	-65	-40
Фракционные данные: температура начала перегонки, °С, не ниже	100	100	100
массовая доля жидкости, перегоняемой до температуры 150°С, %, не более	5	40	50
Коррозионное воздействие на металлы, г/(м <sup>2</sup> ×сут), не более:			
медь, латунь, сталь, чугун, алюминий	0,1 **	0,1	0,1
припой	0,2 **	0,2	0,2
Вспениваемость: объем пены, см <sup>3</sup> , не более	30 ***	30	30
устойчивость пены, с, не более	5 ***	3	3
Набухание резин, %, не более	5 *	5	5
Водородный показатель (рН)	7,5-11 *	7,5...11	7,5...11
Щелочность, не менее	10	10	10
* при разбавлении дистиллированной водой в соотношении 1:1			
** при разбавлении соевым раствором в объемном соотношении 1:1			
*** при разбавлении раствором хлористого цинка в соотношении 1:1			

Этиленгликолевые антифризы имеют следующие характерные особенности [13]:

- вследствие большого коэффициента объемного расширения, при нагреве до рабочей температуры объем жидкости увеличивается на 6...8%;
- при равных температурах теплоемкость, теплопроводность и плотность антифризов примерно на 15% ниже показателей для воды, соответственно температурный режим двигателя, охлаждаемого антифризом, выше, чем при охлаждении водой;
- вследствие более высокой температуры кипения и низкого давления упругих паров этиленгликоля в сравнении с водой при эксплуатации ДВС выкипает вода, поэтому при уменьшении в системе охлаждения количества жидкости вследствие её испарения следует добавлять воду;

- антифризы по сравнению с водой обладают более высокой подвижностью и проницаемостью, что обуславливает повышенные требования к герметичности системы охлаждения;
- при замерзании антифризы образуют рыхлую массу, объем которой увеличивается незначительно (например, при содержании в антифризе 60% воды относительное увеличение объема жидкости равно лишь 0,25%), это исключает механические повреждения системы охлаждения при температурах окружающей среды ниже температуры замерзания антифризов;
- антифризы разрушающе действуют на детали, изготовленные из некоторых сортов резины.

Производимые промышленностью концентрированные антифризы марок 40К, ТОСОЛ-А, ОЖ-К, представляют собой концентрированный этиленгликоль с соответствующей композицией присадок, их используют после предварительного разведения дистиллированной водой.

Для эксплуатации автомобилей в районах, где зимняя температура не опускается ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ , выпускается жидкость ОЖ-25.

Эксплуатационные свойства антифризов контролируют по их плотности с помощью гигрометра. При отсутствии гигрометра можно использовать денциметр, а после измерения плотности по графику 5 определить состав антифриза и температуру его замерзания.

В антифризах марок 40 и 65, а также Лена-40 и Лена-65 допускается помутнение раствора и появление осадка из-за частичного выпадения из раствора декстрина, данные изменения не влияют на качество жидкостей.

При заливке антифризов в систему охлаждения обязательно необходимо проводить её промывку, для удаления накипи, так как накипь вступает в реакцию с антикоррозионной присадкой динатрийфосфатом и уменьшает содержание этого вещества в антифризе.

При работе автомобиля с течением времени присадки, введенные в антифриз, срабатываются, вследствие чего качество антифриза резко ухудшается, поэтому срок его применения ограничивается двумя годами, а при интенсивной эксплуатации автомобиля антифриз рекомендуется заменять через 60 тысяч километров пробега. Существует ряд средств, которые позволяют повысить срок применения антифриза в 2...3 раза, отечественной промышленностью выпускается добавка к антифризам «ОТЕРА», которая заливается в систему охлаждения и восстанавливает качество антифриза.

При эксплуатации автомобилей в тяжелых условиях (например, в горах), а также для охлаждения высокофорсированных ДВС используют охлаждающие жидкости с температурами кипения выше  $100^{\circ}\text{C}$  - высококипящие жидкости. Такие жидкости состоят из высокомолекулярных спиртов гликолей и эфиров,

выкипающих при температурах 110...200°C. Основные свойства некоторых высококипящих жидкостей приведены в таблице 4.8. Применение высококипящих жидкостей позволяет уменьшить теплопотери в систему охлаждения и повысить эффективность теплоотдачи. Это позволяет уменьшить поверхность радиатора и мощность, потребляемую насосом системы охлаждения.

Таблица 4.8 – Характеристика высококипящих жидкостей

Свойства жидкости	Жидкости с температурой замерзания	
	не выше -40°C	не выше -60°C
Внешний вид	Прозрачная бесцветная или слабомутная желтоватая жидкость	
Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup>	1,100	1,050
Температура начала кипения, °C	130...145	130...140
Температура конца кипения, °C	–	195...210
Содержание механических примесей, %, не более	0,005	0,005
Зольность, % не более	0,8...1,0	0,8...1,0
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при -35°C	–	410
при -30°C	500	320

## 5 РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1 Изменение качества нефтепродуктов при транспортировании, хранении и в эксплуатации

Одним из основных требований, предъявляемых к нефтепродуктам, в частности к топливам и смазочным материалам, является требование о том, что они должны обладать высокой стабильностью, т.е. при длительном хранении, перекачках и транспортировке их состав и свойства должны оставаться без существенных изменений.

Однако в процессе транспортировки, перекачках и хранении топливо обычно контактирует с различными емкостями и окружающим воздухом, даже если строго выполняются все требования по проведению этих работ, показатели его качества ухудшаются. Именно поэтому практически все зарубежные фирмы, а в последнее время и наши ведущие нефтеперерабатывающие заводы отказываются от реализации автомобильных смазочных материалов без заводской расфасовки, так как обеспечить сохранность качества в мелкой заводской расфасовке гораздо проще. Но автомобильные топлива все равно реализуются через систему АЗС. Именно их качество наиболее значительно изменяется при этих операциях.

Одной из основных причин снижения качества нефтепродуктов является попадание в них механических загрязнений и влаги в виде микрокапель эмульсионной воды. Загрязнения могут попадать в нефтепродукты или образовываться в них в процессе производства, при транспортных и нефтескладских операциях и при их применении в процессе эксплуатации АТС. Соответственно различают производственные, операционные и эксплуатационные загрязнения.

**Производственные загрязнения** могут поступать в нефтепродукт из исходной нефти (сырьевые) или образовываться в процессе производства этого продукта (технологические). Борьба с этими загрязнениями осуществляется на нефтеперерабатывающих предприятиях.

**Операционные загрязнения** попадают в нефтепродукты или образуются в них при транспортировании и хранении. В зависимости от источника различают атмосферные, контактные, износные, инкреторные и остаточные загрязнения.

**Атмосферные загрязнения** представляют собой попадающие из воздуха в нефтепродукт пыль и влагу. Атмосферная пыль состоит в основном из окислов кремния, кальция, алюминия и других содержащихся в почве химических



элементов с примесью органических веществ. Атмосферная влага попадает в топлива и масла в виде осадков (дождь, снег, роса, иней) или в результате конденсации из воздуха паров воды на внутренних поверхностях резервуаров и цистерн, а также при контакте резервуаров с влажным воздухом.

Из атмосферы в топлива и масла также могут попадать микробиологические загрязнения (бактерии, грибки, водоросли и споры), в результате жизнедеятельности которых происходит разрушение углеводов, образование коррозионно-агрессивных веществ и накопление биомассы.

Атмосферные загрязнения попадают в нефтепродукты при их открытом хранении, при наливе и сливе открытой струей, при больших и малых дыханиях резервуаров, при вентиляции их газового пространства и могут составлять до 50% общей массы загрязнений. Их количество зависит от объема воздуха, поступившего в резервуары, и степени его запыленности.

**Контактные загрязнения** являются продуктами химического взаимодействия нефтепродуктов с конструкционными материалами, из которых изготовлены резервуары, цистерны, трубопроводы и другое оборудование. К контактными загрязнениям относятся продукты коррозии металлов, а также вещества, образовавшиеся в результате частичного разрушения прокладочных и уплотнительных материалов, резино-технических изделий, защитных покрытий и т.д.

При наличии в нефтепродуктах воды скорость коррозионного разрушения металлов значительно возрастает, так как в этом случае наряду с химической коррозией начинает протекать процесс электрохимической коррозии.

Износные загрязнения представляют собой в основном металлические (реже неметаллические) частицы в виде микростружки или опилок, попадающие в нефтепродукты вследствие механического износа рабочих органов насосов, деталей запорной и регулирующей аппаратуры, сопряженных поверхностей разъемных соединений и т.д. Содержание в нефтепродуктах износных загрязнений, как правило, незначительно по сравнению с другими видами загрязнений.

**Инкреторные загрязнения** образуются в нефтепродуктах в результате окислительных, полимеризационных, конденсационных и других химических и физических процессов, протекающих при хранении и транспортировании этих продуктов. На процесс образования инкреторных загрязнений влияют многие факторы.

Химический состав топлива: содержание и структура алканов, цикланов и аренов, непредельных углеводов, а также азотистых, сернистых, кислородных, смолистых веществ и металлоорганических соединений.

Внешние условия, влияющие на изменение качества нефтепродуктов: температура, время, давление, радиация, присутствие микроорганизмов, состав

внешней среды, соотношение жидкой и газовой фазы, концентрация кислорода, влажность и запыленность атмосферного воздуха.

Конструкция и материалы технических средств: качество и состояние поверхности, конструктивные особенности трубопроводов, резервуаров, насосов и другого оборудования.

Продукты инкреторного загрязнения являются твердыми или пластичными частицами органического происхождения, а иногда могут находиться в маэобразном состоянии. К инкреторным загрязнениям следует отнести также кристаллы твердых углеводородов (парафина и церезина), которые образуются в некоторых нефтепродуктах при понижении температуры (например, в дизельном топливе).

При нормальных условиях хранения в большинстве нефтепродуктов количество инкреторных загрязнений, являющихся продуктами окисления, сравнительно мало. В бензинах, а также в некоторых дизельных топливах содержатся в значительных количествах непредельные углеводороды, которые имеют склонность к химическим превращениям в процессе хранения. При хранении таких бензинов концентрация смол может возрасти в течении года в 5 раз по сравнению с первоначальной. В дизельных топливах процесс смолообразования протекает с большой скоростью, что объясняется наличием в топливе значительного количества неуглеводородных соединений, способствующих окислению углеводородов.

Кроме смолообразования, окислительные процессы вызывают распад тетраэтилсвинца в этилированных бензинах, что приводит к образованию свинцовистых осадков, загрязняющих нефтепродукт.

**Остаточные загрязнения** представляют собой частицы, попавшие внутрь резервуаров, трубопроводов и другого оборудования при его изготовлении, монтаже, ремонте, осевшие из предыдущих партий загрязненного нефтепродукта и занесенные с запыленным воздухом при опорожнении резервуаров. Они имеют разнообразный химический состав и структуру и поступают в нефтепродукты при соприкосновении с загрязненными внутренними поверхностями резервуаров и трубопроводов. При некачественной зачистке внутренних полостей технических средств для хранения и перекачки нефтепродуктов остаточные загрязнения могут явиться основной причиной их загрязненности.

**Эксплуатационные загрязнения** попадают в топливо, смазочные масла и другие эксплуатационные материалы, или образуются в этих продуктах при их применении на АТС. По источникам попадания в нефтепродукт эксплуатационные загрязнения классифицируются аналогично операционным загрязнениям (атмосферные, контактные, износные, инкреторные и остаточные).

По характеру протекания процессы изменения качества ТСМ можно разделить на: 1 - физические (испарение, расслоение, загрязнение механическими примесями, поглощение влаги, смешение с другими продуктами и веществами, выделение отдельных компонентов); 2- химические (окисление, конденсация, полимеризация, разложение, коррозия). Показатели качества топлив и смазочных материалов, наиболее склонные к изменению при хранении, приведены в таблице 5.1.

Для бензинов обобщенным показателем, характеризующим его стабильность, является индукционный период. Индукционным периодом называется время в минутах от начала искусственного окисления бензина до активного поглощения им кислорода.

Изменение количества смол в процессе хранения бензина происходит за счет содержания в бензине смолообразующих веществ. Их количество зависит от химического состава сырья, способов его переработки и качества очистки. Недостаточной стабильностью обладают бензины, в состав которых входит большое количество продуктов крекинга с высоким содержанием непредельных углеводородов. Чем хуже условия транспортирования и хранения бензина, тем больше образуется смол. При увеличении содержания смол и смолообразующих веществ ухудшается полнота сгорания бензина, снижается его детонационная стойкость. Накапливающиеся вместе со смолами кислоты повышают коррозионность топлива.

*Таблица 5.1 – Показатели качества нефтепродуктов, наиболее склонные к изменению при хранении*

Нефтепродукты	Показатели
Этилированный бензин	Фракционный состав, содержание ТЭС, содержание смол, индукционный период, кислотность
Неэтилированный бензин	Фракционный состав, содержание смол, кислотность
Дизельное топливо	Кислотность, содержание смол
Автомобильные масла	Кислотность
Пластичные смазки	Пенетрация, температура каплепадения, кислотное число, содержание воды

Основное влияние на накопление смол оказывают температура хранения и степень заполнения емкости. Так, при заполнении емкости на 93% при хранении в течении 6 месяцев содержание фактических смол возрастает примерно в 4 раза, а при заполнении на 50% – почти в 12 раз. Изменение количества смол в бензине при хранении в зависимости от внешних факторов приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Изменение содержания смол в бензине при его хранении (мг/100мл)

Бензин	Начальное содержание смол	После хранения 1 месяц при температуре		После хранения 10 месяцев при t=15...20°C	
		15...20°C	40...45°C	в темноте	на свету
Автомобильный прямой перегонки	4,0	6	396	16	44
Автомобильный каталитического крекинга	7,5	14	558	53,4	76
Авиационный	2,0	2	54	14	38,8

Наличие в емкостях старых продуктов окисления, воды, механических примесей окалины, ржавчины также повышают интенсивность процесса смолообразования.

При длительном хранении топлив, особенно бензина с низким индукционным периодом, возрастает содержание кислых органических соединений, что приводит к повышенной коррозионности топлива.

Очень опасно попадание в бензины более тяжелых нефтепродуктов, так как это приводит к резкому ухудшению их качества и стабильности. Бензин нередко перевозят в тех же автомобильных цистернах, в которых транспортируют дизельное топливо. В емкости всегда остается 30...40 кг, которые при последующем заполнении смешиваются с новым продуктом. Использование таких продуктов ведет к повышенному осмолению деталей, нагарообразованию, увеличению коррозионного износа. Допустимые лимитирующие показатели по смешиваемости нефтепродуктов приведены в таблице 5.3.

Значительное ухудшение качества бензина происходит при обводнении и загрязнении механическими примесями (заливка в грязную тару, ветхие шланги, плохо закрытые резервуары, налив открытой струей). При использовании загрязненного бензина забиваются топливные фильтры, жиклеры карбюратора, увеличивается количество отложений во всасывающей системе, камере сгорания. Предотвращение загрязнения возможно только при правильно организованном хранении и заправке.

Таблица 5.3 – Допустимые концентрации нефтепродуктов и лимитирующие показатели при смешивании

Основной нефтепродукт	Концентрация добавляемого нефтепродукта, %			Лимитирующий показатель основного нефтепродукта
	автомобильный бензин	дизельное топливо Л	дизельное топливо З	
Автомобильный бензин	-	0,5	1	Температура конца кипения
Дизельное топливо Л	-	-	0,5	Вязкость
Дизельное топливо З	0,5	55	-	Температура вспышки

Особенно характерны для бензина смешанные потери при испарении, когда наряду с потерей легких фракций изменяются и эксплуатационные свойства (снижается октановое число, ухудшается фракционный состав и др.). Испарение бензина происходит при всех операциях (заполнение, хранение, заправка), величина потерь зависит от организации работ, технической оснащенности и состояния оборудования.

Значительны потери на испарение от «малых и больших дыханий» резервуаров. В емкости, над жидкостью, находится смесь воздуха с парами бензина. Днем резервуар нагревается, смесь расширяется и через дыхательные клапаны выходит в атмосферу («малое дыхание»). При охлаждении (ночью) в емкость поступает воздух и вновь насыщается парами. При изменении температуры с 15 до 40°С из резервуара вместимостью 25 м<sup>3</sup> в воздух ежедневно уходит более 2 кг бензина [14].

При отпуске топлива его количество в емкости уменьшается, а объем паров увеличивается. Если бензин полностью слить, то резервуар будет заполнен только паровоздушной смесью. Когда наливают новую порцию бензина, эта смесь вытесняется в атмосферу («большое дыхание»). При закрытом наливе 20 м<sup>3</sup> бензина сразу теряется 15...20 кг.

Для снижения потерь от «малых и больших дыханий» нужно стремиться к возможно большему заполнению емкостей (96...97% полной вместимости), снижению температуры на территории резервуарного парка (орошение, озеленение), использование газовой обвязки резервуаров с одинаковыми продуктами (пары выходят не в атмосферу, а в специальные емкости), поддержание дыхательных клапанов в исправном состоянии.

В дизельном топливе очень нежелательно наличие механических примесей. К механическим примесям относятся все посторонние органические и минеральные частицы, находящиеся в топливе. Стандартами механические примеси и вода в топливе не допускаются. При плохой организации транспортиро-

вания, хранения и особенно заправки АТС различные примеси и вода могут попадать в топливные баки. Размер частиц, количество и состав примесей, попадающих в топливо, разнообразны. Среди них могут быть механические примеси, как органического, так и минерального происхождения. Их количество можно определить методом фильтрации средней пробы топлива через беззольный бумажный фильтр.

Основная масса отказов при эксплуатации дизельных двигателей происходит из-за нарушения работы системы питания двигателей, связанных с использованием загрязненного топлива. В интенсивном износе топливной аппаратуры участвуют механические примеси любого размера, но наибольший вред приносят частицы размером 6...12 мкм.

Помимо механических примесей в дизельном топливе может накапливаться вода. Кристаллы льда, образующиеся из нее при отрицательной температуре, забивают топливные фильтры двигателя, систему питания. Кроме того, нарушается работа фильтрующих устройств механизированных заправочных средств, в результате чего в баки АТС попадает нефилтрованное топливо. По этой причине наличие воды в дизельном топливе недопустимо. Проверить обводненность можно внешним осмотром при наличии воды топливо мутное.

Масло является сложной смесью различных углеводородов, неодинаково взаимодействующих с кислородом. При нормальной температуре окисляются только непредельные углеводороды, которых в масле практически нет. При повышении температуры (примерно 60...70°C) в соединении с кислородом вступают наименее устойчивые углеводороды, масло темнеет, образуются различные кислые и нейтральные соединения (смолистые вещества), которые присутствуют в масле в растворенном состоянии. Постепенно, особенно при повышении температуры, образуются продукты более глубокого окисления: асфальтовые вещества, оксикислоты, углеродистые продукты (карбены, карбоиды). Эти соединения в масле нерастворимы или ограниченно растворимы, они выделяются в виде осадков, лаков, нагаров.

При работе в агрегатах при температуре от 150°C и выше процессы окисления протекают очень интенсивно. Когда температура превышает 300°C, одновременно с реакциями окисления происходит термическое разрушение углеводородов масел. В результате окисления и термического распада в маслах накапливаются органические кислоты, смолисто-асфальтовые вещества, повышается вязкость и т.д., эксплуатационные свойства ухудшаются.

В двигателях внутреннего сгорания условия окисления различны. На многих горячих деталях (цилиндр, поршневые кольца) масло окисляется в тонком слое. В картере, маслопроводах, масляном радиаторе окисление происходит в объеме. В некоторых узлах, например внутренняя часть поршня, масло нахо-

дится в туманообразном (тонкодисперсном) состоянии. Из-за различия условий окисления и температуры количество и состав образующихся продуктов окисления не одинаковы.

Наиболее интенсивные процессы окисления наблюдаются в тех случаях, когда масло находится в тонком слое на сильно нагретой поверхности. Например, в сборочной единице поршень-цилиндр непрерывно циркулирующее масло испаряется, подвергается термическому разрушению, на горячих деталях накапливаются прочно удерживающиеся лаковые пленки, а в верхней части и нагары. Чем тоньше масляная пленка и выше температура деталей, тем интенсивнее образуются лаковые отложения. Среди всех условий, влияющих на протекание реакции окисления, основным является температура.

Для моторных масел характерно также загрязнение пылью, попадающей с засасываемым для горения топлива воздухом, а часто и с топливом. Количество механических примесей возрастает и за счет накопления металлов, снимаемых с поверхностей трения, в процессе работы. Эти абразивные примеси резко увеличивают износ деталей. Основная часть их задерживается фильтрами двигателя, но наиболее мелкие длительное время циркулируют по системе смазки.

При работе двигателя введенные в масло присадки срабатываются. Скорость процесса зависит от типа и теплонапряженности двигателя, его технического состояния, условий эксплуатации, качества используемого топлива и многих других факторов. Прежде всего присадки расходуются на выполнение основных функций, а образующиеся вещества задерживаются маслофильтрующими устройствами. Кроме того, в процессе работы масло угорает, вместе с ним также теряется часть присадок. В результате срабатывания присадок снижается щелочное число, ухудшаются моющие свойства, повышается коррозионность.

На изменение свойств масел существенное влияние оказывает техническое состояние двигателей. Скорость старения масла значительно выше при работе изношенных двигателей, когда увеличен прорыв газов в картер и повышена температура деталей, а также при работе АТС с перегрузкой или на нехарактерных для данного автомобиля режимах, например, при работе высокоскоростных автомобилей в условиях городского движения.

В результате старения и загрязнения масло темнеет, в нем увеличивается содержание механических примесей. При использовании в двигателе масла с большим количеством продуктов загрязнения быстро образуются нагары и лаки. Постепенное накопление высокотемпературных отложений в поршневых канавках в конечном итоге приводит к залеганию, а затем и пригоранию колец. При этом увеличивается прорыв газов в картер, растут расход масла и износ цилиндро-поршневой группы, снижается мощность и экономичность. Нагары и

лаки плохо проводят теплоту, поэтому при их накоплении двигатель перегревается, а это в свою очередь, вызывает ускорение процессов окисления.

Несмотря на глубокое изменение качества при работе масла в двигателях, основной его углеводородный состав меняется незначительно. Если из масла удалить все механические примеси и продукты окисления, общее количество которых обычно не превышает 4...6 %, то вновь можно получить базовое масло хорошего качества. Именно на этом принципе основаны регенерация и повторное использование масел, позволяющие при правильной организации значительно сократить расход моторных масел. Сбор отработанных масел организуется на предприятиях, которые обязаны сдавать их нефтесбытовым организациям. Группы для сбора и сдачи отработанных нефтепродуктов регламентируются в соответствии с ГОСТ 21046-86 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические требования» (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Нефтепродукты отработанные

Группа нефтепродуктов	Наименование группы	Допускаемый состав группы
ММО	Масла моторные отработанные	Автотракторные, дизельные, в том числе моторные масла, применяемые в трансмиссиях и гидравлических системах
МИО	Масла промышленные отработанные	Индустриальные, в том числе выделенные из отработанных нефтяных эмульсий, компрессорные, гидравлические, технологические
СНО	Смесь нефтепродуктов отработанных	Нефтепродукты применявшиеся при промывке, трансмиссионные, гипоидные и не отвечающие требованиям групп ММО и МИО по вязкости и температуре вспышки; смеси нефтепродуктов, собранные при зачистке резервуаров, трубопроводов, автомобильных и железнодорожных цистерн и извлекаемые из очистных сооружений

## 5.2 Контроль и учет качества и количества ТСМ

С целью предотвращения возможностей применения некондиционных топлив на всех стадиях их изготовления, хранения и использования проводится контроль их качества. Под контролем качества ТСМ понимается проверка соответствия показателей их качества установленным нормам. Контроль качества при изготовлении ТСМ проводится службами технического контроля и лабораториями заводов изготовителей, а на нефтебазах, автозаправочных станциях (АЗС), автотранспортных и других предприятиях лабораториями этих предприятий.



При отгрузке ТСМ потребителю выдается сертификат качества, в котором указаны нормы по показателям качества, дата и номер партии изготовления. При контроле определение всех показателей качества проводится в строгом соответствии с ГОСТами.

Для каждого вида нефтепродуктов есть свой список контролируемых показателей. При получении продукта в первую очередь необходимо обращать внимание на соответствие показателей качества в сертификате с требованиями к данному продукту по ГОСТ.

Для проверки качества ТСМ установлены приемочные, контрольные, полные и арбитражные испытания (анализы).

**Приемочные анализы** проводятся работником склада ТСМ, АЗС при получении каждой партии нефтепродукта с целью установления соответствия качества получаемых ТСМ по отдельным показателям требованиям нормативно-технической документации.

**Контрольному анализу** подвергаются ТСМ, отобранные для установления основных показателей качества, регламентирующих необходимость исправления качества ТСМ при хранении, или замены ТСМ, находящихся в заправочных емкостях АТС. Основанием для проведения анализа могут служить отказы агрегатов и систем АТС, связанные с качеством нефтепродуктов. Основанием для проведения контрольного анализа может быть подозрение работника склада ТСМ или АЗС по качеству нефтепродукта, возникшие при приемочном анализе.

**Полному анализу** подвергаются ТСМ после длительного хранения или поступления на склад ТСМ или АЗС без сертификата качества или при несоответствии данных сертификата требованиям ГОСТ или ТУ (хотя бы по одному показателю).

**Арбитражный анализ** проводят в случае возникновения разногласий между поставщиком и потребителем. Анализы выполняют только по показателям, вызвавшим разногласия.

Для проведения анализа отбирают пробы топлива в соответствии с ГОСТ 2517-85. Пробы подразделяют на точечные и объединенные. Точечная проба берется в один прием, она характеризует качество нефтепродукта на определенном заданном уровне емкости. Объединенную пробу составляют из нескольких точечных проб, отобранных с различных уровней емкости.

Контрольная проба - часть точечной или объединенной пробы, предназначенной для анализа. Для взятия пробы используются специальные приспособления, пробоотборник или лот. Пробу помещают в специально подготовленный флакон, на этикетке которого ставят дату отбора пробы, номер партии нефтепродукта, номер резервуара, из которого отобрана проба, сорт материала, высоту налива и другую необходимую информацию, указывают фамилии чле-

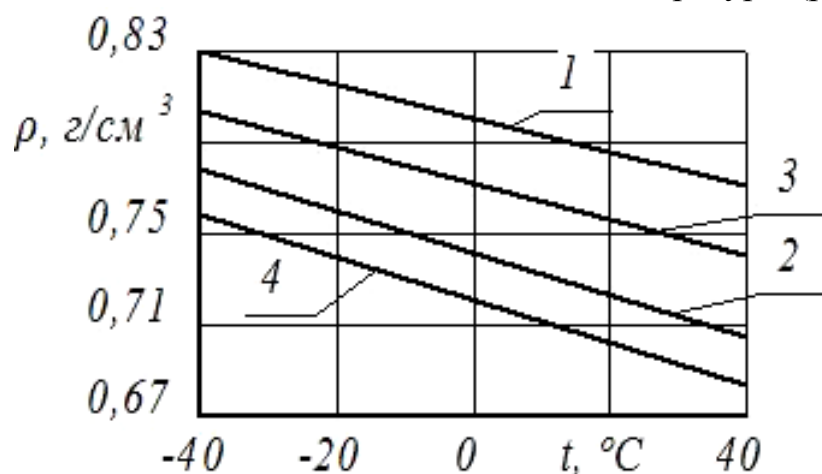
нов комиссии, и они ставят свой подписи. Флакон герметично закрывается и должен храниться в течении 3 месяцев. Объем контрольной пробы для проведения анализов приведен в таблице 5.5.

Для определения количества нефтепродукта используют два метода: весовой и объемно-весовой. При определении объема нефтепродукта в резервуарах необходимо из общего объема жидкости в резервуаре вычесть объем подтоварной воды, определив его с помощью водочувствительной ленты или специальной пасты, нанесенной на метршток или рулетку с лотом, после чего с помощью градуировочной таблицы определить объем нефтепродукта.

Таблица 5.5 – Объем контрольных проб для различных нефтепродуктов

Нефтепродукт	Объем пробы, л	
	контрольный анализ	полный анализ
Автомобильный бензин	0,7	1
Дизельное топливо	0,7	1
Моторное масло	0,7	1,5
Трансмиссионное масло	0,7	1,5
Другие масла	0,7	1
Керосин	0,6	1

Необходимо помнить, что использовать объемные метод учета количества нефтепродуктов категорически запрещается, так как плотность продукта, особенно топлив, в значительной степени зависит от температуры (рисунке 5.1).



1 – А76 летний; 2 – А76 зимний; 3 – АИ93 летний; 4 – АИ93 зимний;

Рисунок 5.1 – Зависимость плотности бензинов от температуры

Измерение плотности автомобильного бензина и дизельного топлива имеет важное практическое значение, работники АЗС и ТЗП должны измерять плотность и температуру топлив в резервуарах три раза в день и данные заносить

сит в специальный журнал. Величина плотности топлива, замеренная при любой температуре, приводится к стандартной температуре 20°C по формуле:

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma(t-20), \quad (5.1)$$

где  $\rho_{20}$  – плотность при 20°C, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_t$  – плотность, измеренная при данной температуре, г/см<sup>3</sup>;

$\gamma$  – температурная поправка, которая зависит от плотности нефтепродукта.

Плотность топлива замеряется нефтעדенциметрами, которые, как правило, снабжены встроенными термометрами. Количественный учет ТСМ ведется в объемных и массовых единицах измерения.

При хранении топлив необходимо соблюдать основные правила, чтобы избежать значительных потерь от испарения. Полностью потерь от испарения избежать очень сложно, в связи с чем введены в действие «Нормы естественной убыли нефтепродуктов» Постановлением Госнаба СССР №40 от 26 марта 1986 г., которые учитывают: нормы естественной убыли нефтепродуктов при приеме в резервуары; нормы естественной убыли при хранении в резервуаре до одного месяца; норму естественной убыли при хранении в резервуарах свыше одного месяца; нормы естественной убыли при отпуске в транспортные средства; нормы естественной убыли при приеме, хранении, отпуске на автозаправочных станциях и пунктах заправки; нормы естественной убыли при приеме, отпуске и хранении в первый год длительного хранения; нормы естественной убыли при хранении свыше одного года; нормы естественной убыли при железнодорожных перевозках.

Нормы естественной убыли нефтепродуктов при приеме, хранении, отпуске на автозаправочных станциях и пунктах заправки, для территории Курганской области (климатическая зона 2), в килограммах на одну тонну принятого количества (таблица 5.6).

Таблица 5.6 – Нормы естественной убыли нефтепродукта на АЗС

Тип резервуара	Вид нефтепродуктов	Осенне-зимний период	Весенне-летний период
Наземные стальные	бензины	0,54	0,99
	дизтоплива	0,03	0,03
	масла	0,12	0,12
Наземные стальные с понтоном	бензины	0,27	0,40
Заглубленные	бензины	0,36	0,40
	дизтоплива	0,01	0,02
	масла	0,12	0,12

В нормы естественной убыли нефтепродуктов для автозаправочных станций и пунктов заправки включена естественная убыль при транспортировании, приеме нефтепродуктов из транспортных средств, при хранении в резервуарах и отпуске через раздаточные колонки. Естественная убыль нефтепродукта определяется умножением соответствующей нормы на массу принятого нефтепродукта в тоннах и рассчитывается только по факту обнаружения недостачи.

### **5.3 Нормирование расхода топлива**

Вопросы нормирования расхода топлива являются очень важными для автотранспортных предприятий. Различают линейные и маршрутные нормы расхода топлива, при этом линейные нормы являются основными, и все предприятия должны ими руководствоваться. Каждые 5 лет Министерство транспорта пересматривает руководящий документ «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте». В настоящее время до 1 января 2013 года действует Р3112194-0366-08.

В данном Руководящем нормативно-методическом документе приведены значения базовых норм расхода топлива для автомобильного подвижного состава общего назначения, норм расхода топлива на работу специальных автомобилей, порядок применения норм и методы расчета нормируемого расхода топлива при эксплуатации, справочные нормативы по расходу смазочных материалов, значения зимних надбавок и др.

Руководящий документ предназначен для автотранспортных предприятий, организаций, предпринимателей и др., независимо от формы собственности, эксплуатирующих автомобильную технику и специальный подвижной состав на шасси автомобилей на территории Российской Федерации.

Предлагаемые нормативы могут быть использованы в качестве основы для расчета ведомственных норм при эксплуатации специальных и технологических автомобилей.

Данный Руководящий документ введен в действие со дня утверждения до 1 января 2013 г. взамен «Норм расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» Р3112194-0366-03.

Норма расхода топлива (или смазочного материала) применительно к автомобильному транспорту подразумевает установленное значение меры его потребления при работе автомобиля конкретной модели, марки или модификации.

Нормы расхода топлив (смазочных материалов) на автомобильном транспорте предназначены для расчетов нормируемого значения расхода топлива, для ведения статистической и оперативной отчетности, определения себестоимости перевозок и других видов транспортных работ, планирования потребно-

сти предприятий в обеспечении нефтепродуктами, осуществления расчетов по налогообложению предприятий, осуществления режима экономии и энергосбережения потребляемых нефтепродуктов, проведения расчетов с пользователями транспортными средствами, водителями и т.д.

При нормировании расхода топлива различают базовое значение расхода топлива, которое определяется для каждой модели, марки или модификации автомобиля в качестве общепринятой нормы (по действующей методике определения базовых норм расхода топлива), и расчетное нормативное значение расхода топлива, учитывающее выполняемую транспортную работу и условия эксплуатации автомобиля.

Потребление топлив и смазочных материалов при эксплуатации автомобильной техники производится в соответствии с установленными нормами.

Нормы расхода топлив, приведенные в утвержденном Руководящем документе, имеют статус постоянных норм. Вновь разрабатываемые и устанавливаемые для автомобилей нормы действуют как временные до их введения в качестве постоянных или при переутверждении, или при дополнении Руководящего документа с учетом развития структуры автопарка страны.

Нормы расхода топлива устанавливаются для каждой модели, марки и модификации эксплуатируемых автомобилей и соответствуют определенным условиям работы автомобильных транспортных средств согласно их классификации и назначению. Нормы включают расход топлива, необходимый для осуществления транспортного процесса. Расход топлива на технические, гаражные и прочие внутренние хозяйственные нужды, не связанные непосредственно с технологическим процессом перевозок пассажиров и грузов, в состав норм не включается и устанавливается отдельно.

Для автомобилей общего назначения установлены следующие виды норм [15]:

- базовая норма в литрах на 100 км (л/100 км) пробега автотранспортного средства (АТС) в снаряженном состоянии;
- транспортная норма в литрах на 100 км (л/100 км) пробега транспортной работы:
  - автобуса, где учитывается снаряженная масса и нормируемая по назначению автобуса загрузка пассажиров;
  - самосвала, где учитывается снаряженная масса и нормируемая (коэффициент 0,5) загрузка самосвала;
  - транспортная норма в литрах на 100 тонно-километров (л/100 ткм) транспортной работы грузового автомобиля учитывает дополнительный к базовой норме расход топлива при движении автомобиля с грузом, автопоезда с прицепом или полуприцепом без груза и с грузом (или с использованием уста-

новленных коэффициентов на каждую тонну перевозимого груза, прицепа, полуприцепа до 1,3 л/100 км и до 2,0 л/100 км для автомобилей, соответственно, с дизельными и бензиновыми двигателями, или с использованием более точных расчетов, выполняемых ФГУП НИИАТ по специальной программе-методике для каждой конкретной марки и типа АТС).

Базовая норма расхода топлива зависит от конструкции автомобиля и его агрегатов, категории, типа и назначения автомобильного подвижного состава (легковые, автобусы, грузовые и т.д.), от вида используемого топлива и учитывает снаряженное состояние автомобиля, типизированный маршрут и режим движения в эксплуатации.

Норма на транспортную работу включает базовую норму и зависит от грузоподъемности или от нормируемой загрузки, или от конкретной массы перевозимого груза, с учетом условий эксплуатации АТС.

Нормы расхода топлива на 100 км пробега автомобиля установлены в следующих измерениях:

- для бензиновых и дизельных автомобилей - в литрах бензина или дизтоплива;

- для автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе (снг), - в литрах снг (из расчета 1 л бензина соответствует 1,32 л снг);

- для автомобилей, работающих на сжатом природном газе (спг), - в нормальных м<sup>3</sup> спг (из расчета 1л бензина соответствует 1 м<sup>3</sup> спг);

- для газодизельных автомобилей норма расхода сжатого природного газа указана в м<sup>3</sup>, плюс рядом указывается норма расхода дизтоплива в литрах, их соотношение определяется производителем техники (или в инструкции по эксплуатации).

Учет дорожно-транспортных, климатических и других эксплуатационных факторов производится с помощью поправочных коэффициентов, регламентированных в виде процентов повышения или снижения исходного значения нормы (их значения устанавливаются распоряжениями руководителей предприятий, эксплуатирующих АТС или руководителями местных администраций).

Нормы расхода топлива повышаются при следующих условиях:

- работа автотранспорта в зимнее время года в зависимости от климатических районов страны - от 5% до 20%;

- работа автотранспорта на дорогах общего пользования (I, II и III категорий) в горных местностях, включая городские и сельские поселения и пригородные зоны, при высоте над уровнем моря:

  - от 300 до 800 метров - до 5% (нижегорье);

  - от 801 до 2000 метров - до 10% (среднегорье);

от 2001 до 3000 метров - до 15% (высокогорье);

и свыше 3000 метров - до 20% (высокогорье).

– работа автотранспорта на дорогах общего пользования (I, II и III категорий) со сложным планом, вне пределов городов и пригородных зон, где в среднем на 1 км пути имеется более пяти закруглений радиусом менее 40 м (т.е. на 100 км пути не менее 500 поворотов) - до 10%.

– работа автотранспорта в городах с населением свыше 3,0 миллионов человек – до 25%;

– в городах с населением от 1,0 до 3,0 миллионов человек - до 20%;

– в городах с населением от 250 тысяч до 1,0 миллиона человек - до 15%;

– в городах с населением от 100 до 250 тысяч человек - до 10%;

– в городах и поселках городского типа (при наличии светофоров и других знаков дорожного движения) с населением до 100 тысяч человек - до 5%;

– работа автотранспорта, требующая частых технологических остановок, связанных с погрузкой и выгрузкой, посадкой и высадкой пассажиров, в том числе маршрутные таксомоторы-автобусы, грузопассажирские и грузовые автомобили малого класса, автомобили типа пикап, универсал и т.п., включая перевозки продуктов и мелких грузов, обслуживание почтовых ящиков, инкассацию денег, обслуживание пенсионеров, инвалидов, больных и т.п. (при условии в среднем более чем одна остановка на один километр пробега, при этом остановки у светофоров, перекрестков и переездов не учитываются) - до 10%.

– перевозка нестандартных крупногабаритных, тяжеловесных, опасных грузов, грузов в стекле и т.д., движение в колоннах и при сопровождении, и других подобных случаях с пониженными скоростями движения автомобилей до 20-30 км/ч - до 15%, при пониженных скоростях до 10 км/ч - до 35%;

–при пробеге первой тысячи километров новыми автомобилями (обкатке) и автомобилями, вышедшими из капитального ремонта, а также при централизованном перегоне таких автомобилей своим ходом в одиночном состоянии - до 10%, при перегоне автомобилей в спаренном - до 15%, в строенном состоянии - до 20%;

–для автомобилей, находящихся в эксплуатации более 5 лет, - до 5%, более 8 лет - до 10%;

– при работе грузовых автомобилей, фургонов, грузовых таксомоторов и т.п. без учета массы перевозимого груза, при работе автомобилей в качестве технологического транспорта, включая работу внутри предприятий - до 10%.

– при работе специальных автомобилей (киносъемочных, ремонтных, автовышек, автопогрузчиков и т.п.), выполняющих транспортный процесс при маневрировании на пониженных скоростях, при частых остановках и движении задним ходом - до 20%;

– при работе в карьерах, движении по полю, при вывозке леса и т.п. на участках горизонтальных дорог IV и V категории вне основной дороги общего пользования: для АТС в снаряженном состоянии без груза - до 20%, для АТС с полной или частичной загрузкой в зависимости от полной массы автомобиля - до 40%;

– при работе в чрезвычайных климатических и тяжелых дорожных условиях в период сезонной распутицы, снежных или песчаных заносов, при сильном снегопаде и гололедице, наводнениях и других стихийных бедствиях для дорог I, II и III категорий - до 35%, для дорог IV и V категорий - до 50%;

– при учебной езде - до 20%;

– при использовании кондиционера или установки «климат-контроль» при движении автомобиля - до 7%;

– при использовании кондиционера или установки «климат-контроль» на стоянке (независимо от времени года) нормативный расход топлива устанавливается из расчета один час простоя с работающим двигателем соответствует 10 км пробега;

– при простоях автомобилей под погрузкой и разгрузкой в пунктах, где по условиям безопасности или другим действующим правилам запрещается выключать двигатель (нефтебазы, специальные склады, банки и т.п.) при простоях со специальным грузом, не допускающим охлаждения салона (кузова) автомобиля, - до 10%;

– в зимнее или холодное (при среднесуточной температуре ниже +5°C) время года при простоях и прогреве автомобилей и автобусов (при отсутствии независимых отопителей), а также при простоях с работающим двигателем в ожидании пассажиров (в том числе больных, инвалидов и т.п.) устанавливается нормативный расход топлива из расчета один час простоя соответствует 10 км пробега автомобиля;

Допускается на основании распоряжения местной администрации или приказа руководителя предприятия:

– на внутригаражные разезды и технические надобности автотранспортных предприятий (технические осмотры, регулировочные работы, приработка деталей двигателей и других агрегатов автомобилей после ремонта и т.п.) увеличивать нормативный расход топлива до 1,0 % от общего количества потребляемого топлива данным предприятием (с учетом относительного количества единиц АТС, используемых при выполняемых работах);

– для марок и модификаций автомобилей, не имеющих существенных конструктивных отличий от базовой модели (одинаковый двигатель, коробка передач, главная передача, шины, колесная формула, кузов) и не отличающихся



от базовой модели собственной массой, устанавливать норму расхода топлива в тех же размерах, что и для базовой модели;

– для марок и модификаций автомобилей, не имеющих конструктивных отличий, но отличающихся от базовой модели собственной массой (при установке фургонов, кунгов, тентов, дополнительного оборудования, бронировании и т.д.), норма расхода топлива может определяться:

1) на каждую тонну увеличения (уменьшения) собственной массы автомобиля - увеличением (уменьшением) до 2,0 л/100 км по автомобилям с бензиновыми двигателями, до 1,3 л/100 км - с дизельными двигателями, до 2,64 л/100 км по автомобилям, работающим на сжиженном газе, до 2,0 м<sup>3</sup>/100 км по автомобилям, работающим на сжатом природном газе, при газодизельном процессе двигателя ориентировочно до 1,2 м<sup>3</sup> природного газа и до 0,25 л/100 км дизельного топлива;

2) при необходимости получения более точного значения нормы расхода топлива, по разработанной НИИАТом норме с использованием указанной выше «Методики ...» (по индивидуальной заявке).

Норма расхода топлива может снижаться при работе на дорогах общего пользования за пределами пригородной зоны на равнинной слабохолмистой местности (высота над уровнем моря до 300 м) на дорогах I, II и III категорий - до 15%.

В том случае, когда автотранспорт эксплуатируется в пригородной зоне вне границы города, поправочные (городские) коэффициенты не применяются.

При необходимости применения одновременно нескольких надбавок норма расхода топлива устанавливается с учетом суммы или разности этих надбавок.

В дополнение к нормированному расходу газа допускается расходование бензина и дизтоплива для газобаллонных автомобилей в следующих случаях:

– для заезда в ремонтную зону и выезда из нее после проведения технических воздействий - до 5 л на один газобаллонный автомобиль;

– для запуска двигателя газобаллонного автомобиля в зимнее время (при температуре окружающей среды ниже 0°C) - до 10 л в месяц на один автомобиль;

– на маршрутах, протяженность которых превышает запас хода одной заправки газа, - до 25% от общего расхода топлива на указанных маршрутах.

Во всех указанных случаях нормирование расхода жидкого топлива для газобаллонных автомобилей осуществляется в тех же размерах, что и для соответствующих базовых бензиновых автомобилей.

Принимая во внимание возможные изменения и многообразие условий эксплуатации автомобильной техники, изменения техногенного и природного

характера, состояние дорог, особенности перевозок грузов и пассажиров и т.п., в случае производственной необходимости возможно уточнение или введение отдельных поправочных коэффициентов к нормам расхода топлива по распоряжению руководителей местных администраций регионов страны, министерств и ведомств - при соответствующем обосновании и по согласованию с Минтрансом России (ФГУП НИИАТ).

Для новых моделей, марок и модификаций автомобильной техники, на которые Минтрансом России не утверждены базовые нормы расхода топлива (отсутствующие в данном Руководящем документе), руководители местных администраций регионов и предприятий вправе вводить в действие разрабатываемые ФГУП НИИАТ в установленном порядке временные нормы, действующие до их утверждения Минтрансом России при переутверждении или дополнении данного Руководящего документа.

В дополнение к нормированному расходу газа допускается расходование бензина или дизтоплива для газобаллонных автомобилей в следующих случаях:

- для заезда в ремонтную зону и выезда из нее после проведения технических воздействий на один газобаллонный автомобиль до 5 л в месяц;
- для запуска двигателя газобаллонного автомобиля в зимнее время (при температуре окружающей среды ниже 0°C) на один автомобиль 10 л в месяц;
- на маршрутах, протяженность которых превышает запас хода одной заправки газа - 25% бензина и дизтоплива от общего расхода топлива на указанных маршрутах.

Во всех указанных случаях нормирование расхода жидкого топлива для газобаллонных автомобилей осуществляется в тех же размерах, что и для соответствующих базовых бензиновых автомобилей

Нормы расхода топлива на 100 км пробега автомобиля устанавливаются в следующих измерениях:

- для бензиновых и дизельных автомобилей - в литрах;
- для автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе - в литрах сжиженного газа;
- для автомобилей, работающих на сжатом природном газе - в нормальных метрах кубических ( $m^3$ ) сжатого газа;
- для газодизельных автомобилей норма расхода сжатого природного газа указана в  $m^3$ , плюс рядом указана норма расхода дизельного топлива в литрах.

Для легковых автомобилей нормируемое значение расхода топлива рассчитывается по следующему соотношению:

$$Q_n = 0,01 \cdot H_s \cdot S (1 \pm 0,01 \cdot D), \quad (5.2)$$

где  $Q_n$  – нормативный расход топлива, литры;  
 $H_s$  – норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100 км;  
 $S$  – пробег автомобиля, км;  
 $D$  – поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к норме в процентах.

Для автобусов нормируемое значение расхода топлива устанавливается аналогично легковым автомобилям.

В случае использования на автобусе в зимнее время штатных независимых отопителей расход топлива на работу отопителя учитывается в общем нормируемом расходе топлива следующим образом:

$$Q_n = 0,01 \cdot H_s \cdot S (1 \pm 0,01 \cdot D) + H_{om} \cdot T, \quad (5.3)$$

где  $Q_n$  – нормативный расход топлива, литры или куб.метры;  
 $H_s$  – норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100км или м<sup>3</sup>/100 км;  
 $S$  – пробег автобуса, км;  
 $H_{om}$  – норма расхода топлива на работу отопителя или отопителей, л/час;  
 $T$  – время работы автобуса с включенным отопителем, час.

Для бортовых грузовых автомобилей или автопоездов, а также для сельских тягачей нормируемое значение расхода топлива определяется по следующему соотношению:

$$Q_n = 0,01 \cdot (H_{san} \cdot S + H_w \cdot W) \cdot (1 \pm 0,01 \cdot D), \quad (5.4)$$

где  $Q_n$  – нормативный расход топлива, л или куб.м;  
 $S$  – пробег автомобиля или автопоезда, км;  
 $H_{san}$  – норма расхода топлива на пробег автопоезда,  $H_{san} = H_s + H_g \cdot G_{np}$ , л/100 км или м<sup>3</sup>/100 км (где  $H_g$  – норма расхода топлива на дополнительную массу прицепа или полуприцепа, л/100 км или м<sup>3</sup>/100 км;  
 $H_s$  – базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля, л/100км или м<sup>3</sup>/100 км;  
 $H_w$  – норма расхода топлива на транспортную работу, л/100т.км или м<sup>3</sup>/100 т.км;  
 $W$  – объем транспортной работы, т.км ( $W = G_{zp} \cdot S_{zp}$ , где  $G_{zp}$  – масса груза,  $S_{zp}$  – пробег с грузом);  
 $G_{np}$  – собственная масса прицепа или полуприцепа, т.

Для грузовых бортовых автомобилей и автопоездов, выполняющих работу, учитываемую в тонно-километрах, нормы на 100 т.км установлены в зависимости от вида используемого топлива в следующих размерах: бензин - 2 л; дизельное топливо - 1,3 л; сжиженный нефтяной газ (ГСН) - 2,5 л; сжатый природный газ (СПГ) - 2 м<sup>3</sup>; при газодизельном питании - 1,2 м<sup>3</sup> природного газа и 0,25 л дизельного топлива.

При работе бортовых автомобилей с прицепами и седельных тягачей с полуприцепами норма расхода топлива на пробег (л/100км или м<sup>3</sup>/100 км) автопоезда увеличивается на каждую тонну собственной массы прицепов и полуприцепов в зависимости от вида топлива в следующих размерах: бензина - 2 л; дизельного топлива - 1,3 л; сжиженного газа - 2,5 л; природного газа - 2 м<sup>3</sup>; при газодизельном питании двигателя - 1,2 м<sup>3</sup> природного газа и 0,25 л дизельного топлива.

Для автомобилей-самосвалов и самосвальных автопоездов нормируемое значение расхода топлива определяется по следующему соотношению:

$$Q_n = 0,01 \cdot H_{sanc} \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot D) + H_z \cdot Z, \quad (5.5)$$

где  $H_{sanc}$  – норма расхода топлива самосвального автопоезда  $H_{sanc} = H_s + H_w(G_{np} + 0,5q)$ , л/100 км или м<sup>3</sup>/100 км;

$H_s$  – базовая норма расхода топлива автомобиля-самосвала с учетом транспортной работы, л/100 км или м<sup>3</sup>/100 км;

$S$  – пробег автомобиля или автопоезда, км;

$H_w$  – норма расхода топлива на дополнительную массу прицепа или полуприцепа, л/100км или м<sup>3</sup>/100 км;

$H_z$  – дополнительная норма расхода топлива на каждую езду с грузом автомобиля-самосвала, л;

$Z$  – количество ездов с грузом за смену;

$G_{np}$  – собственная масса прицепа, полуприцепа, т;

$q$  – грузоподъемность прицепа, т.

Для автомобилей самосвалов и автопоездов с самосвальными кузовами дополнительно устанавливается норма расхода топлива ( $H_z$ ) на каждую езду с грузом при маневрировании в местах погрузки и разгрузки: -0,25 л жидкого топлива (0,25 м<sup>3</sup> природного газа) на каждую единицу самосвального подвижного состава; -0,25 м<sup>3</sup> природного газа и 0,1 л дизельного топлива при газодизельном питании двигателя; при работе автомобилей -самосвалов с самосвальными прицепами норма расхода топлива увеличивается на каждую тонну соб-

ственной массы прицепа и половину номинальной грузоподъемности: бензина - 2 л, дизельного топлива - 1,3 л, сжиженного газа - 2,5 л, природного газа - 2 м<sup>3</sup>.

В случае работы автомобилей-самосвалов с коэффициентом полезной работы значительно выше 0,5 допускается нормировать расход топлива также, как и для бортовых автомобилей (5.4). При этом в качестве нормы принимается норма для соответствующего базового бортового автомобиля, скорректированная исходя из разницы собственной массы этих автомобилей.

В таблице 5.7 приведены нормы расхода топлив для некоторых легковых автомобилей.

Таблица 5.7 – Нормы расхода бензина легковых автомобилей

Модель, марка, модификация автомобиля *	Базовая норма, л/100 км
1	2
ВАЗ-11183 «Калина» (ВАЗ-21114-4L-1,596-81-5M)	8,0
ВАЗ-21102 (ВАЗ-2111-4L-1,499-79-5M)	7,5
ВАЗ-21214-20 «Шевроле-Нива» (ВАЗ-21214.10-4L-1,689-82-5M)	10,9
ГАЗ-31105 (ЗМЗ-40620Д-4L-2,3-131-5M)	11,5
УАЗ-3163-10 «Патриот» (ЗМЗ-40900R-4L-2,693-128-5M)	13,5
Audi A6 2.8 (6V-2,771-193-5A)	11,5
BMW 530i (6L-2,979-231-5M)	10,7
Chevrolet Lanos 1.5 (4L-1,498-86-5M)	8,0
Daewoo Nexia 1.5 GLX (4L-1,498-90-5M)	8,2
Ford Focus II 2.0 (4L-1,999-145-5M)	8,1
Honda Civic 1.5i LS (4L-1,493-114-5M)	6,8
Hyundai Accent 1.5 (4L-1,495-102-5M)	8,4
Hyundai Getz 1.3 (4L-1,341-85-5M)	6,7
Kia Spectra 1.6 (4L-1,594-101-4A)	9,1
Mazda 6 2.0 (4L-1,999-141-5M)	9,2
Mercedes-Benz E 320S (6L-3,199-220-4A)	12,8
Mitsubishi Lancer 1300 (4L-1,299-75-5M)	7,5
Nissan Almera Classic 1.6 PE (4L-1,596-107-4A)	8,6
Opel Astra Caravan 1.6 (4L-1,589-100-5M)	8,3
Renault Logan 1.4 (4L-1,39-75-5M)	7,0
Skoda Octavia 1.8 T (4L-1,781-150-5M)	8,5
Suzuki Grand Vitara 2.0 4WD (4L-1,995-128-4A)	11,0
Toyota Camry 2.4 (4L-2,362-152-5M)	9,6
Toyota RAV-4 2.0 (4L-1,998-150-5M)	10,0
Volkswagen Passat 2.0 (4L-1,984-116-5M)	9,3
Volvo S80 2.4i (5L-2,435-170-5M)	9,4

\*В скобках обозначаются основные параметры двигателя и коробки передач, например: ВАЗ-21043 - марка двигателя; 4L - число и расположение цилиндров (L-рядное, V-образное,); 1,45 - рабочий объем двигателя, л; 71-мощность двигателя, л.с.; 5М - количество передач (М - механическая; А - автоматическая коробка передач)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Васильева, Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы : учебник для вузов. – 2-е изд. / Л.С. Васильева. – М.: Наука-Пресс, 2004. – 421 с.
- 2 Гуреев, А.А. Автомобильные бензины. Свойства и применение: учебное пособие для вузов / А.А. Гуреев, В.С., Азеев. – М.: Нефть и газ, 1996. – 444 с.
- 3 Двигатели внутреннего сгорания: В 3 кн. Кн.1. Динамика и конструирование: учебник / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г.. Шатров и др.; под ред. В.Н. Луканина. - М.: Высш. шк., 2007. – 400 с.
- 4 Емельянов, В.Е. Автомобильный бензин и другие виды топлива: свойства, ассортимент, применение / В.Е. Емельянов, И.Ф. Крылов. – М.:Астрель:АСТ:Профиздат, 2005. – 207 с.
- 5 Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применением: справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадтышева, С.А. Бнатов и др.; под ред. В.М.Школьников. – М.: Издательский центр «Техноинформ», 1999. – 596 с.
- 6 За рулем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zr.ru/>, свободный.
- 7 Газобаллонные автомобили: справочник/А.И.Морев, В.И.Ерохов, Б.А. Бекетов и др.-М.: Транспорт, 1992. –175 с.
- 8 Гейкин, К.И. Газовые двигатели / К.И. Гейкин. – М.: Машиностроение, 1977. – 196 с.
- 9 Справочник по триботехнике. В 3 т. Т.1. Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения / под ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение. 1990. – 412с.
- 10 Итинская, Н.И. Топлива, масла и технические жидкости: справочник / Н.И. Итинская, Н.А. Кузнецов. – М.: Агропромиздат, 1989.-304 с.
- 11 AUTOLUB [Automotive Lubricants] интернет-проект о смазочных материалах, применяемых в автомобилях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autolub.info/index.html>, свободный. – Загл. с экрана.
- 12 Жаров, С.П. Пластичные смазки: методические указания по курсу «Использование эксплуатационных материалов и экономия ТЭР» / С.П Жаров. – Курган, 1994. – 34 с.
- 13 Обельницкий, А.М.Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости: учебник для вузов / А.М. Обельницкий, Е.А. Егорушкин, Ю.Н. Чернявский. – М.: ИПО «Полигран»,1995. – 272 с.
- 14 Жаров, С.П. Автозаправочные станции: учебное пособие / С.П. Жаров. – Курган, 2007. – 184 с.
- 15 Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте : Введены в действие 14.03.2008. – Ростов н/Д:Феникс, 2008. – 125 с.

Учебное издание

Жаров Сергей Петрович  
Вершинина Ольга Геннадьевна  
Шабуров Виктор Николаевич

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебное пособие

Компьютерная графика: В.Н. Шабуров

Редактор Н.М. Быкова

---

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16	Бумага тип. №1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 10,5	Уч.-изд.л 10,5
Заказ	Тираж	Цена свободная

---

Редакционно-издательский центр КГУ.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25 .  
Курганский государственный университет.