

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

---

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Омский государственный технический университет»

# ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## ТОПЛИВО И СМАЗКИ

Учебное текстовое электронное издание  
локального распространения

*Рекомендовано редакционно-издательским советом  
Омского государственного технического университета*

Омск  
Издательство ОмГТУ  
2023

УДК 629.331(075)  
ББК 39.33-082-3я73  
Э41

Авторы:

*В. Е. Щерба, И. П. Залознов, Е. А. Лысенко,  
Г. А. Нестеренко, С. Ю. Кайгородов*

Рецензенты:

*В. А. Лисин*, канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильного транспорта  
Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета;  
*Т. А. Ивахненко*, канд. техн. наук, полковник, нач. кафедры  
боевых гусеничных, колесных машин и военных автомобилей  
Омского автобронетанкового инженерного института

**Эксплуатационные материалы. Топливо и смазки** : учеб. пособие / В. Е. Щерба, И. П. Залознов, Е. А. Лысенко [и др.] ; Минобрнауки России, Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2023. – 1 CD-ROM (3,07 Мб). – Систем. требования: процессор с частотой 800 МГц и выше ; 128 Мб RAM и более ; свободное место на жестком диске 300 Мб и более ; Linux / Windows XP и выше ; MacOS X 10.4 и выше ; CD/DVD-ROM-дисковод ; ПО для просмотра pdf- и mp4-файлов. – Загл. с титул. экрана. – ISBN 978-5-8149-3641-7.

Рассмотрены общие вопросы использования и особенности применения эксплуатационных материалов в конструкции современных транспортно-технологических машин, а также при их сервисном обслуживании.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по направлению «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (23.03.03, 23.04.03) и специальности «Транспортные средства специального назначения» (23.05.02).

Редактор *О. В. Маер*

Компьютерная верстка *О. Г. Белименко*

*Для дизайна этикетки использованы материалы  
из открытых интернет-источников*

---

Сводный темплан 2023 г.  
Подписано к использованию 23.05.23.  
Объем 3,07 Мб.

© ОмГТУ, 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	6
2. НЕФТЬ КАК ОСНОВА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ....	12
2.1. Химический состав нефти.....	12
2.2. Способы переработки нефти .....	15
3. ТОПЛИВО ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН.....	19
3.1. Автомобильные бензины .....	19
3.2. Дизельное топливо.....	29
3.3. Альтернативное топливо.....	36
4. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН.....	44
4.1. Начальные сведения .....	44
4.2. Моторные масла.....	51
4.3. Трансмиссионные и гидравлические масла.....	60
4.4. Пластичные смазки.....	69
5. РАЦИОНАЛЬНОЕ И БЕЗОПАСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРАНСПОРТЕ .....	74
5.1. Экономия топливно-смазочных материалов.....	74
5.2. Влияние качества топливно-смазочных материалов на их расход.....	80
5.3. Техника безопасности при работе с эксплуатационными материалами .....	82
5.4. Токсичность и огнестойкость эксплуатационных материалов.....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	88
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	89

## ВВЕДЕНИЕ

Транспортно-технологические машины и комплексы применяются в большинстве областей человеческой деятельности. Количество легковых автомобилей в мире превышает 1,3 миллиарда и составляет 182 автомобиля на 1000 человек. Кроме того, для выполнения технологических процессов используется коммерческая и военная техника: автобусы, грузовые автомобили, специальные машины, в том числе двойного назначения.

При производстве, коммерческой и технической эксплуатации транспортных машин следует использовать специальные эксплуатационные материалы. В отличие от конструкционных материалов срок службы эксплуатационных значительно меньше ресурса машины. Следовательно, в процессе эксплуатации необходимо осуществлять работы по замене или пополнению количества эксплуатационных материалов. Кроме того, для эффективного выполнения технологических процессов, связанных с техническим обслуживанием, ремонтом и диагностическими воздействиями, рекомендуется применять специализированные эксплуатационные материалы. Основным источником энергии для транспортных машин на сегодняшний день и в ближайшей перспективе остаются нефтяные топлива, а также производные топлива из углеводородного сырья, в числе которых метан, пропан, водород, бензин, керосин, дизельное топливо и др. Все виды топлива также относятся к эксплуатационным материалам.

Для смазки узлов и агрегатов транспортных машин необходимо использовать жидкие и пластичные смазочные материалы. Выбор смазочных материалов осложнен тем, что производители в технической документации предусматривают большой перечень смазочных материалов для различных условий эксплуатации. Неправильный выбор типа и характеристик моторного масла приводит к снижению долговечности двигателя транспортной машины, а также увеличивает вероятность отказа. Использование смазочных материалов с более высоким уровнем качества в данных условиях эксплуатации, с учетом требований нормативно-технической документации, влечет за собой повышение материальных затрат.

Отдельно существует комплекс эксплуатационных материалов, предназначенных для осуществления регламентных и ремонтных работ в условиях сервисных предприятий. Это специальные материалы для уборочно-моечных работ, ремонтные составы для ремонта кузовных деталей и лакокрасочных работ, разнообразный ассортиментный перечень материалов для шиномонтажных работ, ремонта двигателей и иных агрегатов.

Большое разнообразие транспортных машин и условий их использования определяет и значительную номенклатуру эксплуатационных материалов, для эффективного применения которых необходимо знать не только допуски производителей транспортных машин, но и физико-химические свойства таких материалов. Изучением физико-химических свойств топлив и смазок занимаются специфические научные направления, такие как химотология (определение свойств и рациональное использование топливных и смазочных материалов) и трибология (исследование процессов трения и износа с учетом применения смазочных материалов).

Эффективное применение эксплуатационных материалов определяет долговечность и безотказность работы транспортно-технологических машин и оборудования, позволяет минимизировать затраты на обслуживание и ремонт дорогостоящей техники. Известно, что затраты на топливно-смазочные материалы превышают 20 % себестоимости транспортных работ, т. е. являются существенными материальными затратами.

Приобретенные в процессе изучения дисциплины «Эксплуатационные материалы» знания, умения и навыки помогут специалисту грамотно применять на практике современные эксплуатационные материалы и повышать эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин, комплексов и оборудования.

# 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Под материалом вообще понимают вещество или смесь веществ, из которых изготавливается продукция, либо продукцию или изделие, которое прошло предварительную обработку на промышленных предприятиях. Принципиальным отличием материалов от деталей является отсутствие у материалов конкретных форм и размеров. Таким образом, **материал** – это вещество (или смесь веществ), не имеющее определенной формы при использовании в составе транспортной машины или при проведении процессов сервисного обслуживания, диагностирования и ремонтных воздействий.

Материалы подразделяются на *конструкционные* и *эксплуатационные*. Конструкционные материалы используются для создания деталей определенных форм и размеров. Эксплуатационные материалы, напротив, при производстве могут иметь определенную форму и размеры (например, твердые смазки, уплотнительные и изоляционные материалы), но при использовании по назначению форма и размеры таких материалов могут быть изменены.

**Эксплуатационные материалы** – это материалы, обеспечивающие стабильную работу механизмов, различных конструкций и машин, но при этом не составляющие основу их конструкции, а расходующиеся в процессе их эксплуатации.

Классификация эксплуатационных материалов (рис. 1.1) позволяет понять общие свойства и методику применения групп эксплуатационных материалов в зависимости от места применения или иного классификационного признака. Опираясь общими для группы свойствами, можно осуществлять правильный и обоснованный выбор необходимого эксплуатационного материала для определенных условий технической эксплуатации транспортных машин.

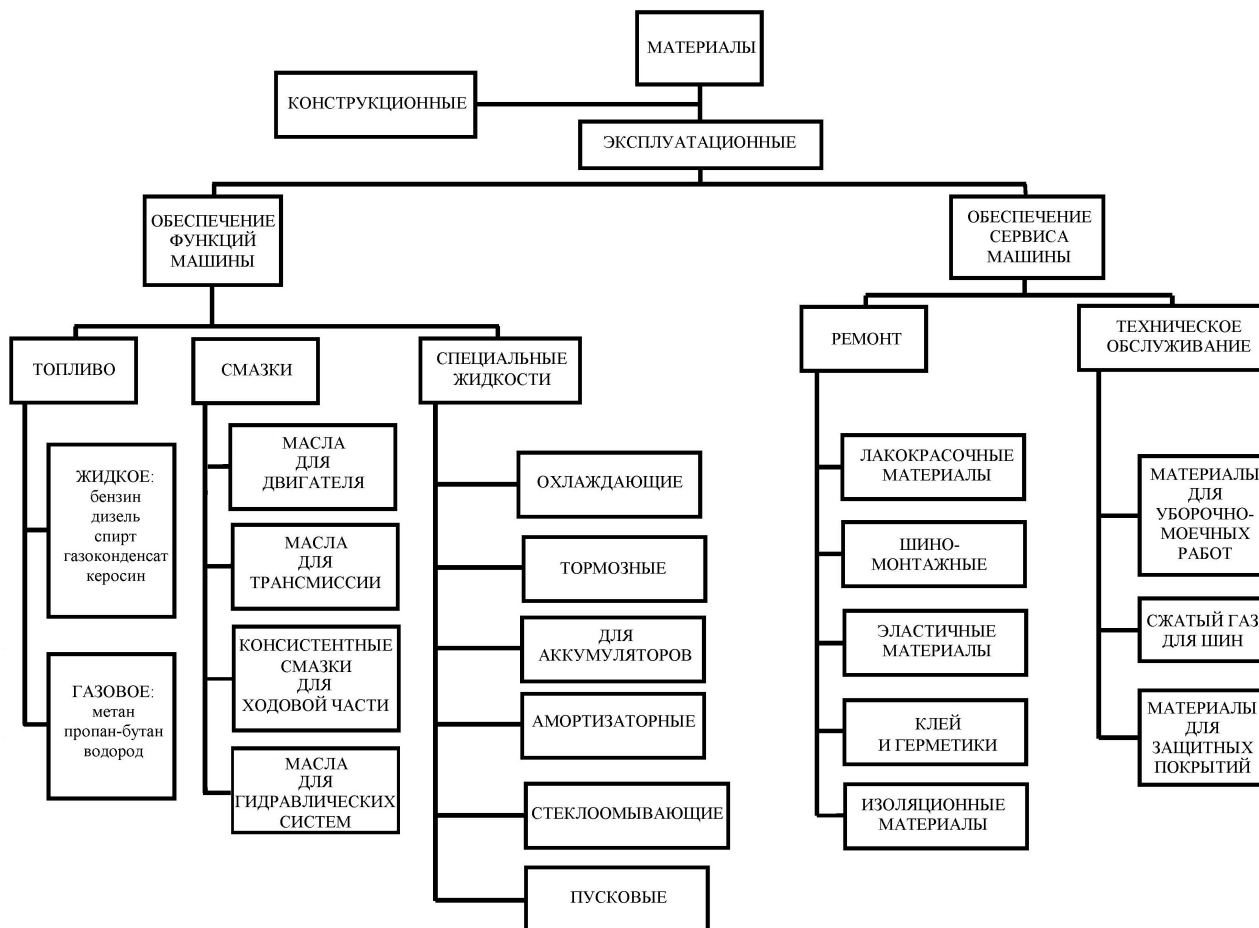


Рис. 1.1. Классификация материалов, применяемых при эксплуатации транспортных машин

Рассмотрим классификацию более подробно.

По сфере применения эксплуатационные материалы можно разделить на две группы:

- 1) для обеспечения функций транспортных машин (например, топливо, охлаждающая жидкость);
- 2) для обеспечения необходимого технического состояния транспортных машин (например, герметик, шампунь, полироль).

**Эксплуатационные материалы для обеспечения функций машины** делятся на три основные группы:

- 1) топливо;
- 2) смазки;
- 3) специальные жидкости.

**Топливо** для транспортных машин в большинстве случаев используется в качестве энергоносителя в двигателях внутреннего сгорания и подразделяется на *жидкое* и *газообразное*. Твердое топливо для транспортных машин практического применения не получило. Наиболее распространенными видами жидкого топлива являются бензин и дизельное топливо. Для специальных машин может также применяться газовый конденсат, керосин, спиртовые составы и различные комбинации перечисленных видов топлив. Газообразное топливо подразделяется на метан, пропан-бутановую смесь и водород.

**Смазки** используются в узлах и агрегатах для снижения трения и увеличения ресурса деталей, узлов и агрегатов транспортных машин. Смазки подразделяются на *жидкие* и *консистентные*. По области применения смазки бывают для двигателей, трансмиссий (отдельно для механических КПП и редукторов, автоматических и вариаторных КПП), гидравлических систем, а также для узлов и деталей ходовой части.

**Специальные жидкости** применяются для обеспечения функционирования различных систем, узлов и агрегатов транспортных машин.

*Охлаждающие жидкости* используют в основном для двигателей внутреннего сгорания в качестве рабочего тела, отводящего тепло сгорающих газов к охладителю. Основным свойством охлаждающих жидкостей является способность сохранять жидкую фазу при низких эксплуатационных температурах.

*Для тормозной системы* используются специальные жидкости на основе спиртов, которые передают усилия в гидравлическом приводе тормозной системе и не должны закипать при нагреве до высоких значений температуры в рабочих механизмах тормозной системы.

*Жидкости для аккумуляторов* представляют собой ионсодержащие среды. Самой распространенной жидкостью является смесь серной кислоты с дистиллированной водой.



*Амортизаторные жидкости* являются маловязкими маслами. Основное требование, предъявляемое к данным жидкостям, – сохранение вязкости при низких температурах.

*Стеклоомывающие жидкости* обеспечивают очистку ветровых и задних стекол транспортной машины, а также стекол фар. Основные требования: способность быстрой очистки стекол, низкая температура замерзания и противодействие размножению микроорганизмов.

*Пусковые жидкости* применяются для повышения вероятности успешного запуска двигателя при низких отрицательных температурах. Основные требования: хорошая испаряемость и воспламеняемость.

**Эксплуатационные материалы для обеспечения сервиса машин** можно условно разделить на две группы:

- 1) материалы для ремонта;
- 2) материалы для технического обслуживания.

**Материалы для ремонта** машин используются при осуществлении кузовных, покрасочных, шиномонтажных и монтажно-демонтажных видов ремонтных работ.

*Лакокрасочные материалы* имеют различные свойства и назначение. К ним относятся краски, грунтовки, растворители, лаки, праймеры, отвердители, тонеры, шпаклевочные и абразивные пасты, шкурки, полироли, маскирующие пленки.

*Для шиномонтажных работ* применяются клей-активатор, термоклей, сырая резина, заплатки, жгуты для вулканизации повреждений, монтажная паста, жидкость для поиска проколов, смазка для резины, буферный очиститель резины, герметик бортов, тальк, мел, микробисер для балансировки шин.

*Эластичные материалы* используются в вибронегруженных узлах транспортных машин (например, сайлентблоки подвески), а также в качестве уплотнительных материалов в герметизируемых соединениях деталей.

Основными материалами, применяемыми для этих целей на транспортных машинах, являются резина и полиуретан.

*Клеи и герметики* имеют обширную номенклатуру и назначение. Существуют специализированные материалы для конкретных соединений, таких как высокотемпературные соединения выпускной системы, коррозионостойкие клеи для аккумуляторных батарей, анаэробные герметики для резьбовых соединений, герметики для вклейки стекол и т. п.

*Изоляционные материалы* представляют собой комплекс различных по свойствам и областям применения материалов: материалы для исключения несанкционированных электрических контактов, шумо- и теплоизоляционные.

**Материалы для технического обслуживания** машин используются при подкачке шин, нанесении защитных покрытий, в процессе уборочно-моечных работ.

*При подкачке шин* обычно используется воздух, сжатый компрессором. Однако благодаря маркетинговым технологиям все чаще применяется способ подкачки автомобильных шин техническим азотом.

*Для защитных покрытий* используются материалы, которые могут эффективно противостоять внешним агрессивным воздействиям окружающей среды. К таким материалам относятся различные виды восковых покрытий, «антидождь», «антизапотеватель», средство для смазки резиновых изделий (так называемый «чернитель резины»), пленки для защиты от внешних воздействий элементов лакокрасочных покрытий в особо уязвимых местах, а также на стеклах, фарах, фонарях. Отдельно можно рассматривать защитные покрытия для антикоррозионной обработки деталей кузова и подвески транспортных машин (битумные мастики, мовиль, пластиковые материалы).

*При уборочно-моечных работах* может использоваться широкий спектр различных типов материалов, отличающихся по свойствам, качеству и способам применения: шампуни, средства для удаления битумных

пятен и насекомых, полироли, ароматизаторы, жидкость для химической чистки деталей салона, антипенные средства для моющих пылесосов, смазка для замков.

Для надежной эксплуатации транспортных машин, а также для экономии различных видов ресурсов (материальных, временных, экологических и т. п.) следует грамотно использовать каждый вид эксплуатационных материалов.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятия «эксплуатационные материалы».
2. На какие основные группы подразделяются материалы, применяемые при эксплуатации автомобиля?
3. Каково назначение топлива в транспортных машинах?
4. Какие эксплуатационные материалы используются при проведении технического обслуживания автомобиля?
5. Какие эксплуатационные материалы используются при проведении ремонта автомобилей?

## 2. НЕФТЬ КАК ОСНОВА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Нефть** является природным ископаемым ресурсом, жидкость желтовато-черного цвета, располагается в пластах под земной поверхностью. Основными компонентами нефти, с точки зрения химии, являются природные углеводороды с разнообразным молекулярным строением, содержащие органические соединения, в том числе живые бактерии. Образуется нефть в течение длительного временного периода из большого количества мертвых организмов, подвергающихся интенсивным процессам тепла и давления.

### 2.1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НЕФТИ

В качестве примесей нефть содержит простые и сложные химические вещества, а также их соединения: воду, серу, кислород, азот, железо, никель, медь. Состав нефти по процентному соотношению входящих химических элементов называют *элементарным*. Диапазон процентного содержания элементов в нефти представлен в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Процентное содержание в нефти основных химических элементов**

Элемент	Процентный диапазон, %
Металлы: железо (Fe), никель (Ni), медь (Cu), ванадий (V)	0–0,1
Кислород (O)	0,05–1,5
Азот (N)	0,1–2
Сера (S)	0,05–6,0
Водород (H)	10–14
Углерод (C)	83–85

Углерод (С) является основной горючей частью нефти и топлива. В результате горения углерода выделяется теплота, образуются монооксид углерода (угарный газ, вредный для человека) и диоксид углерода (углекислый газ, вызывающий парниковый эффект).

Водород (Н) занимает второе место по содержанию в топливе. Однако, несмотря на то что доля водорода в шесть раз меньше доли углерода, в результате горения водорода выделяется в четыре раза больше теплоты, чем при сгорании углерода. При этом продуктом горения водорода является вода.

Физико-химические свойства нефти, такие как плотность, вязкость, температуры плавления и кипения, смазывающие свойства, теплота сгорания зависят от месторождения ископаемого ресурса. Различные свойства определяются молекулярным строением входящих в состав нефти групп химических соединений. Такой состав называют *групповым*, а ароматические  $C_nH_{2n-6}$ , нафтеновые  $C_nH_{2n}$  и метановые группы с формулой  $C_nH_{2n+2}$  являются основными.

Кроме углеводородов, в ископаемой нефти содержатся кислородные, сернистые и азотистые соединения.

Кислородные соединения представлены в основном соединениями с углеродом и водородом (карбоновые кислоты, эфиры, фенолы и т. п.). Основное количество кислородных соединений сосредоточено во фракциях, имеющих температуру кипения выше, чем у керосина. Соединения углерода с кислородом представляют собой карбоновые кислоты, которые в виде жидкости присутствуют в нефти и производных продуктах, таких как топливо и смазочные материалы. Как и другие кислоты, карбоновые вызывают коррозию металлов в деталях транспортных машин. Атомарный кислород, входящий в состав топлива, не участвует напрямую в реакции окисления и не выделяет теплоты, поэтому является внутренним балластом топлива.

Соединения серы способны негативно влиять на окружающую среду. Содержание серы зависит от сорта (качества) нефти и может отличаться

в 10 раз. Например, в сернистых нефтях может присутствовать до 5 % сернистых соединений, а в малосернистых не более 0,5 %. В результате обработки нефти бензиновые фракции содержат до 0,15 % неактивных сернистых соединений. При сгорании серы выделяется некоторое количество теплоты, однако сера является неэффективным компонентом топлива, так как в результате сгорания образуются сернистый ( $\text{SO}_2$ ) и серный ( $\text{SO}_3$ ) ангидриды, а также серная и сернистая кислоты, что вызывает газовую или жидкостную коррозию металлических поверхностей, в том числе деталей выпускной системы двигателей внутреннего сгорания.

Соединения азота содержатся в нефти в небольших количествах и располагаются преимущественно в тяжелых фракциях. Термически стабильные азотистые соединения не влияют на качество и эксплуатационные свойства топлив и смазочных материалов. При длительном хранении дизельных топлив они могут увеличивать скорость смолообразования.

Зола является результатом предельного окисления углеводородов, твердые включения которой ухудшают свойства топлива. В присутствии золы снижается энергетическая эффективность сгорания топлива, увеличивается абразивный износ трущихся поверхностей, снижается температура воспламенения.

Вода также содержится в топливе, при сгорании которого часть полезной энергии затрачивается на повышение температуры воды и испарение ее. Наличие влаги в топливе способствует коррозии металлических деталей. Однако по результатам научных исследований, небольшая концентрация воды в топливе (до 10 %) способствует улучшению экономичности и экологичности двигателя внутреннего сгорания.

Добытая нефть после очистки от воды и механических примесей с помощью метода фракционной перегонки разделяется на компоненты (*фракции*), имеющие различные диапазоны температур кипения. В одну фракцию могут попадать углеводороды, имеющие различный групповой состав. Проследить изменения свойств фракций нефти в зависимости от температуры кипения можно по табл. 2.2.

**Фракционный состав нефти и свойства фракций**

Фракция	Групповой состав по углероду	Температура кипения фракции, °С	Теплота сгорания, МДж/кг	Физические свойства
Газ (водород, метан, пропан, бутан)	C <sub>1</sub> –C <sub>4</sub>	0–30	50	Отлично горит
Бензин (спирты, автомобильные бензины, растворитель, ацетон)	C <sub>5</sub> –C <sub>20</sub>	30–180	46	Отлично горит, хорошо растворяет углеводороды и обезжиривает поверхности, плохо смазывает
Керосин (реактивное топливо)	C <sub>10</sub> –C <sub>18</sub>	175–300	43	Хорошо горит, плохо смазывает
Дизельное топливо	C <sub>12</sub> –C <sub>25</sub>	275–300	42	Поддерживает горение, обладает хорошими смазывающими свойствами
Масла	C <sub>20</sub> –C <sub>24</sub>	300–400	40	Плохо горит, отлично смазывает
Мазут, асфальт, битум	C <sub>20</sub> –C <sub>40</sub>	> 400	39	Плохо горит

Таким образом, групповой состав фракций позволяет понять физико-химические и эксплуатационные свойства конкретных продуктов, полученных путем переработки нефти.

**2.2. СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

Основным способом получения из нефти различных горючих и смазочных материалов является прямая перегонка нефти – испарения нефти с последовательной конденсацией и отделением фракций. Дополнительно используются процессы разделения тяжелых молекул углеводородов на более легкие – крекинг (разрушение). Разделяют крекинг каталитический,

термический, гидрокрекинг и каталитический риформинг. Схема процесса получения нефтепродуктов представлена на рис. 2.1.

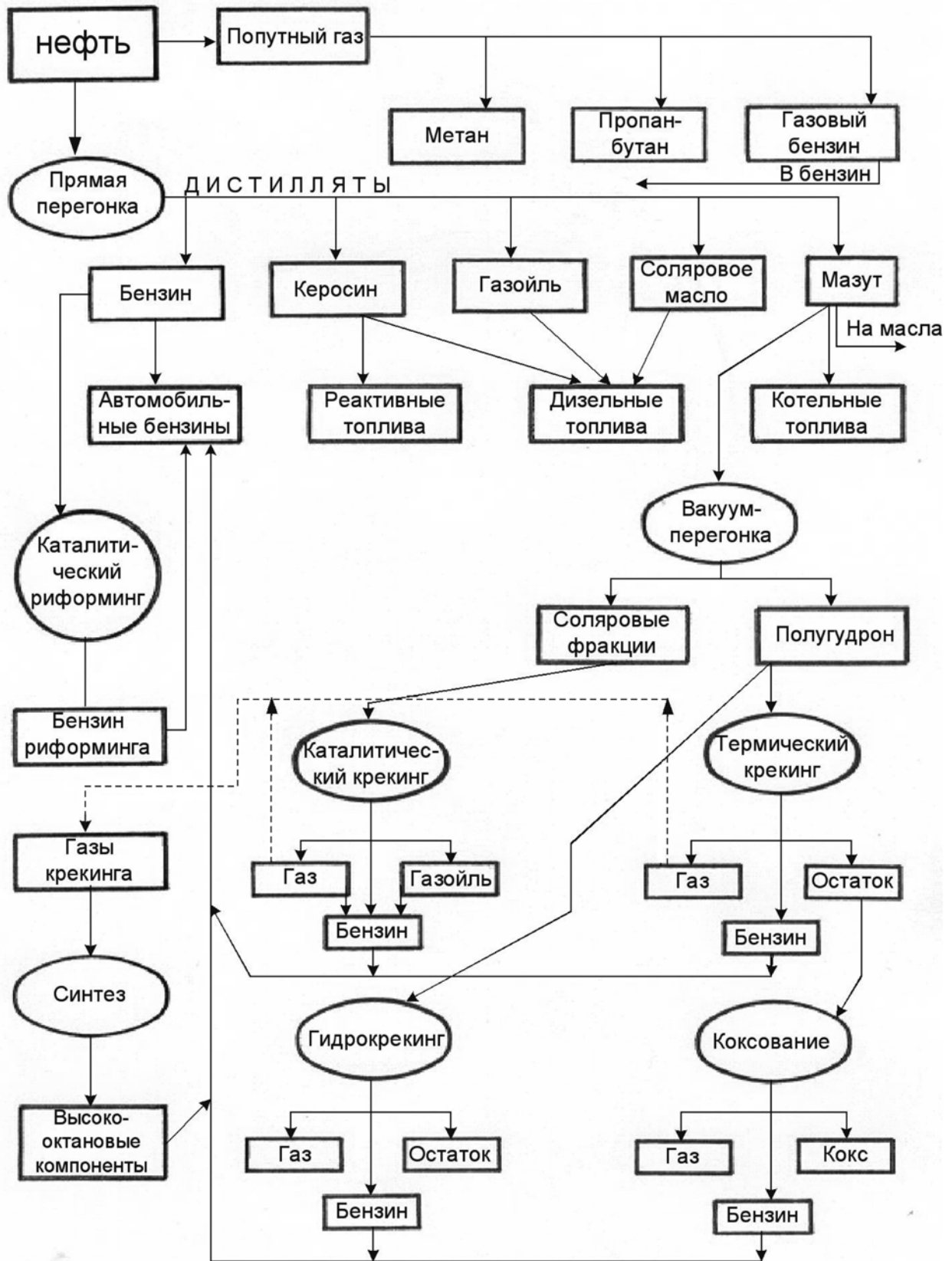


Рис. 2.1. Схема переработки нефти



Для процесса прямой перегонки нефть нагревается, и фракции нефти последовательно испаряются при различающихся температурах кипения. Процесс нагрева начинается при атмосферном давлении. Топливные фракции (бензин, керосин и дизель) получают при нагреве нефти от 35 до 300 °С. При этом испаряется порядка 20 % нефти. Остальные фракции (мазут) помещают в емкость дистиляционной колонны, где создается давление ниже атмосферного и происходит нагрев до 300 °С. Испаряемая часть называется соляровым дистилятом, она конденсируется и в дальнейшем перерабатывается в топливо или смазочные материалы за счет процессов крекинга. В основном используется каталитический крекинг. При этом исходные углеводороды разделяются на более маленькие молекулы путем нагрева до 450–550 °С при давлении 2–5 МПа. После удаления из мазута масляных фракций остается полугудрон, который в дальнейшем перерабатывается с применением термического крекинга. При этом образуются ненасыщенные углеводороды, что приводит к тому, что получаемое топливо имеет малую химическую стабильность и повышенную склонность к детонационному сгоранию.

Для производства бензинов в основном используют прямую перегонку и каталитический крекинг. При этом доля изоциклических и ароматических углеводородов составляет порядка 50 %, содержание алициклических – порядка 25 %. Наличие ненасыщенных углеводородов в пределах 9 % позволяет получить высокую химическую стабильность и низкую склонность к детонационному сгоранию. Прямая перегонка дает возможность получать бензины с октановым числом до 95, а при каталитическом крекинге до 100.

Особенностью гидрокрекинга является присутствие в процессе нагрева водорода и катализаторов. В качестве сырья используется полугудрон, поддерживается высокое давление до 30 МПа и температура до 500 °С. Применение водорода и катализаторов приводит к тому, что ненасыщенные углеводороды практически не образуются, а следовательно, качество получаемого топлива повышается.

Каталитический риформинг представляет собой процесс, аналогичный гидрокрекингу, но происходящий при повышенном давлении (4 МПа). В результате разрушаются большие молекулы углеводорода

и синтезируются ароматические углеводороды, что повышает качество получаемого топлива.

Превращение остатка от переработки нефти в твердый кокс происходит при температуре 550 °С и нормальном давлении. Выделяющиеся при этом газообразные составляющие нефти используются для дальнейшей переработки путем крекинга.

После разделения нефти на фракции и выделения различных видов топлив необходима заключительная ее очистка. Во фракциях содержатся сернистые соединения, карбоновые кислоты, продукты окисления углеводородов (смолисто-асфальтеновые вещества). Удаление соединений серы производят методом гидроочистки в среде водорода и катализатора при нагревании до 430 °С при повышенном давлении до 7 МПа. Продукты окисления убирают серной кислотой, при этом топливо становится прозрачным, убирается желтый оттенок. Серную и карбоновые кислоты нейтрализуют щелочью, после чего готовый продукт подвергается промывке водой с последующим осушением.

При необходимости получить низкотемпературные сорта дизельного топлива (зимнее и арктическое) выполняют процедуру депарафинизации: удаляют из топлива твердые углеводороды. Процесс производят путем охлаждения топлива и удаления твердой фазы путем фильтрации. В результате снижается температура фильтрации и температура застывания дизельного топлива. Альтернативный метод понижения температуры застывания – использование в качестве добавок в топливо растворителей (например, керосина).

### **Контрольные вопросы**

1. Какие химические элементы содержатся в составе нефти?
2. Почему сернистые соединения являются нежелательным компонентом топлива?
3. Какие применяются способы переработки нефти?
4. В каких условиях происходит прямая перегонка нефти?
5. Чем процессы каталитического риформинга отличаются от гидрокрекинга?

### 3. ТОПЛИВО ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Под топливом для транспортных машин подразумевается вещество или совокупность веществ, способных в результате химических реакций выделять тепловую энергию. Обычно в качестве экзотермической реакции используется окисление топлива кислородом, содержащимся в воздухе. Для этого топливо смешивают с воздухом, получая топливно-воздушную смесь. Для бензинов и дизельных топлив часто используется термин «моторное топливо».

#### 3.1. АВТОМОБИЛЬНЫЕ БЕНЗИНЫ

**Автомобильные бензины** – это топливо для двигателей внутреннего сгорания с принудительным (искровым) воспламенением топливно-воздушной смеси. Основной состав бензинов содержит углеводородные соединения с температурой кипения фракций от 30 и до 180 °С.

Требования к качеству бензинов должны соответствовать положениям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту», ГОСТ Р 51866–2002 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия», а также требованиям НТД завода-изготовителя топлива. Соответствие указанным требованиям подтверждается паспортом качества топлива, в котором указываются основные регламентированные параметры и их значения.

Плотность – это физическая величина, определяемая отношением массы вещества к его объему. При температуре 15 °С плотность бензинов находится в диапазоне от 690 до 810 кг/м<sup>3</sup>. Плотность и поверхностное натяжение влияют на качество создания равномерно распределенной по объему топливно-воздушной смеси топлива во впускном тракте и цилиндрах двигателя за счет перехода его в парообразное состояние и перемешивания с молекулами воздуха. Меньшая плотность бензина позволяет

создавать большее количество капель, имеющих малый диаметр, что увеличивает общую площадь поверхности испарения топлива и лучшее перемешивание его с воздухом, что в конечном счете улучшит полноту сгорания и повысит мощностные, экономические и экологические показатели двигателя. Плотность бензина незначительно зависит от температуры: при изменении температуры на каждые 10 °С плотность изменяется на 1 %. Если значение плотности определено без учета температуры, то его можно привести к значению плотности при температуре 15 °С по формуле

$$\rho_{15} = \rho_t + \gamma(t - 15),$$

где  $\rho_t$  – плотность бензина при температуре  $t$ ;  $\gamma$  – температурная поправка;  $t$  – температура при измерении.

Отклонения плотности марок бензина невелики, значение плотности определяется с помощью ареометра (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Ареометры для измерения плотности бензина:  
а – механический; б – цифровой

*Принцип работы механического прибора:* механический ареометр для измерения плотности помещают внутрь прозрачной емкости с анализируемым бензином. После установления уровня погружения фиксируют величину плотности и температуру бензина в момент измерения плотности.

*Принцип работы цифрового прибора:* в процессе измерения цифровой прибор генерирует колебания на U-образную трубку, сделанную из боросиликатного стекла. После заполнения трубки образцом бензина (минимальный объем образца 2 мл) частота колебаний трубки изменяется в зависимости от плотности анализируемого вещества. Измеренное значение отображается на дисплее с подсветкой, также показания прибора можно экспортировать на персональный компьютер.

Важным свойством топлива является вязкость – способность жидкости оказывать сопротивление процессу перемещения одной части жидкости относительно другой. Могут быть определены динамическая  $\eta$  и кинематическая  $\nu$  вязкости жидкости. За единицу динамической вязкости, измеряемой в Паскалях на секунду (Па·с), принята вязкость жидкости, оказывающей силу сопротивления в 1 Н, вызванную взаимным сдвигом двух слоев данной жидкости площадью  $1 \text{ м}^2$ , находящихся на расстоянии 1 м друг от друга и перемещающихся со скоростью 1 м/с. В настоящее время вязкость автомобильных бензинов в спецификациях не нормируется. Вязкость бензина зависит от температуры. С понижением температуры и повышением давления вязкость бензина возрастает. Для определения вязкости используют приборы, которые называются вискозиметры.

Испаряемость топлива определяет скорость перехода топлива из жидкой фазы в газообразную. На испаряемость топлива влияет фракционный состав топлива, а также внешние и внутренние факторы. К внешним факторам можно отнести разность температур с окружающей средой, скорость движения газа относительно капель топлива, концентрацию паров топлива; к внутренним – давление насыщенных паров, теплоемкость, теплопроводность, удельную теплоту парообразования. Скорость испарения топлива определяется количеством испаренного с поверхности вещества

в единицу времени. Решив уравнение теплового баланса при испарении топлива, можно получить время испарения капли:

$$\tau = \frac{d_k^2 \rho_T \gamma}{4\lambda(T_g - T_T)}, \quad (3.1)$$

где  $d_k$  – диаметр капли;  $\rho_T$  – плотность топлива;  $\gamma$  – удельная теплота парообразования;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  $T_g$  – температура газа;  $T_T$  – температура топлива.

Анализируя формулу, можно сделать вывод, что испаряемость пропорциональна разности температур и обратно пропорциональна квадрату диаметра капли. Совершенствование систем питания направлено на получение мелкодисперсного распыления жидкого топлива, что позволяет повысить полноту сгорания, экономические и экологические показатели, увеличить частоту и мощность, улучшить пусковые свойства двигателя.

Фракционный состав бензина отражает зависимость количества испарившегося бензина от температуры, является одной из важнейших характеристик бензина, так как с ним связан такой показатель, как смесеобразование, а значит, и запуск двигателя, скорость его прогрева, износ и экономичность работы, вероятность образования паровых пробок, потери на испарение.

Для обеспечения соответствующих этим характеристикам физико-химических показателей в ГОСТ Р 51866–2002 нормируются следующие параметры: давление насыщенных паров бензина (содержание паров топлива в воздухе, при котором устанавливается равновесие между паровой и жидкой фазой); объемная доля бензина, испарившегося при его нагревании до 70 °С (И70), 100 °С (И100) и 150 °С (И150); температура конца кипения. Данные фракционные показатели бензина можно считать пусковыми, рабочими и концевыми соответственно.

Таким образом, различие эксплуатационных характеристик определяет взаимно противоположные требования к фракционному составу. Для улуч-

шения пусковых свойств двигателя необходима хорошая испаряемость, которая увеличивает вероятность образования пробок, а также потери на испарение при хранении и использовании топлива.

Для снижения влияния этих противоречий на эксплуатационные свойства двигателей, а особенно с учетом особенностей эксплуатации автотранспорта в районах России с резко отличающимися климатическими условиями, бензин в соответствии с ГОСТ Р51866–2002 делится на 10 классов: А, В (летние), С, D, E, F (зимние) и С1, D1, E1, F1 (переходные) по испаряемости (табл. 3.1).

Таблица 3.1

**Требования к классам автомобильных бензинов**

Параметр	Значение для класса					
	А	В	С, С1	D, D1	E, E1	F, F1
Давление насыщенных паров (ДНП), кПа	45–60	45–70	50–80	60–90	65–95	70–100
Объемная доля испарившегося бензина, %, при температуре:						
70 °С	20–48	20–48	22–50	22–50	22–50	22–50
100 °С	46–71	46–71	46–71	46–71	46–71	46–71
150 °С	75	75	75	75	75	75
Максимальный индекс паровой пробки (ИПП)	–	–	1050 (для С1)	1150 (для D1)	1200 (для E1)	1250 (для F1)

Успешный запуск двигателя в условиях низких отрицательных температур обеспечивается большими значениями давления насыщенных паров зимних классов бензинов и в меньшей степени показателем И70. Более «утяжеленные» летние классы (т. е. содержащие меньше низкокипящих соединений) снижают вероятность появления паровых пробок в системе питания двигателя и потери бензина при хранении и транспортировке.

Для того чтобы при переходе с летних классов на зимние и наоборот исключить нежелательные последствия, связанные с высокой испаряемостью бензина, используются бензины переходных классов, для которых в ГОСТе установлен показатель, называемый индексом испаряемости, или максимальным индексом паровой пробки (ИПП):

$$\text{ИПП} = 10 \cdot (\text{ДНП}) + 7 \cdot (\text{И70}),$$

где ДНП – давление насыщенных паров, кПа; И70 – количество топлива, испарившегося при 70 °С, %.

Наличие в бензине активных химических соединений может вызывать повышенное коррозионное воздействие на детали двигателя и выпускной системы, что приводит к появлению отложений, износу и повреждению деталей. Коррозионная активность бензина нормируется определением значений следующих параметров: массовая доля активного кислорода, концентрация серы, объемная доля оксигенатов (метанол, этанол, изопропиловый и изобутиловый спирты, эфиры). Для определения коррозионной активности бензина проводят испытания на медной пластинке. В течение двух часов при температуре 170 °С медную пластинку выдерживают в проверяемом топливе, после чего определяют изменение ее массы. Количественно коррозионная активность определяется по формуле

$$K = \frac{m_1 - m_2}{S},$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – массы пластинки до и после испытаний, г;  $S$  – площадь пластинки, м<sup>2</sup>.

Качество бензина зависит от времени. При транспортировании, хранении и эксплуатации на бензин воздействуют различные факторы, такие как перепады температур, конденсация воды из воздуха, окисление кислородом, содержащимся в воздухе, загрязнение механическими примесями,



а также продуктами коррозии контактирующих с ним металлов. Для сохранения эксплуатационных свойств бензин должен обладать таким качеством, как стабильность. Различают физическую и химическую стабильность. Физическая стабильность связана с испарением легких фракций (имеют низкую температуру кипения) при транспортировании и хранении бензина. Этот процесс приводит к ухудшению, прежде всего, пусковых свойств. Физическую стабильность характеризует давление насыщенных паров бензина. Удаление за счет испарения части легкой фракции значительно снижает давление насыщенных паров, поэтому величина давления насыщенных паров регламентируется стандартами и должна контролироваться при определении качества топлива.

Под химической стабильностью понимают способность бензина проявлять устойчивость против химических превращений. Химическая стабильность определяется, главным образом, содержанием непредельных углеводородов, которые проявляют весьма высокую реакционную способность при взаимодействии с кислородом воздуха. Высокое содержание непредельных углеводородов характерно для бензинов, получаемых в процессе каталитического крекинга. Однако в условиях длительного хранения и соединения других классов (серо-, азот- и кислородсодержащие и металлоорганические) могут вступать в реакции окисления. Образующиеся в процессе окисления соединения, а также продукты коррозии являются катализаторами реакции окисления, и скорость этого процесса при их накоплении резко возрастает. Склонность бензинов к окислению косвенно оценивается индукционным периодом – отрезком времени, в течение которого бензин заметно не окисляется в среде чистого кислорода (давление 0,7 МПа, температура 100 °С). Вещества, образовавшиеся в результате окисления, способны к дальнейшим химическим превращениям (реакции полимеризации и конденсации), в результате которых в бензине накапливаются высокомолекулярные смолистые соединения.

Образование отложений в двигателе определяется фракционным составом бензина, наличием фактических смол, а также внешними факторами

(температура, давление, каталитическое действие металлов). Отложения на поверхностях системы питания (трубопроводы, жиклеры, распылители электромагнитных форсунок) контактируют с жидким топливом без доступа кислорода и без воздействия высоких температур. Они имеют коричневый оттенок, обладают мазеобразной липкой консистенцией и легко поддаются удалению при помощи растворителей. Такие отложения могут оказывать влияние на пропускную способность дозирующих элементов топливной системы. Отложения во впускном тракте являются более интенсивными, так как происходит подогрев деталей и контакт с кислородом воздуха. Отложения становятся более прочными и приобретают насыщенный черный цвет. Негативное воздействие отложений заключается в некотором снижении пропускной способности впускного тракта, ухудшении охлаждения деталей и уменьшении количества теплоты, подводимой к топливно-воздушной смеси во впускном тракте. В результате окисления бензина содержание фактических смол увеличивается, причем скорость окисления имеет прямую зависимость от содержания фактических смол, что предъявляет дополнительные требования к возможности длительного хранения нефтепродуктов.

Для обеспечения нормального и полного сгорания топливно-воздушной смеси в двигателе внутреннего сгорания необходимо исключать режимы, при которых может возникать детонация. Под детонацией понимают взрывное сгорание топливно-воздушной смеси, при котором воспламенение распространяется со сверхзвуковой скоростью в виде ударной волны. Причина появления детонации заключается в том, что при достижении высоких значений температуры и давления смесь начинает самовоспламеняться от излучения фронта пламени. Внешним показателем детонации может служить звонкий металлический стук, являющийся результатом отражения волн от стенок камеры сгорания. Детонация приводит к повышению температуры деталей двигателя, снижению мощности, увеличению расхода топлива, механическим повреждениям деталей двигателя.

Для обеспечения работы двигателя без детонации нормируется октановое число (ОЧ) бензина. Этот показатель определяет детонационную стойкость бензина и численно равен процентному (по объему) содержанию изооктана в смеси с нормальным гептаном, эквивалентной по детонационной стойкости данному топливу при стандартных условиях испытания. Для определения ОЧ бензина подбирают такое соотношение изооктана и нормального гептана, чтобы детонация в двигателе появлялась при одинаковых условиях и на исследуемом бензине, и на подобранной смеси. Детонационную стойкость изооктана принимают равной 100, детонационную стойкость нормального гептана принимают равной 0. ОЧ определяют моторным или исследовательским методом. Для испытаний используется исследовательский одноцилиндровый двигатель с возможностью получения детонационного режима работы. ОЧ, полученное моторным методом, соответствует форсированному режиму работы двигателя (максимальная мощность, повышенная температура), а ОЧ, полученное исследовательским методом, соответствует условиям эксплуатации двигателя при частичных нагрузках. ОЧ бензина не связано с энергетическими возможностями топлива – оно определяет фактическую способность топлива сгорать без детонации. Для повышения ОЧ используют антидетонационные присадки (табл. 3.2) или изменяют фракционный состав топлива.

Таблица 3.2

**Присадки для повышения октанового числа бензина  
и их воздействие на двигатель**

Присадка	Состав	Негативное воздействие
ТЭС (запрещен к использованию в автомобильных бензинах)	Тетраэтилсвинец	Сильное канцерогенное действие, опасное загрязнение флоры, губителен для нейтрализаторов отработавших газов автомобиля

Присадка	Состав	Негативное воздействие
МЦТМ на основе марганца	Метилциклопентадиен-трикарбонил марганца	Недостаточная стабильность в топливе, снижение ресурса свечей зажигания, некоторое повышение концентрации твердых частиц и нейротоксичность отработавших газов, снижение ресурса нейтрализатора
Ферроцены на основе железа	Диметилферроценил карбонилферроцен	Повышенный износ двигателя и смолообразование
Ферроцены на основе аминов	Смесь менометиланилина и анилина-экстралина	Увеличение смолообразования и окисляемости топлива
МТБЭ	Метилтретбутиловый эфир	Увеличение отложений и выбросов окислов азота и альдегидов
Фэтерол	Смесь МТБЭ с третбутиловым эфиром	>>
Этанол	Этиловый спирт	Низкая гидролитическая стабильность (хорошо адсорбирует воду), вредное воздействие на резину, медные детали и пластмассы
Метанол	Метиловый спирт	Низкая гидролитическая стабильность (хорошо адсорбирует воду), вредное воздействие на резину, медные детали и пластмассы, токсичность паров

Маркировка автомобильных бензинов начинается с буквы «А», что означает – автомобильный. В случае если измерение октанового числа осуществлялось исследовательским методом, то в маркировку добавляют букву «И», если моторным – то букву не добавляют. После буквенного обозначения указывают октановое число. Пример маркировок автомобильных бензинов: А-80, АИ-92, АИ-95, АИ-98, АИ-100.

### 3.2. ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

**Дизельное топливо** для автомобилей – это топливо для двигателей внутреннего сгорания с самовоспламенением топливно-воздушной смеси в результате нагрева за счет адиабатического сжатия газа. Основным составом дизельного топлива содержат углеводородные соединения с температурой кипения от 275 до 300 °С.

Дизельное топливо должно обеспечивать ряд важных эксплуатационных характеристик: малую задержку воспламенения (надёжный пуск двигателя), оптимальные значения вязкости и испаряемости, качественное распыление топлива и смазку прецизионных деталей топливного насоса высокого давления и форсунок, малое нагарообразование, низкотемпературные свойства, низкую коррозию металлических деталей, низкую кислотность (табл. 3.3).

Значение вязкости дизельного топлива оказывает большое влияние на работоспособность топливной системы. При высоком значении вязкости топливо создает дополнительное сопротивление при прокачивании его через трубопроводы, фильтры, детали форсунок. При низком значении вязкости ухудшаются условия смазки плунжерных пар насоса высокого давления топлива и качество распыления топлива.

## Основные параметры качества дизельных топлив

Показатель	Марка ДТ		
	Летнее ДТ-3	Зимнее ДТ-4	Арктическое ДТ-5
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	820–845	820–845	800–840
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	2,0–4,5	2,0–4,5	1,2–4,0
Цетановое число, не менее	51	51	47
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	–5	–15	–38
Температура вспышки, °С, не ниже	55	55	30
Фракционный состав, % по объему, при температуре, °С, не более:			
t <sub>250</sub>	65	65	75
t <sub>350</sub>	85	85	95
t <sub>360</sub>	95	95	95
Смазывающая способность (диаметр пятна износа при 60 °С), мкм	Менее 460	Менее 460	Менее 460
Массовая доля серы, мг/кг, не более	350	10	10

Способность дизельного топлива работать при низких отрицательных температурах определяется его фракционным составом. Парафины и ароматические углеводороды в составе дизельного топлива ухудшают низкотемпературные свойства, а циклоалканы – улучшают. При снижении температуры парафины и ароматические углеводороды кристаллизуются и вызывают ухудшение прозрачности топлива. Температура начала кристаллизации называется температурой помутнения топлива. На данном этапе кристаллизации топливо сохраняет текучесть, вязкость изменяется

незначительно. Однако накопление кристаллов в фильтре тонкой очистки создает барьер для прохождения топлива, что приводит к отказу двигателя из-за прекращения подачи топлива. При дальнейшем снижении температуры происходит повышение вязкости топлива за счет повсеместного кристаллообразования, и топливо теряет текучесть. При повышении температуры кристаллы превращаются в жидкость, и дизельное топливо восстанавливает свои первоначальные свойства. При замерзании топлива в топливной системе применяют подогрев топлива. В нормативных документах указывается значение предельно низкой температуры фильтруемости топлива. При понижении температуры до минимальных значений дизельное топливо не способно проникнуть через стандартизованную фильтрующую установку за установленное время. Чтобы повысить низкотемпературные свойства дизельных топлив, можно выполнить депарафинизацию или добавить в топливо депрессоры – специальные присадки, снижающие температуру кристаллизации. Наибольшее распространение получили присадки на основе керосина.

Под воздействием внешних факторов в дизельном топливе протекают различные физические и химические процессы, приводящие к ухудшению свойств топлива. Происходит испарение легких фракций, попадание внутрь топлива воды и механических примесей, выпадение высокотемпературных компонентов при охлаждении топлива, смолообразование, разложение, конденсация. В процессе длительного хранения топлива испаряются легкие фракции, в результате снижаются пусковые качества. Значительно ухудшают качество дизельного топлива сера и сернистые соединения. В результате сгорания топлива образуется вода и сернистый ангидрид, которые в условиях высокой температуры образуют серную кислоту. Так как кислоты обладают сильным коррозионным воздействием, необходимо снижать содержание в топливе серы и сернистых соединений. Предельное содержание указывается в паспортах качества топлива и огра-

ничивается действующими стандартами. Чтобы уменьшить вредное воздействие кислот, в топливо вводят противокоррозионные присадки. Коррозионная стойкость дизельного топлива определяется по коррозии медной пластинки так же, как и для бензинового топлива. Количественное содержание в топливе серы влияет на скорость образования отложений, лака и нагара. Количество в дизельном топливе фактических смол определяется долей непредельных углеводородов и влияет на скорость формирования нагара на внутренних поверхностях камеры сгорания. Содержание в топливе золы также увеличивает количество нагара. Зола способствует абразивному износу деталей двигателя. Содержание золы в дизельном топливе нормируется документами на уровне 0,01–0,02 %.

На процесс воспламенения распыленного дизельного топлива в воздухе влияет температура. Для дизельного топлива существует такой параметр, как температура самовоспламенения, которая определяется химическим и фракционным составом. Оценивается самовоспламенение цетановым числом (ЦЧ), определяемым процентным содержанием цетана ( $C_{16}H_{34}$ ) и альфа-метилнафталина ( $C_{11}H_{10}$ ) в смеси, которая будет иметь самовоспламеняемость, аналогичную самовоспламеняемости исследуемого топлива. Оценка самовоспламеняемости дизельного топлива выполняется так же, как и оценка октанового числа бензинового топлива с использованием моторной установки. ЦЧ цетана равно 100, а ЦЧ альфа-метилнафталина равно 0. При смешивании компонентов в различных пропорциях получают смеси с самовоспламеняемостью в пределах 0–100. Внешний вид установки для определения цетанового числа дизельного топлива показан на рис. 3.2. Установка содержит одноцилиндровый дизельный двигатель, топливные бачки, форсунку, насос высокого давления, подогреватель воздуха, пульт управления, зеркало для наблюдения за вспышками, механизм изменения степени сжатия.





*Рис. 3.2. Установка ИДТ-90 для определения цетановых чисел ДТ*

Нормативными документами РФ и Таможенного союза (ГОСТ Р 52368-2005, ГОСТ 32511-2013) установлены минимальные значения цетанового числа дизельного топлива для летнего и зимнего топлив на уровне 51 единицы. Для арктического топлива определено минимальное значение 47 единиц. При низких значениях цетанового числа в двигателе увеличивается время между началом впрыска топлива в цилиндр и воспламенением (задержка воспламенения), возрастает скорость нарастания давления в камере сгорания, приводящая к увеличению жесткости работы двигателя, снижению мощности, увеличению расхода топлива. При значении цетанового числа более 60 единиц задержка воспламенения уменьшается, при этом воспламенение происходит в зоне распылителя форсунки, что снижает использование кислорода в пространстве камеры сгорания, топливо сгорает не полностью, повышается дымность, увеличивается расход топлива.

Дизельное топливо высокого качества имеет меньшую плотность, содержит больше легко воспламеняющихся лёгких фракций и более эффективно для успешного запуска двигателя в условиях низких отрицательных температур окружающей среды.

Для обеспечения надежного запуска двигателя топливо в камере сгорания в присутствии окислителя должно нагреться до температур, порядка 400 °С. Это достигается превышением минимально необходимой частоты вращения коленчатого вала (порядка 100–120 об/мин), подогревом камеры сгорания свечами накаливания, а также использованием топлива с более высокими значениями цетанового числа.

Если при производстве дизельного топлива не обеспечиваются необходимые показатели воспламеняемости, то цетановое число может быть увеличено за счет изменения химического состава топлива, а также благодаря применению специальных присадок.

Цетановое число зависит от молекулярного строения входящих в состав топлива углеводородов. Углеводороды, входящие в состав дизельного топлива, по цетановому числу ранжируются следующим образом: 1 – алканы (наибольшее значение цетанового числа); 2 – циклоалканы; 3 – изоалканы; 4 – ароматические углеводороды.

Повысить цетановое число можно за счёт увеличения алканов, но эти соединения кристаллизуются при понижении температуры, что способствует повышению предельной температуры фильтруемости дизельного топлива и снижению низкотемпературных свойств.

Так как октановое и цетановое числа по сути являются показателями эффективности сгорания углеводородного топлива, то можно показать их связь при помощи эмпирической формулы

$$\text{ЦЧ} = 60 - \frac{\text{ОЧ}}{2},$$

где ОЧ – октановое число; ЦЧ – цетановое число.

При снижении октанового числа повышается цетановое число, а при повышении октанового числа происходит увеличение цетанового числа. Таким образом, если к дизельному топливу добавить бензин, то цетановое число дизельного топлива уменьшится.

Маркировка дизельных топлив изменяется с учётом требований экологических стандартов, а также изменений в нормативно-технической документации. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза с 2011 г. приняты новые обозначения марок дизельного топлива. Обозначение состоит из трех групп: вид топлива (ДТ), климатические условия применения (летнее, зимнее), экологический класс по содержанию серы. Например, ДТ-З-К5. Основные обозначения и показатели дизельных топлив представлены в табл. 3.4. С начала 2016 г. в России запрещена реализация дизельного топлива с экологическим классом ниже К5.

Таблица 3.4

**Маркировка дизельных топлив**

Первая группа (вид топлива)	Вторая группа (климатические условия применения)	Третья группа (экологический класс дизельного топлива)
Дизельное топливо (ДТ) для автомобильных дизельных двигателей	Л – летнее (температура фильтруемости не опреде- ляется)	К2 – содержание серы ме- нее 500 мг/кг
	Е – межсезонное (–15 °С)	К3 – содержание серы менее 350 мг/кг (соответ- ствует ГОСТ Р 52368-2005 вид I)
	З – зимнее (–20 °С)	К4 – содержание серы менее 50 мг/кг (соответ- ствует ГОСТ Р 52368-2005 вид II)
	А – арктическое (–38 °С)	К5 – содержание серы менее 10 мг/кг (соответ- ствует ГОСТ Р 52368-2005 вид III)

Для уменьшения вредного влияния сернистого топлива необходимо поддерживать нормальный тепловой режим двигателя, т. е. не снижать температуру, чтобы избежать конденсации влаги, и чаще менять фильтрующие элементы масляных фильтров и масло в картере двигателя.

### 3.3. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО

**Альтернативные виды топлив** – это вещества (за исключением бензина и дизельного топлива), которые могут быть использованы в качестве топлива, применяемого в двигателях внутреннего сгорания. Так как запасы нефти ограничены, возникает необходимость использовать другие источники для получения механической энергии. На сегодняшний день в качестве альтернативных используются следующие виды топлива:

- биодизель (сельскохозяйственные культуры, жиросодержащие отходы, липиды микроводорослей);
- биотопливо для двигателей с искровым зажиганием (этанол, метанол, газоконденсат);
- сжиженные нефтяные газы (пропан, бутан и их смеси);
- сжатый природный газ (метан);
- водород.

**Биодизель** используется в качестве топлива для дизельных двигателей в смеси с дизельным топливом в различных пропорциях. В США и странах Европы в обозначении топлива с применением биодизеля используется буква «В», после которой указывается процентное содержание биодизеля в топливе (например, В4 содержит 4 % биодизеля, а В100 – чистый биодизель). У биодизеля высокое цетановое число (51), практически отсутствует сера, хорошие смазывающие свойства, при попадании в почву перерабатывается микроорганизмами. Из недостатков можно отметить высокую температуру начала кристаллизации и низкий срок хранения (порядка 100 дней).

**Биотопливо для двигателей с искровым зажиганием** можно разделить на спирты (метиловый, этиловый) и газовый конденсат.

*Спирты*, используемые в качестве топлив, считаются синтетическими, наиболее распространенными являются этанол и метанол. Этанол – это этиловый или винный спирт. Этанол делится на биоэтанол (вырабатывается из злаков, картофеля, сахарной свеклы), а также этанол, синтезированный из отходов пластмасс, газа, нефти. Этанол менее токсичен, чем метанол (поэтому получил распространение во многих странах), имеет похожие физико-химические свойства, применяется как в смеси с бензином, так и в чистом виде. В обозначении топлива с применением этанола используется буква «Е», после которой указывается процентное содержание этанола в топливе (например, Е10 содержит 10 % этанола, а Е100 – чистый этанол). Метанол также называют древесным или метиловым спиртом. Синтез метанола из нефтяных остатков и природного газа происходит при температуре порядка 320–450 °С под давлением 30–60 МПа в присутствии катализатора. Добавление метанола к бензину ведет к повышению октанового числа бензина. Метанол имеет более высокую теплоту испарения по сравнению с бензином, что позволяет улучшить наполнение цилиндров двигателя, поднять степень сжатия и получить более высокие показатели мощности (на 7–9 %) и крутящего момента (на 10–15 %), что позволяет использовать его в качестве топлива для спортивных автомобилей. Из недостатков следует отметить высокую токсичность метанола для человека, низкие показатели летучести (хуже пусковые свойства по сравнению с бензином), возможность образовывать паровые пробки, высокую коррозионную активность к алюминиевым деталям топливной системы, расслоение смеси бензин-метанол.

*Газовый конденсат* – это смесь жидких нефтяных углеводородов, конденсирующихся из природных газов при нормальных условиях. Газовый конденсат обладает низкой детонационной стойкостью, что предполагает его использование в качестве топлива для дизельных двигателей путем смешивания с дизельными фракциями нефти.

**Сжиженные нефтяные газы**, используемые в качестве автомобильного топлива, содержат в основном пропан и бутан, с добавлением метана, этана, этилена, а также непредельных углеводородов (менее 6 % по массе). Они получают при деструктивной переработке нефти и испарении углеводородных фракций. При повышении давления до 0,8–1,6 МПа пропан-бутановые смеси переходят в жидкое состояние, что позволяет компактно хранить запас топлива на борту транспортного средства. При понижении давления до атмосферного происходит испарение топлива. Плотность сжиженной пропан-бутановой смеси зависит от температуры и соотношения компонентов (табл. 3.5).

Таблица 3.5

**Зависимость плотности сжиженной пропан-бутановой смеси в кг/м<sup>3</sup>  
от температуры и соотношения компонентов**

Соотношение компонентов в смеси: доля пропана / доля бутана	Температура смеси, °С				
	–20	–10	0	10	20
100/0	553	542	528	514	499
90/10	559	548	535	521	506
80/20	565	555	541	528	514
70/30	572	561	548	535	521
60/40	577	567	555	542	529
50/50	584	574	564	549	536
40/60	590	579	568	555	543
30/70	596	586	575	562	551
20/80	603	592	582	569	558
10/90	609	599	588	576	566
0/100	615	605	595	583	573

Несмотря на то, что теплотворная способность газа на 4 % выше, чем у бензина, плотность газа на 13–22 % ниже плотности бензина. Поэтому масса углеводородов (и количество энергии), при заправке одинакового количества литров топлива, будет выше для бензина. В этом состоит основная причина того, что объемный расход топлива транспортной машины при работе на сжиженном газе больше, чем на бензине.

Преимущества сжиженного нефтяного газа в сравнении с бензином:

- низкая объемная стоимость топлива (в 1,5–2 раза);
- более высокая детонационная стойкость (ОЧ 89–105);
- увеличение времени горения смеси, что приводит к мягкой работе двигателя и как следствие – к увеличению ресурса деталей;
- увеличение срока службы моторного масла;
- снижение коррозионной активности за счёт отсутствия в составе серы;
- снижение токсичности отработавших газов;
- уменьшение количества смолистых отложений, так как нефтяной газ не содержит тяжелых фракций.

Недостатки сжиженного газа:

- повышенные требования к безопасности топливной системы;
- испаренный газ тяжелее воздуха, поэтому при утечках может накапливаться в естественных и искусственных углублениях, образуя взрывоопасную смесь;
- локальный перегрев деталей выпускной системы вследствие меньшей скорости горения;
- необходимость повышения степени сжатия (для эффективной работы двигателя);
- необходимость принудительного воспламенения при использовании в дизельном двигателе.

ГОСТ 27578-2018 предусматривает выпуск двух марок сжиженного газа для автомобильного транспорта: ПА (пропан автомобильный) и ПБА (пропан-бутан автомобильный). ПА содержит не менее 85 % пропана по массе и допускается к использованию при температуре не выше плюс 10 °С. Рекомендуемый температурный диапазон использования от –20 до –35 °С. ПБА содержит не менее 50 % пропана и допускается к использованию при температуре окружающего воздуха не ниже –20 °С.

Входящие в состав сжиженных нефтяных газов метан, этилен и этан являются более легкими фракциями и позволяют при добавлении к пропан-бутановым смесям увеличить давление насыщенных паров, что обеспечивает подачу жидкой части сжиженного топлива к двигателю.

Чтобы при повышении температуры тепловое расширение жидкой фазы не привело к разрыву баллона, а также для получения стабильного давления насыщенных паров, количество заправляемого газа в баллоне не должно превышать 80 % объема.

Для обнаружения утечек сжиженного газа в системе питания в состав сжиженных нефтяных газов добавляют специальные вещества – одоранты, по причине того, что человек не ощущает запаха сжиженных газов. В качестве одорантов чаще всего используются малые дозы этилмеркаптана, который в больших дозах является сильнодействующим ядом.

**Сжатые (компримированные) природные газы** состоят из более легких фракций (в основном это метан), поэтому их сложнее перевести в жидкость. Однако в сравнении с пропан-бутановыми смесями компримированные газы обладают рядом преимуществ:

- менее опасны при использовании, так как имеют плотность меньше чем у воздуха и в случае утечек рассеиваются в атмосфере;
- есть возможность прямой добычи природного газа;
- значительные объемы природных запасов;
- меньше вредных компонентов в отработавших газах;
- меньше стоимость.

Недостатки сжатых газов, ограничивающие их применение:

- невозможность использовать газ в жидком виде при эксплуатационных температурах окружающей среды;
- высокое рабочее давление в системе питания;
- большие массогабаритные показатели баллонов;
- меньшие значения автономности (пробег на одной заправке);
- малая распространенность автозаправочных станций для компримированного природного газа.



Физические свойства сжатого природного газа не позволяют сжижать его при нормальной температуре даже при высоком давлении. Для перевода в жидкое состояние температура должна быть ниже  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при этом давление должно превышать  $4,5\text{ МПа}$ . В составе природного газа основная доля принадлежит метану, оставшиеся  $10\%$  газов – это этан, пропан, бутан. Кроме того, в малых количествах присутствуют азот, кислород, углекислый газ, пары воды. Если сравнивать энергетические возможности, то  $1\text{ м}^3$  сжатого природного газа приравняется к  $1\text{ л}$  бензина, при этом плотность меньше почти в  $1,5$  раза.

Так как использовать для транспортных машин системы низкотемпературного хранения топлива экономически нецелесообразно, то хранится компримированный природный газ в специальных баллонах под высоким давлением. Выпускают баллоны из углеродистой (отношение массы к объему  $1,86\text{ кг/л}$ ) и легированной ( $1,12\text{ кг/л}$ ) стали, а также металлопластиковый баллон с бесшовным алюминием ( $0,61\text{ кг/л}$ ), стеклопластиковый композитный баллон ( $0,57\text{ кг/л}$ ).

Системы питания двигателей внутреннего сгорания, использующие газ, делятся на многотопливные и специализированные (рассчитанные только на использование газа). Во втором случае есть возможность повысить эффективность искрового двигателя внутреннего сгорания за счет увеличения степени сжатия до  $12$ . Для использования природного газа в дизельном двигателе применяется двухтопливная схема (газодизельный цикл) или устанавливается система искрового зажигания.

**Водород** в качестве топлива для транспортных машин в настоящее время не получил широкого распространения. Водород в жидком виде занимает объем в  $3,5$  раза больший, чем аналогичное по энергетической эффективности количество бензина. Для перевода водорода в жидкое состояние при нормальном давлении требуется очень низкая температура  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для хранения водорода в жидком виде используются криогенные емкости с избыточным давлением, для автомобильного транспорта – системы хране-

ния водорода в жидком агрегатном состоянии или в сжатом (газообразном) состоянии. Несмотря на то, что энергетическая эффективность чистого водорода в 2,8 раза выше, чем у бензина, а при сгорании образуется преимущественно чистая вода, реальное использование водорода затруднено по следующим причинам:

- малое количество водородных автомобилей и специализированных автозаправочных станций;
- смесь водорода с воздухом (гремучий газ) взрывоопасна;
- система питания водородом дороже традиционно используемых систем питания;
- высокая цена водорода;
- нет возможности дозаправки в пути без автозаправочной станции;
- водород летуч, может испаряться в значительных объемах, покидая топливную систему транспортной машины.

При использовании чистого водорода в качестве топлива двигатели внутреннего сгорания имеют низкий КПД. В настоящее время развиваются технологии использования топливных элементов с КПД 50–80 %, которые преобразуют энергию химической реакции окисления в электрическую энергию.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие требования предъявляются к качеству бензина?
2. Дайте определение детонационной стойкости бензинов и назовите методы определения октанового числа бензина.
3. Почему бензин образует отложения и что влияет на скорость этого процесса?
4. Назовите современные способы маркировки бензинов, приведите примеры распространенных марок бензинов.

5. Какими способами можно повысить цетановое число дизельного топлива? Что произойдет при добавлении бензина к дизельному топливу?
6. Какие параметры нормируются в паспортах качества дизельного топлива?
7. Что такое «самовоспламенение» дизельного топлива?
8. Какое альтернативное топливо используется для бензиновых и дизельных двигателей?
9. Какие свойства сжиженного нефтяного газа влияют на эксплуатационные характеристики транспортной машины?
10. Какие достоинства и недостатки компримированного природного газа вы знаете?
11. Какие причины сдерживают применение водорода в качестве топлива для двигателей транспортных машин?

## **4. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

Смазочные материалы являются эксплуатационными материалами, обеспечивающими функции транспортных машин, и предназначены для создания необходимых условий между поверхностями деталей пар трения, защиты от коррозии, отвода тепла и продуктов износа, очистки деталей, а также для передачи усилий в механизмах. Смазочные материалы используются на этапах создания транспортных машин, их эксплуатации, а также при осуществлении сервисных операций по техническому обслуживанию и ремонту транспортных машин.

### **4.1. НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ**

Смазочные материалы применяются на всех этапах жизненного цикла транспортных машин и должны выполнять предъявляемые к ним требования при их использовании по прямому назначению в деталях и узлах транспортных машин, а также при транспортировании, хранении, переработке и утилизации.

*Основные свойства* смазочных материалов: антифрикционные, антизадирные, стабильность физических и химических свойств, низкая агрессивность к конструкционным материалам, способность отводить тепло и продукты износа от поверхностей трения, низкая токсичность, длительный ресурс, минимальное отрицательное воздействие на экологию, высокая экономическая эффективность.

По агрегатному состоянию смазочные материалы можно классифицировать на твердые, жидкие, мазеобразные, газообразные. По агрегатам, в которых применяются смазочные материалы, разделяют моторные масла (использование для смазки двигателей внутреннего сгорания), трансмиссионные масла (смазка коробок переключения передач, раздаточных коробок, мостов), гидравлические масла.

## Процессы трения смазочных материалов

*Трибология* – научный раздел физики, в котором изучается контактное взаимодействие тел, в том числе разделенных средами, при их относительном перемещении. Основными предметными областями трибологических исследований являются процессы трения, изнашивания и смазки.

В механизмах и узлах транспортных машин под процессом трения понимают физическое сопротивление попытке сдвига взаимодействующих поверхностей тел при взаимном сжатии нормальными силами. Наличие разделяющей среды позволяет изменять силы трения. Трение подразделяется на сухое (преимущественно без смазочного материала), смешанное (зона контакта содержит участки сухого и жидкостного трения), граничное (зона контакта преимущественно покрыта смазочным материалом) и жидкостное (твердые тела в зоне контакта разделены слоем смазочного материала).

Согласно закону Амонтона – Кулона сила трения  $F$  пропорциональна силе нормального сжатия  $N$  взаимодействующих тел в зоне контакта:

$$F_{\text{тр}} = f \cdot N + A,$$

где  $f$  – коэффициент трения (удельная сила трения);  $A$  – добавочная сила, учитывающая свойство тел и сред создавать сопротивление относительно перемещению без нормальной нагрузки (например, поверхности с высокой адгезией).

Коэффициент трения при сухом трении  $f = 0,04–0,9$ ; граничном трении  $f = 0,08–0,15$ ; жидкостном трении  $f = 0,005–0,1$ .

Трение взаимодействующих поверхностей приводит к износу. Под износом подразумевается постепенное изменение геометрических параметров взаимодействующих тел, массы или состояния поверхности, вызванное механическим удалением части материала при взаимодействии тел. При внезапных процессах, характеризующихся ступенчатым и резким изменением скорости изнашивания, принято говорить о процессах повреждаемости.

Процессы изнашивания подразделяются на механические, коррозионно-механические, усталостные и абразивные. В результате механического воздействия происходит частичное удаление вещества с взаимодействующих поверхностей. Процесс коррозионно-механического изнашивания происходит при химическом воздействии на контактирующие поверхности или электрохимическом взаимодействии поверхностей тел, в том числе и с участием смазочных материалов. Усталостное разрушение осуществляется при длительных знакопеременных нагрузках. Абразивный износ характеризуется наличием в зоне контакта трущихся поверхностей твердых абразивных частиц, ускоряющих процесс механического изнашивания.

Износ пропорционален давлению в зоне контакта и силе трения. Соответственно, для увеличения долговечности деталей применяют распределение нагрузок и используют качественные смазочные материалы.

### **Требования к смазочным материалам при эксплуатации**

При эксплуатации транспортных машин смазочные материалы способны поддерживать заданный ресурс. Однако ресурс смазочных материалов, как правило, существенно меньше. Поэтому обоснованный выбор смазочных материалов оказывает значительное влияние на эффективность эксплуатации транспортных машин, включающую увеличенные промежутки межрегламентного пробега, улучшенную топливную экономичность, снижение расходов на эксплуатационные материалы.

Основные свойства смазочных материалов должны соответствовать определенным требованиям:

- создавать на поверхностях контакта трущихся деталей слой пленки или жидкости, обеспечивая снижение сил трения за счет обеспечения граничного или жидкостного трения;
- оставаться на поверхности деталей, выполняя функцию защиты от коррозии;

- отводить тепло от нагретых деталей и узлов транспортной машины;
- удалять из зоны трения продукты износа, удерживать их внутри объема смазочного материала, а также отделяться от этих продуктов при очистке в фильтрующих элементах;
- поддерживать стабильные свойства эксплуатационных материалов при хранении и использовании по прямому назначению.

Так как внутри двигателей внутреннего сгорания есть элементы с повышенной температурой, то важным свойством смазочных материалов является устойчивость физико-химических свойств при нагреве. В случае попадания смазочных материалов в камеру сгорания должно обеспечиваться возможно полное сгорание с минимальным нагарообразованием. Для элементов и деталей трансмиссии, таких как зубчатые механизмы, необходимо образование надежной масляной пленки в местах контакта с большими нагрузками. Для этого в трансмиссионные масла вводятся химически активные присадки, образующие при высоких температурах и давлениях в зоне контакта прочные фосфидные и сульфидные пленки на поверхности металла, которые способствуют уменьшению задиров и износа трущихся поверхностей.

## **Методы производства смазочных материалов**

Большинство смазочных материалов имеют в своей основе углеводородный состав и образуются путем переработки нефти, а также за счет применения синтетических углеводородных компонентов. Смазочные материалы из нефти подразделяют на дистиллятные (вакуумное разделение мазута), остаточные (глубокая переработка гудрона) и масла, полученные после обработки исходного нефтяного сырья гидрокрекингом. Для дистиллятных масел характерна малая вязкость. Доля масел в общем объеме переработанной нефти невелика и составляет порядка 2–3 %. Температура кипения нефтяных фракций, составляющих масла, находится в диапазоне 350–500 °С. Основное количество углеводородов в маслах составляют цик-

лоалканы (порядка 80 %), остальная доля содержит ароматические углеводороды, кислоты, соединения серы, а также смолистые вещества.

При производстве масел следует выполнять очистку от излишнего содержания соединений серы, смолистых веществ, кислот, а также парафинов. Методы очистки масел выбирают исходя из качества используемой нефти и необходимого качества готового продукта. Наибольшее распространение получили следующие методы очистки масел: кислотно-щелочной, адсорбционный, экстракционный, селективный. Кислотно-щелочной метод очистки предполагает добавление концентрированной серной кислоты, которая растворяет соединения серы и асфальтены, отделение продуктов реакции от общей массы масла, нейтрализацию кислоты щелочью, промывку водой и осушение. При адсорбционном методе используется отбеливающая глина, при этом примеси адсорбируются на поверхности глины. Экстракционный метод предполагает охлаждение масла и механическое удаление излишнего количества парафинов путем фильтрации кристаллизовавшихся фракций. При селективной очистке производят нагрев масла, добавление веществ, растворяющих нежелательные примеси, и отделение вещества с растворенными примесями от масла.

После очистки от нежелательных примесей получают масла, называемые базовыми. В соответствии с параметрами, предложенными Американским институтом нефти (API), базовые масла делятся на пять групп:

I – обычные минеральные масла, полученные методом селективной очистки и депарафинизации;

II – высокоочищенные минеральные масла, с низким содержанием ароматических соединений и парафинов, с повышенной окислительной стабильностью (улучшенные минеральные масла, прошедшие гидроочистку);

III – базовые масла с высоким индексом вязкости, полученные методом каталитического гидрокрекинга (улучшенные минеральные масла высокой степени очистки);



IV – базовые масла на основе полиальфаолефинов (синтетически полученные масла, высокого качества);

V – базовые масла на основе сложных эфиров, гликолей, природного газа (синтетически полученные масла, высокого качества).

Для получения смазочных материалов с необходимыми потребительскими свойствами к базовым маслам добавляют 5–10 % специальных присадок, улучшающих качество масел, повышающих ресурс смазываемых деталей, снижающих расход масла.

Классификация присадок к маслам предполагает деление их на вязкостные, антиокислительные, депрессорные, антикоррозионные, антипенные, противозадирные и моющие. Вязкостные присадки используют для маловязких базовых масел, чтобы увеличить вязкость при высоких температурах, при этом вязкость при низких температурах остается практически неизменной (загущенные масла). Для повышения химической стабильности используют антиокислительные присадки. Антикоррозионные присадки вступают в реакцию с металлом, создавая защитный слой, предотвращающий воздействие кислот. Депрессорная присадка позволяет использовать масло при низких температурах за счет воздействия на процесс кристаллизации парафинов. Противоизносные и противозадирные присадки снижают трение и уменьшают склонность к задирам за счет образования слоя на поверхности металла путем химического взаимодействия активных групп присадки с металлом. Антипенные присадки повышают прочность поверхностных масляных пленок, что снижает вероятность вспенивания масел. Моющие присадки способствуют отделению отложений на поверхности металла, адсорбируют их и переносят до системы очистки масла, где отложения оседают на фильтре.

### **Физические свойства смазочных материалов**

Большую долю среди смазочных материалов составляют жидкие смазки – смазочные масла. Основным их свойством является вязкость – свойство жидкости сопротивляться перемещению одних частей относи-

тельно других. Работа, затрачиваемая на эти перемещения, переходит в тепло и рассеивается в окружающей среде. Фактически вязкость представляет собой внутреннее трение в жидкости. С понижением температуры вязкость смазочных масел увеличивается (рис. 4.1).

От вязкостно-температурных параметров масла зависит режим его работы, энергетические потери, способность двигателя запускаться при низких температурах, возможность прокачиваемости масла по системе смазки двигателя. Так как требования по сути противоречивы, характеристики смазочных масел улучшают при помощи повышения качества базовых масел и добавления соответствующих присадок для получения стабильных значений вязкости в используемом диапазоне температур, а также заданных эксплуатационных свойств масла.

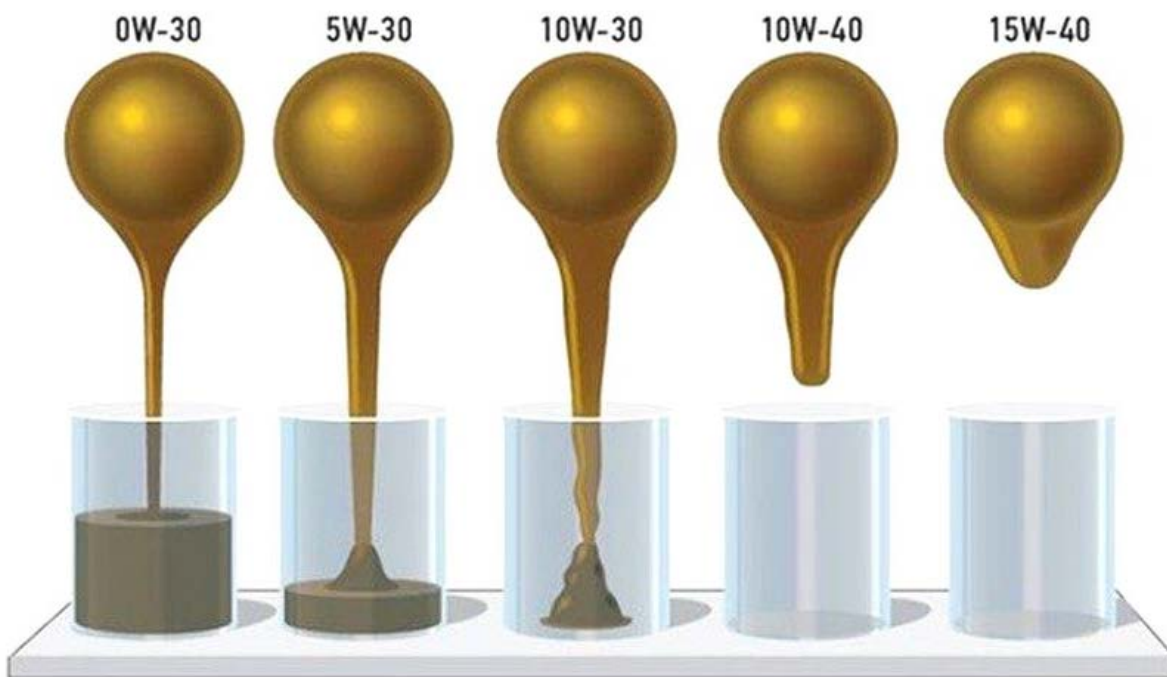


Рис. 4.1. Вязкость различных масел при отрицательной температуре

Для моторных масел характерно применение при давлении до 100 МПа и контакте с деталями, нагретыми до высоких температур. При контакте с картером и коленчатым валом температура может повышаться до 200 °С, при контакте с поршнем и поршневыми кольцами температура составляет

300–350 °С, при контакте с камерой сгорания и днищем поршня температура составляет 400–800 °С, при контакте с отработавшими газами температура доходит до 2000 °С.

Для трансмиссионных масел условия работы принципиально другие: ниже температура деталей и окружающей масло среды, выше нагрузки на смазываемые детали (давление, силы, крутящий момент). В ряде случаев особенности работы деталей в трансмиссии требуют повышения коэффициента трения для смазочных материалов, чтобы обеспечить высокий крутящий момент (например, для вариаторных коробок переключения передач). Трансмиссионные масла должны быть работоспособны при температурах от –50 до +150 °С.

## 4.2. МОТОРНЫЕ МАСЛА

**Моторные масла** представляют собой обширный комплекс жидких смазочных материалов, предназначенных для работы в системах смазки двигателей внутреннего сгорания и обладающих рядом физико-химических свойств (смазывающие, вязкостные, депрессорные, термоокислительная и радиационная стабильность, антикоррозионные, консервационные, способность противостоять лако- и нагарообразованию, противопенные, деэмульсионные, промывочные, обкаточные и др.). Совершенствование двигателей и тенденция к ужесточению требований к их экологичности, удельной мощности и экономичности приводят к необходимости повышения качества моторных масел, а также к появлению узкоспециализированных свойств, характерных для определенных типов масел. В связи с этим на сегодняшний день можно говорить не об абсолютном качестве определенной марки масла, а о степени удовлетворения данным маслом требований к определенному типу двигателя, степени его изношенности и условиям его эксплуатации. Производители автомобилей прописывают требования к качеству смазочных материалов, а также предоставляют

перечень одобренных марок конкретных производителей смазочных материалов. Производители смазочных материалов разрабатывают определенные марки моторных масел для удовлетворения требований как производителей, так и лиц, эксплуатирующих транспортные машины, причем могут выпускаться моторные масла, отличающиеся по вязкостным характеристикам, сроку службы и различным условиям применения (для тяжело нагруженных, изношенных двигателей, для двигателей с большой периодичностью замены масла и т. п.).

### **Снижение качества масла при работе двигателя**

В результате эксплуатации двигателя снижается качество масла. Этот процесс называют старением масла – совокупность изменения качества масла из-за ухудшения стабильности масла и попадания в масло механических примесей и других материалов, в том числе воды. Процесс старения масла затрагивает как основу – базовое масло, так и присадки. При выработке ресурса качество масла падает до минимально допустимых значений, что приводит к необходимости его замены.

Снижение качества масла способствует развитию негативных процессов в двигателе и трансмиссии:

- снижение подвижности клапанов в направляющих втулках;
- закоксовывание и залегание поршневых колец;
- рост количества отложений на внутренних поверхностях фильтров, маслоприемников, каналов системы смазки;
- повышение коррозии смазываемых деталей;
- увеличение износа контактирующих поверхностей.

Увеличению скорости снижения качества масла способствуют следующие факторы:

- применение избыточного давления воздуха на впуске;
- использование максимальных нагрузочных и скоростных режимов двигателя;

- уменьшение объема используемого масла;
- увеличение пробега двигателя до замены масла.

На качество масла серьезное воздействие оказывает окисление масла кислородом воздуха. В условиях незначительного нагрева (не более 120 °С) образуются осадки – густые мазеобразные липкие отложения. Осадки сравнительно легко могут быть удалены моющими присадками, содержащимися в маслах, или специальными промывочными маслами. При нагреве масла до температуры порядка 250 °С образуются так называемые лаки – тонкие и прочные пленки углеводородных окислов толщиной 100–200 мкм с ровной поверхностью, образующиеся на канавках поршней, поршневых кольцах, стержнях клапанов и т. п. Для удаления лаков используют сильные растворители и щелочные растворы. При нагреве масла до высоких температур 300–2000 °С образуется нагар – твердые окислы углеводородов значительной толщины с матовой шероховатой поверхностью. Нагар в камере сгорания создает равновесный во времени слой, его толщина определяется в основном качеством двигателя и в меньшей степени качеством используемого масла. По мере изнашивания деталей двигателя увеличивается количество масла, попадающего в камеру сгорания, что вызывает рост толщины слоя нагара. Если уменьшить поступление в камеру сгорания масла, то толщина слоя нагара также уменьшится за счет постепенного выгорания нагара. Кусочки нагара, отделившиеся от основного слоя, могут оказывать абразивное действие, приводя к повышенному износу. Также нагар ухудшает теплоотвод от нагретых деталей двигателя в систему охлаждения, что может привести к локальному перегреву.

Качество масла ухудшается вследствие попадания воды при эксплуатации двигателя при низких отрицательных температурах, в таких условиях испаренная вода конденсируется на стенках картера двигателя и попадает в масло. Вода снижает смазывающие свойства и способствует коррозионному повреждению деталей двигателя.

Для восстановления требуемого уровня качества масла в двигателях автомобилей периодически его заменяют. При необходимости можно производить корректировку периодичности замены масла с учетом условий эксплуатации транспортной машины, а также качества используемого масла.

## **Эксплуатационные свойства моторных масел**

Моторные масла должны:

- снижать трение в соединениях взаимодействующих деталей;
- способствовать уплотнению сопряжений деталей цилиндропоршневой группы;
- эффективно отводить тепловую энергию от нагретых деталей;
- удалять продукты износа и переносить их до системы фильтрации;
- предохранять детали двигателя от коррозии продуктами окисления масла и сгорания топлива;
- снижать скорость образования всех видов отложений на деталях двигателя;
- иметь стабильную вязкостно-температурную характеристику;
- иметь незначительный расход на угар и большой ресурс до замены.

Эксплуатационные параметры моторных масел исследуют при помощи стендовых или эксплуатационных испытаний. При стендовых испытаниях используется четырехшариковая машина трения (рис. 4.2). В результате исследования можно получить индекс задира, нагрузку сваривания и величину износа в зависимости от качества используемого масла. В процессе испытания масло наливается в емкость, где располагается неподвижная обойма с тремя закрепленными шариками в горизонтальной плоскости. Сверху размещается вращающийся шарик, приводимый во вращение шпинделем, через который также осуществляется передача нормальной нагрузки.

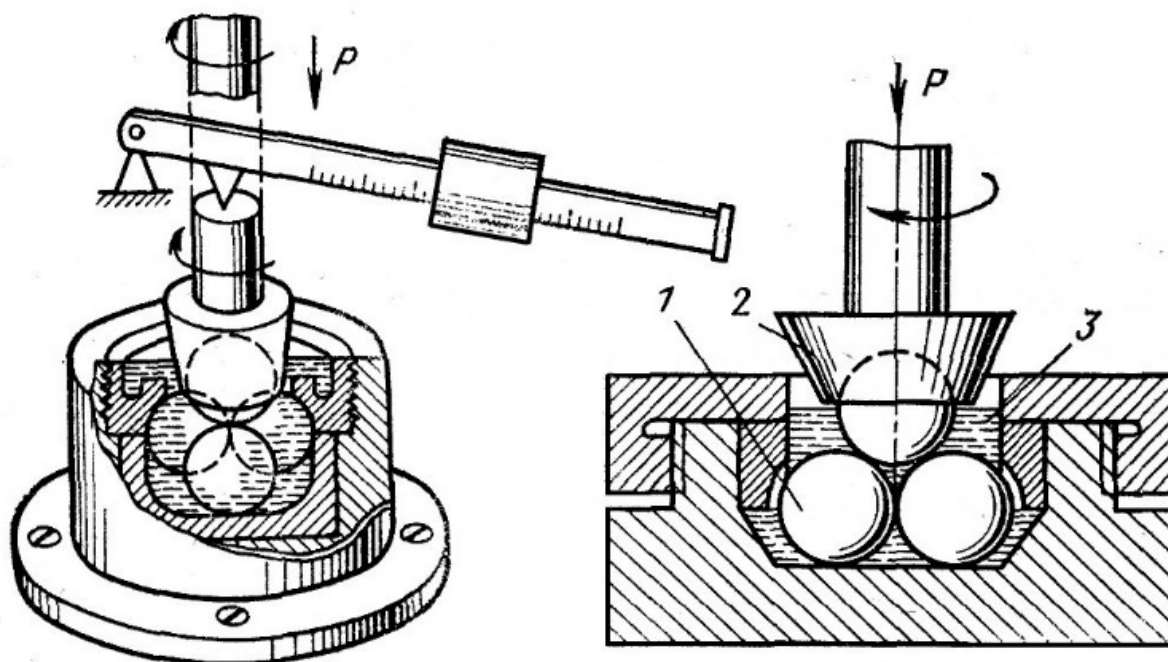


Рис. 4.2. Четырехшариковая машина трения и ее рабочий узел:

1 – неподвижные шарики (3 шт.); 2 – вращающийся шпиндель с шариком;  
3 – масло;  $P$  – сжимающая сила

После проведения цикла испытаний измеряют показатель износа по диаметрам пятен износа нижних шаров, а также критическую нагрузку и индекс задира. При необходимости можно менять свойства базовых масел, а также добавляемые присадки для снижения износа трущихся поверхностей.

### **Присадки для восстановления двигателя**

Существуют специальные присадки для уже существующих смазочных материалов. Многофункциональные присадки позволяют улучшить одновременно несколько параметров масел. Присадки к моторным маслам могут добавляться на этапе производства моторных масел или выпускаться в качестве отдельных добавок. Современные моторные масла проходят многоэтапный цикл испытаний физико-химических свойств для определения параметров качества и соответствия свойств заданным значениям

параметров. Поэтому использование дополнительных присадок в условиях эксплуатации автомобиля не может гарантировать ожидаемое улучшение физико-химических свойств моторных масел. Также возможно и ухудшение ряда свойств при взаимодействии новой присадки с существующими в моторном масле присадками и продуктами износа.

С течением времени двигатель внутреннего сгорания имеет свойство изнашиваться в местах трения и образовывать загрязнения на поверхностях деталей. Восстановительная присадка для увеличения компрессии двигателя на металлоплакирующей основе работает за счет создания плакирующего слоя в месте контакта взаимодействующих деталей. Слой может сглаживать дефекты на поверхностях металлических деталей, образованных в результате повреждения или естественного износа деталей. В основном это касается подшипников коленчатого вала деталей цилиндропоршневой группы. Присадки на базе минеральных порошков способствуют процессам образования металлокерамического слоя на поверхности деталей двигателя. Присадки для очистки содержат полиэфиры и хлорпарафины, которые в условиях высоких температур способствуют переводу углеводородных отложений в ионное состояние, что позволяет улучшить их удаление с поверхностей деталей.

## **Классификация моторных масел**

При классификации моторных масел используется деление по вязкости и уровню качества, при этом качество моторного масла оценивается по соответствию эксплуатационным требованиям. При этом требования к качеству определяются, как правило, производителями двигателей, а производители масла изготавливают масло, соответствующее данным требованиям.

Для классификации моторных масел по параметру вязкости наибольшее распространение получила международная спецификация SAE (Society of Automotive Engineers – американская ассоциация автомобиль-



ных инженеров). По данной классификации все моторные масла делятся на 6 зимних (0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W) и 5 летних (20, 30, 40, 50, 60) категорий. Буква W обозначает зимнее (Winter), а двойной номер указывает на возможность всесезонного использования масла (например, 5W30, 10W40).

В таком соотношении первые цифры указывают на индекс вязкости, обеспечивающий прокачиваемость масла при низких температурах (масла 0W используются при температуре до  $-40^{\circ}\text{C}$ , масла 5W – при  $-35^{\circ}\text{C}$  и т. д., в соответствии с графиком на рис. 4.3).

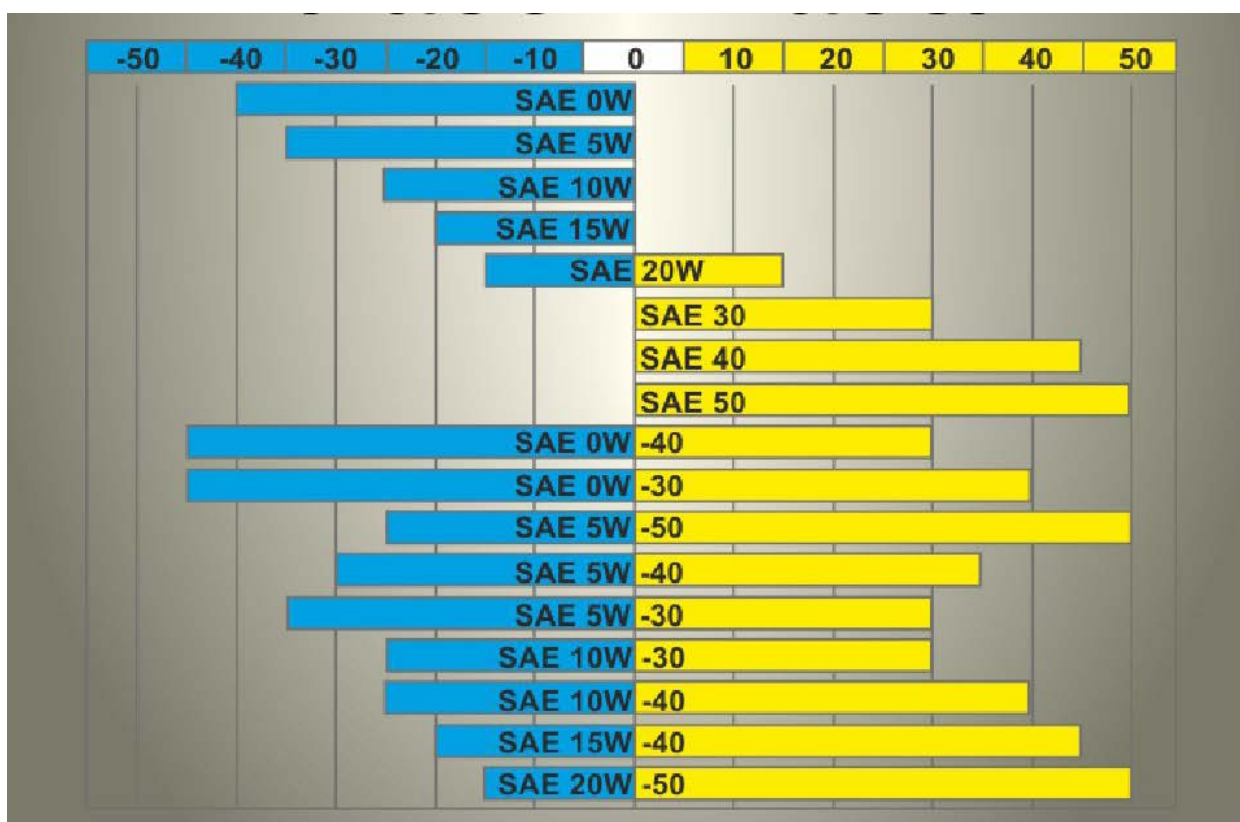


Рис. 4.3. Классификация моторных масел по SAE в зависимости от температуры

Цифры после буквы W указывают на индекс вязкости при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  и характеризуют сохранение работоспособности масла в высокотемпературных зонах двигателя. Масла с меньшим индексом вязкости при низких температурах обеспечивают большую экономичность двигателя,

меньше расходуются на угар. Масла с более высоким индексом вязкости показывают лучшие характеристики при высоких температурах двигателя, в жарком климате и для двигателей с высоким уровнем износа.

В России действует стандарт ГОСТ 17479.1-2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение», определяющий классификацию моторных масел по уровню вязкости и уровню качества (соответствие определенным типам двигателей внутреннего сгорания). В обозначении моторных масел присутствует буква «М» (масло моторное), класс вязкости (число, соответствующее кинематической вязкости моторного масла, определяемое при температурах 100 °С и –18 °С), буква «з» (если используется маловязкое масло с загустителем), буква от А до Е (качество масла в зависимости от области применения) и цифра для обозначения типа двигателя (1 – бензиновый, 2 – дизельный). Соответствие масел требованиям SAE и ГОСТу по вязкости приведено в табл. 4.1.

*Таблица 4.1*

**Соответствие моторных масел по вязкости  
требованиям различных стандартов**

Класс вязкости		Класс вязкости	
по ГОСТ 17479.1-2015	по SAE (J300:2013)	по ГОСТ 17479.1-2015	по SAE (J300:2013)
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

Для распределения моторных масел по качеству моторных масел используется несколько различных систем сертификации качества (API, ASEA, ILSAC, ГОСТ).

Система сертификации API (American Petroleum Institute – Американский институт нефти) – система классификации моторных масел по областям применения и эксплуатационным свойствам. Согласно ей все моторные масла делятся на две категории: S – для бензиновых двигателей и C – для дизельных двигателей. Каждому классу присваивается буква по алфавиту начиная с A, причем чем дальше по порядку в алфавите стоит буква, тем выше уровень качества масла. Если масло может быть использовано и для бензиновых и для дизельных двигателей, то прописывают классы качества для обеих категорий, например, API CF/SL. Цифры в обозначениях (например, CF-4, CF-2) указывают на применимость масел в 2- или 4-тактных двигателях. На сегодняшний день моторные масла API SA – API SH (для бензиновых двигателей) и API CA – API CE (для дизельных двигателей) считаются устаревшими. Масла с более высоким уровнем качества допустимо использовать для двигателей, рассчитанных на работу с маслами более низкого уровня качества.

Система сертификации ACEA (European Automobile Manufacturers Association – ассоциация европейских производителей автомобилей) делит моторные масла на четыре класса по типу двигателей: A (бензиновые), B (легкие дизельные), C (бензиновые и дизельные двигатели с системами нейтрализации отработавших газов) и E (тяжело нагруженные дизельные двигатели). После буквы следует номер класса и год утверждения сертификата.

Система сертификации ILSAC (International Lubricant Standardization and Approval Committee – Международный комитет по стандартизации и сертификации смазочных материалов) используется преимущественно для моторных масел двигателей легковых автомобилей производства Японии и США. В данной классификации пять классов: GF-1, GF-2, GF-3,

GF-4, GF-5, готовится к утверждению GF-6. В каждом классе установлено соответствие классу API, а также введены дополнительно контролируемые параметры, такие как пониженная вязкость масла, экономия топлива, повышенная склонность к сдвигу, малое присутствие фосфора, улучшенная фильтрация, низкая летучесть масла, пониженное пенообразование.

### **4.3. ТРАНСМИССИОННЫЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА**

**Трансмиссионные масла** – смазочные масла, применяемые для смазки агрегатов систем, передающих механическую энергию от двигателя транспортной машины к движителю. В число агрегатов трансмиссии включают коробки передач, раздаточные коробки, редуктор ведущих мостов, рулевые механизмы, а также зубчатые и цепные передачи (редукторов) всех видов.

#### **Свойства трансмиссионных масел**

Трансмиссионные масла отличаются от моторных следующими условиями эксплуатации:

- зубчатые передачи могут работать в условиях граничного трения;
- детали трансмиссии могут испытывать значительные нагрузки и высокие контактные напряжения;
- масла должны сохранять работоспособность при температурах от  $-50$  до  $150$  °С;
- продолжительное время работы смазываемых деталей;
- масла должны снижать вибрацию и уровень шума элементов трансмиссии;
- трансмиссионные масла практически не контактируют с топливом и продуктами горения.

Детали зубчатых передач испытывают высокие удельные давления в зоне контакта (600–4000 МПа в гипоидных передачах). В точках контакта зубчатых колес наблюдаются значительные скорости скольжения трущихся поверхностей (3–20 м/с для гипоидных передач) и высокие температуры (300–800 °С). Чтобы обеспечить эффективную смазку в условиях возможного появления граничного трения, трансмиссионные масла должны обладать высокими противоизносными и противозадирными свойствами. Для этого используются специальные противоизносные и противозадирные присадки.

При эксплуатации транспортных средств в условиях низких отрицательных температур задача трансмиссионных масел – обеспечить трогание машины с места и дальнейшее движение без предварительного разогрева трансмиссионного масла. При высоких температурах окружающей среды температура трансмиссионного масла в картерах агрегатов трансмиссии может достигать максимальных значений, что определяет выбор минимально допустимой вязкости масла, при которой будут выполняться требования к смазочным свойствам в зоне контакта деталей, а также не будет происходить утечки через неплотности соединений и уплотнительных элементов.

## **Классификация трансмиссионных масел**

Классифицируются трансмиссионные масла аналогично моторным, основными параметрами остаются вязкость (нормируется документами SAE, ГОСТ) и уровень соответствия определенным функциональным требованиям (API, MIL, ZF, SAE, ГОСТ).

В соответствии с системой сертификации SAE J306-2019 трансмиссионные масла разделяют на несколько групп, среди которых четыре зимних с обозначением W (Winter): 70, 75, 80, 85 и пять летних: 80, 85, 90, 140, 250. Для всесезонных трансмиссионных масел применяется обозначение

из двух индексов: первый указывает на зимнюю маркировку, а второй – на летнюю, например SAE 75W-90.

В России действует ГОСТ 17479.2-2015 «Масла трансмиссионные. Классификация и обозначение», определяющий классификацию трансмиссионных масел по уровню вязкости и уровню качества. В обозначении трансмиссионных масел присутствуют буквы «ТМ» (масло трансмиссионное); группа цифр, характеризующих принадлежность масла в зависимости от области его применения; класс вязкости в соответствии с величиной вязкости, которую определяют при высокой температуре по ГОСТ 33 и при низкой температуре по ГОСТ 1929; буква «з» (если используется маловязкое масло с загустителем). Соответствие масел требованиям SAE и ГОСТа по вязкости приведено в табл. 4.2.

Таблица 4.2

**Соответствие трансмиссионных масел по вязкости  
требованиям различных стандартов**

Класс вязкости	
по ГОСТ 17479.1-2015	по SAE (J306:2013)
5з	70W
9з	75W
12з	80W
18з	85W
9	80
12	85
18	90
34	140

Система сертификации API делит все трансмиссионные масла на шесть категорий: GL-1, GL-2, GL-3, GL-4, GL-5, GL-6. Дополнительно введен стандарт MT-1, обеспечивающий совместимость с высоконагруженными передачами, монтируемыми на карьерные самосвалы, магистральные грузовики. Каждый класс имеет определенное назначение и свою специфическую сферу применения (табл. 4.3).

**Классы трансмиссионных масел и требования по API**

Масло	
Класс по API	Сфера применения
GL-1	Масла для передач, работающих в легких условиях. Состоят из базовых масел без присадок. Иногда добавляются в небольшом количестве антиокислительные присадки, ингибиторы коррозии, легкие депрессорные и противопенные присадки. Предназначены для конусных, червячных передач и механических коробок передач (без синхронизаторов) грузовых автомобилей и сельскохозяйственных машин
GL-2	Масла для передач, работающих в условиях средней тяжести. Содержат противоизносные присадки. Предназначены для червячных передач транспортных средств. Обычно применяются для смазывания трансмиссии тракторов и сельскохозяйственных машин
GL-3	Масла для передач, работающих в условиях средней тяжести. Содержат до 2,7 % противоизносных присадок. Предназначены для смазывания конусных и других передач грузовых автомобилей. Не предназначены для гипоидных передач
GL-4	Масла для передач, работающих в условиях разной степени тяжести – от легких до тяжелых. Содержат 4,0 % эффективных противозадирных присадок. Предназначены для конусных и гипоидных передач, имеющих малое смещение осей, для коробок передач автомобилей, агрегатов ведущего моста. Обычно содержит 50 % присадок, применяемых для масел API GL-5
GL-5	Масла для наиболее нагруженных передач, работающих в суровых условиях. Содержат до 6,5 % эффективных противозадирных и других многофункциональных присадок. Основное предназначение – для гипоидных передач, имеющих значительное смещение осей. Применяются как универсальные масла для всех других агрегатов механической трансмиссии (кроме коробок передач). Для синхронизированной механической коробки передач применяются только масла, имеющие специальное подтверждение о соответствии требованиям производителей машин. Для дифференциалов повышенного трения применяются масла со специальными присадками (модификаторами) ограниченного скольжения. В этом случае обозначение класса может иметь дополнительный знак LS

Масло	
Класс по API	Сфера применения
GL-6	Гипоидные передачи с увеличенным смещением осей, работающие в условиях высоких скоростей, больших крутящих моментов и ударных нагрузок. Имеют большее количество серофосфорсодержащей противозадирной присадки, чем масла API GL-5
MT-1	Масла для высоконагруженных агрегатов. Предназначены для несинхронизированных механических коробок передач мощных автомобилей (тягачей и автобусов). Эквивалентны маслам API GL-5, но обладают повышенной термической стабильностью

Если для агрегата предписано трансмиссионное масло API GL-4, то недопустимо использовать API GL-5, так как в последнем применяются агрессивные присадки, исключающие совместимость с цветными металлами.

Система сертификации MIL (United States Military Standard – система стандартов Министерства обороны США) может применяться как для военных, так и для гражданских отраслей. На сегодняшний день для трансмиссионных масел выделяется пять групп спецификаций: MIL-L-2105A (масла для коробок передач автомобилей, сопоставимо с требованиями по API GL-4); MIL-L-2105B (масла для гипоидных передач, сопоставимо с требованиями API GL-5); MIL-L-2105C (всесезонные трансмиссионные масла классов вязкости 75W, 80W/90 и 85W/140, превосходящие спецификацию MIL-L-2105B, сопоставимо с API GL-5); MIL-L-2105D (всесезонные трансмиссионные масла, превосходящие спецификацию MIL-L-2105C, сопоставимо с API GL-5) и MIL-L-2105E (всесезонные трансмиссионные масла, превосходящие спецификацию MIL-L-2105D, сопоставимо с API GL-5, содержит дополнительные требования API MT-1).

Система сертификации ZF (Zahnradfabrik Friedrichshafen – крупнейшая в Европе организация по производству силовых установок и транс-



миссионных блоков для автомобилей) разрабатывает собственные спецификации для каждой группы компонентов трансмиссии: TE-ML 01 – TE-ML 14 (КПП, ГУР, гидротрансформаторы и т. п.).

Система сертификации SAE для трансмиссионных масел также имеет спецификацию SAE J2360, устанавливающую требования к качеству смазочных материалов. Документ определяет классификацию вязкостных параметров смазок, но является логическим продолжением нормы API GL-5. Стандарт превосходит требования указанной классификации и содержит несколько дополнительных пунктов, касающихся чистоты поверхностей деталей трансмиссии после окисления смазки, совместимость с эластомерами и полимерными композициями, возможность применения в военной технике.

Система сертификации по ГОСТ 17479.2-2015 предполагает деление трансмиссионных масел на пять групп (TM-1 – TM-5), примерно соответствующих требованиям API GL-1 – API GL-5.

### **Свойства гидравлических масел**

Сферой применения гидравлических масел являются гидравлические приводы, автоматические трансмиссии, системы управления, подъемные устройства автосамосвалов, металлорежущие станки и т. п. Основное назначение гидравлического масла заключается в передаче механической энергии. Дополнительно осуществляется смазывание, защита трущихся деталей от износа и коррозии, уплотнение, отвод избыточного тепла и удаление продуктов износа и загрязнения. При эксплуатации в гидравлические масла возможно попадание воды в значительных количествах, поэтому масла должны оставаться стабильными и легко отделяться от влаги. В процессе работы гидравлические масла должны сохранять работоспособность при температурах от –60 до 150 °С в условиях значительного давления от 10 до 15 МПа и скорости взаимного перемещения до 20 м/с.

Поэтому для гидравлических масел устанавливаются следующие требования:

- хорошие смазывающие свойства;
- вязкостно-температурные свойства должны обеспечивать вязкость не ниже  $4 \text{ мм}^2/\text{с}$  при высокой температуре и не ниже  $1000 \text{ мм}^2/\text{с}$  при низкой;
- низкие значения температуры, при которой начинается кристаллизация;
- низкая пожароопасность;
- высокая коррозионная стойкость;
- низкая агрессия к резиновым деталям;
- стабильность параметров в условиях хранения и эксплуатации.

В качестве гидравлических масел используются маловязкие нефтяные масла, синтетические масла или их смеси, а также водно-гликолевые составы. Для улучшения качества гидравлических масел и получения заданных физико-химических свойств добавляются вязкостные, противоизносные и антиокислительные, антипенные и другие присадки.

Качество гидравлических масел определяет возможный температурный диапазон использования гидросистем и оказывают влияние на реализуемые характеристики гидропривода. Для эффективного выбора качества гидравлического масла важно учитывать тип агрегатов технологического оборудования, в которых будет осуществляться применение гидравлических масел.

### **Классификация гидравлических масел и их обозначение**

Классифицируются гидравлические масла по трем основным параметрам: сфера применения, вязкость и уровень соответствия определенным функциональным требованиям (DIN, ISO, ГОСТ).

По сфере применения гидравлические масла подразделяются на промышленное, пожаробезопасное и арктическое. Промышленное (И20А, И40А, НLР) гидравлическое масло предназначено для промышленного оборудования, автоматических линий, строительной-дорожной техники,

иных машин и механизмов, использующихся в условиях средних и низких нагрузок в нормальных тепловых режимах, представляет собой базовое гидравлическое масло с минимумом присадок. Пожаробезопасное (HFDU) гидравлическое масло используется в металлургии и других отраслях, где эксплуатация механизмов происходит при высоких температурах. В этих условиях гидравлическое масло должно сохранять свои эксплуатационные характеристики, не разлагаться с образованием отложений и не вызывать коррозию металлов. Для обеспечения необходимых характеристик используются специальные добавки. Арктическое (ВМГЗ-60, Arctic HVLP 32) гидравлическое масло применяется при эксплуатации техники и оборудования в условиях Крайнего Севера. Данное масло должно сохранять все основные свойства при низких отрицательных температурах (до  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), чтобы обеспечить холодный пуск оборудования без предварительного подогрева. При этом такое гидравлическое масло является всесезонным и может использоваться в регионах с умеренными климатическими условиями без необходимости сезонной смены.

В качестве универсального показателя, характеризующего основные физико-химические показатели масел, применяется индекс вязкости (ИВ) – относительная безразмерная величина, характеризующая степень изменения вязкости в зависимости от температуры. Он рассчитывается или находится по таблицам и номограммам в зависимости от значений кинематической вязкости при  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . По индексу вязкости масла делят на низкоиндексные (ИВ  $< 80$ ); среднеиндексные (ИВ =  $80-90$ ); высокоиндексные (ИВ =  $90-100$  и выше). Чем меньше вязкость зависит от изменения температуры, тем больше ИВ и выше качество масла. Большинство нефтяных (минеральных) базовых масел имеют индекс вязкости от 0 до 100, а загущенные всесезонные масла – более 100.

Согласно системе сертификации по ГОСТ 17479.3-85 гидравлические масла обозначаются буквами МГ (минеральное гидравлическое), указываются класс кинематической вязкости (табл. 4.4) и принадлежность к группе по эксплуатационным свойствам.

**Кинематическая вязкость гидравлических масел  
в соответствии с классами вязкости по ГОСТу**

Класс вязкости по ГОСТ 17479.3-85	Кинематическая вязкость при температуре 40 °С, мм <sup>2</sup> /с (сСт)
5	4,14–5,06
7	6,12–7,48
10	9,00–11,00
15	13,50–16,50
22	19,80–24,20
32	28,80–35,20
46	41,40–50,60
68	61,20–74,80
100	90,00–110,00
150	135,00–165,00

Система сертификации гидравлических масел ISO 11158 (International Organization for Standardization – международная организация, выпускающая стандарты) подразделяет масла на 7 классов, имеющих различные присадки и свойства:

- 1) ISO-L–HH: не ингибированные минеральные;
- 2) ISO-L–HL: с антикоррозионными и антиокислительными свойствами;
- 3) ISO-L–HM: с противоизносными присадками;
- 4) ISO-L–HR: масло HL с высоким индексом вязкости;
- 5) ISO-L–HV: масло HM с высоким индексом вязкости;
- 6) ISO-L–HS: не огнестойкие синтетические гидрожидкости;
- 7) ISO-L–HG: с антискачковым эффектом для комбинации гидравлика – направляющие.

Система сертификации гидравлических масел DIN 51524 (Deutsches Institute fuer Normung – немецкий институт по стандартизации) подразделяет масла на четыре класса (H, HL, HLP, HVLP) в зависимости от используемых присадок.

## **4.4. ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ**

### **Производство и назначение пластичных смазок**

Пластичные смазки используются в узлах трения, где масло не может удерживаться, а также нет возможности пополнять его количество. Пластичные смазки также имеют название консистентные. Это смазочные эксплуатационные материалы, полученные на основе загущенных масел твердыми веществами, образующими ячеистую структуру, в который удерживается более жидкая фаза. Для загустителей применяются жирные соли мягких металлов, а также мыло и парафины. Доля загустителя в пластичной смазке составляет от 5 до 30 %. Название смазки часто включает в себя наименование используемого металла: литиевая, кальциевая, цинковая и т. п.

При низких температурах пластичные смазки замерзают, при высоких приобретают повышенную текучесть. Чтобы расширить температурный диапазон использования пластичных смазок, в их состав добавляют синтетические компоненты (силиконы и диэфиры). Дополнительно пластичные смазки содержат стабилизаторы и модификаторы коллоидной структуры, присадки и наполнители для придания или улучшения функциональных свойств, а также красители.

### **Свойства пластичных смазок**

**Температура каплепадения.** При нагревании пластичной смазки до необходимой температуры начинается процесс разрушения кристаллического каркаса, и смазка становится текучей. Данный процесс является необратимым, что приводит пластичную смазку в негодность. Начало процесса преобразования пластичной смазки в жидкость выражают температурой каплепадения. Температура каплепадения – это температура, при которой из стандартного прибора при нагревании падает первая капля смазки. Качество пластичных смазок зависит от вида загустителя и его

концентрации. По температуре каплепадения смазки делят на тугоплавкие (Т), среднеплавкие (С) и низкоплавкие (Н). Тугоплавкие смазки имеют температуру каплепадения выше 100 °С; низкоплавкие – до 65 °С. При эксплуатации необходимо применять пластичные смазки, у которых температура каплепадения будет выше максимальной рабочей температуры узла на 20–30 °С.

**Механические свойства.** Механическое воздействие способно разрушить структуру пластичной смазки. Контролируемый параметр называется пределом прочности смазок при сдвиге и показывает минимальное удельное напряжение, необходимое для сдвига одного слоя относительно другого. При напряжении, превышающем предел прочности, разрушается структура пластичной смазки, и смазка необратимо преобразуется в жидкую фазу. При увеличении температуры предел прочности снижается.

**Эффективная вязкость.** Для пластичных смазок параметр вязкость может иметь различные значения при постоянной температуре. Вязкость будет меняться в зависимости от скорости относительного перемещения слоев. Рост скорости перемещения приводит к уменьшению вязкости по причине изменения ориентации частиц загустителя по ходу движения. При этом создается меньшее сопротивление перемещению. Таким образом, для получения значения эффективной вязкости необходимо учитывать напряжение и скорость сдвига. Для неизменной температуры можно определять значение эффективной вязкости по следующей формуле:

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{\tau}{D},$$

где  $\tau$  – напряжение сдвига;  $D$  – градиент скорости сдвига.

Показатель вязкости имеет большое практическое значение. Он определяет возможность подачи смазок и заправки в узлы трения с помощью различных заправочных устройств. Вязкость смазки обуславливает также расход энергии на ее перекачку при перемещении смазанных деталей.

**Коллоидная стабильность.** Пластичные смазки могут со временем расслаиваться. Способность противостоять расслаиванию называется коллоидной стабильностью. Коллоидная стабильность определяется твердой фазой пластической смазки, создающей каркас. Также коллоидная стабильность зависит от вязкости основы, так как высокая вязкость масла будет способствовать сохранению его внутри каркаса. Снижение коллоидной стабильности происходит при увеличении температуры, а также при высоких нагрузках и действии центробежных сил.

**Водостойкость.** Физические свойства пластических смазок определяются свойствами твердой фазы. В ряде случаев твердая фаза не является устойчивой к воде и способна растворяться (калиевые и натриевые смазки). Способность противостоять влиянию воды называется водостойкостью. Большинство пластичных смазок являются водостойкими, наилучшая водостойкость наблюдается у парафиновых и литиевых смазок.

### **Классификация пластичных смазок**

Классификация пластичных смазок достаточно обширна, так как данный вид смазочных материалов может применяться в самых различных областях человеческой деятельности. В России используется межгосударственный стандарт ГОСТ 28549.9-90 (ИСО 6743-9-87) «Смазочные материалы, промышленные масла и родственные продукты. (Класс L). Классификация. Группа X (пластичные смазки)». Полное обозначение пластичной смазки содержит: аббревиатуру ИСО; букву L для класса смазочных материалов, промышленных масел и родственных продуктов; категорию смазки из пяти букв; группу смазки X; минимальную температуру эксплуатации пластичной смазки; максимальную температуру эксплуатации пластичной смазки; смазывающую способность в присутствии воды и антиржавейные свойства этой смазки; смазывающую способность пластичной смазки при высоких и малых нагрузках; класс NLGL (определяют по ГОСТ 28549.0), выраженный цифрой или числом, соответствующим

консистенции пластичной смазки, измеренной степенью пенетрации по ГОСТ 5346 (ИСО 2137).

Пластичные смазки подразделяются на четыре группы:

1) антифрикционные (С, О, М, Ж, Н, И, Х, П, Т, Д) – для снижения износа и трения скольжения сопрягаемых деталей;

2) консервационные (З) – для предотвращения коррозии при хранении, транспортировке и эксплуатации;

3) канатные (К) – для предотвращения коррозии и износа стальных канатов;

4) уплотнительные (А, Р, В) – для герметизации зазоров, облегчения сборки и разборки арматуры, манжет, резьбовых, разъемных и любых подвижных соединений.

В зависимости от применения смазки бывают общего назначения, специализированные, термостойкие и морозостойкие.

**Смазки общего назначения.** Большинство используемых пластичных смазок имеет кальциевую фазу каркаса и общее название – солидолы. Эти смазки обладают хорошими смазывающими свойствами, недорогие, водостойкие и среднеплавкие. Натриевые и натриево-кальциевые смазки имеют большой диапазон эксплуатационных температур (от  $-30$  до  $110$  °С), используются в подшипниках качения. Одной из распространенных марок пластичных смазок общего назначения является «Литол-24», который применяется в качестве универсальной смазки для большинства деталей автомобиля.

**Специализированные смазки.** Это пластичные смазки, разработанные специально для использования в специфических узлах и агрегатах. Например, графитная пластичная смазка применяется в открытых узлах, карданная пластичная смазка используется в шарнирах карданной передачи грузовых автомобилей, ШРУС – для шарниров равных угловых скоростей легковых автомобилей, «ЛСЦ-15» – в шлицевых соединениях.

**Термостойкие смазки.** При высоких или низких температурах применяются специализированные пластичные смазки с температурным диапа-



зоном от 150 до 250 °С. Пластичная смазка «Униол-3М» имеет высокую коллоидную стабильность при высоких температурах, противозадирные свойства и водостойкость. «ЦИАТИМ-221» допустимо использовать в диапазоне температур от –60 до 150 °С.

**Морозостойкие смазки.** Специально разработанные для использования в условиях Крайнего Севера и Арктики пластичные смазки получили название морозостойкие. Морозостойкая смазка «Зимол» является аналогом «Литол-24», но позволяет эффективно использовать смазку при более низких температурах. «ЦИАТИМ-201» – пластичная смазка с высоким уровнем морозостойкости, однако при этом ухудшаются противоизносные свойства, а также возможности использования при высоких температурах.

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение базовых масел и присадок. Назовите основные присадки к маслам.
2. Как вязкость масла влияет на возможность эксплуатации двигателя?
3. На какие условия работы рассчитаны моторные масла?
4. Для чего используется индекс вязкости масла?
5. Назовите причины снижения качества моторных масел.
6. Какие основные требования предъявляются к моторным маслам?
7. Чем различаются системы классификации моторных масел по SAE и API?
8. Основные требования к трансмиссионным маслам, сфера применения.
9. По каким параметрам осуществляется классификация трансмиссионных масел?
10. Как производятся пластичные смазки? Основные эксплуатационные свойства пластичных смазок.
11. По каким признакам классифицируются пластичные смазки?

## **5. РАЦИОНАЛЬНОЕ И БЕЗОПАСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРАНСПОРТЕ**

Вопросы применения эксплуатационных материалов затрагивают различные аспекты жизненного цикла транспортных машин. Общими приоритетами для производителей и потребителей являются экономическая эффективность транспортных машин и безопасность их эксплуатации. Такие факторы, как стоимость, доступность, долговечность, работоспособность, сохраняемость, экологичность, являются составляющими качества эксплуатационных материалов. Вопросы снижения затрат на эксплуатацию транспортных машин при обеспечении безопасных условий для жизнедеятельности целесообразно рассматривать применительно к используемым в транспортных машинах эксплуатационным материалам.

### **5.1. ЭКОНОМИЯ ТОВАЛИВНО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В современном мире с его разветвленными транспортными артериями затраты на топливно-смазочные материалы (ТСМ) при эксплуатации только автомобильного транспорта составляют 30 % от общих затрат, осуществленных на единицу транспортной работы. Однако известно множество способов сократить расход ТСМ на 20 % и более. В частности, возможно снижение себестоимости перевозок, например, для грузовых перевозок снижение может составить 3–4 %. На расход ТСМ при эксплуатации автотранспорта оказывают влияние множество факторов:

- структура автопарка и рациональность применения составляющих его транспортных средств, например, перевозка грузов малотоннажными автомобилями в черте города и перевозка между городами и странами с помощью автопоездов, имеющих большую грузоподъемность;
- качество самих материалов;
- конструкция транспортного средства;

- несоответствие качества топливно-смазочных материалов предъявляемым требованиям, которое может привести к увеличению их расхода и ухудшению показателей работы автомобиля;
- аэродинамические свойства автомобилей;
- применяемая трансмиссия и ее характеристики;
- неправильные настройки бортового компьютера;
- система питания и зажигания и другие конструктивные особенности двигателя;
- масса автомобиля.

Исходя из рассмотренных факторов можно выделить шесть показателей, влияющих на расход ТСМ.

**1. Организация оптимального транспортного процесса.** От организации оптимального транспортного процесса зависит эффективное использование типа транспортного средства, его грузоподъемность и пробег.

Степень использования грузоподъемности транспортного средства можно определить как отношение массы груза к номинальной грузоподъемности (коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma$ ). С увеличением  $\gamma$  происходит уменьшение удельного расхода топлива на единицу транспортной работы. При стопроцентном использовании грузоподъемности ( $\gamma = 1$ ) удельный расход топлива будет минимальным. Увеличение  $\gamma$  на 1 % влечет за собой снижение удельного расхода топлива на 1,6 %.

Также расход топлива на единицу транспортной работы может быть уменьшен при увеличении коэффициента использования пробега  $\beta$ , который можно найти по формуле

$$\beta = S_{\Gamma}/S,$$

где  $S_{\Gamma}$  – пробег автомобиля с грузом;  $S$  – общий пробег автомобиля.

Увеличение коэффициента использования пробега  $\beta$  на 1 % снижает удельный расход топлива на 1,3 %. Использование прицепов снижает удельный расход топлива на 25–30 %.

**2. Соответствие применяемых сортов ТСМ конструктивным особенностям и условиям эксплуатации автомобиля.** Применение ТСМ, не соответствующих конструктивным особенностям двигателя, может вызвать их перерасход. Основным показателем качества топлива для транспортных средств, работающих на бензине, является октановое число и фракционный состав, для дизельных автомобильных топлив – цетановое число и фракционный состав. Например, работа транспортных средств на бензине с тяжелым фракционным составом влечёт за собой увеличение расхода топлива до 70 % и повышает износ двигателя на 30–40 %.

Использование в транспортных средствах несоответствующих сортов масел приводит к перерасходу как самих масел, так и топлива. Например, моторное масло, обладающее высокой вязкостью, обуславливает перерасход топлива, а с низкой вязкостью – перерасход самого масла. Если у пластичной смазки недостаточная температура каплепадения, то возможно ее вытекание из узлов трения, что влечёт за собой не только расход смазки, но и возможный их износ и разрушение.

Не рекомендуется применение топлива и масел, которые не соответствуют климатическим условиям эксплуатации транспортных средств. Например, при работе в условиях зимы грузового транспортного средства, заправленного летними сортами ТСМ, расход топлива при движении за чертой города по дороге с твердым покрытием выше на 3–6 %; при движении в городских условиях – выше на 8–12 % по сравнению с транспортным средством, заправленным ТСМ, соответствующими зимнему сезону.

**3. Техническое состояние узлов и агрегатов автомобиля и точность регулирования.** Показатель износа деталей автомобиля напрямую влияет на расход ТСМ. Однако необходимо учитывать, что наибольший расход ТСМ обычно происходит не при износе основных механизмов, а при их неправильной регулировке. Например, износ цилиндропоршневой группы до такого состояния, когда из маслониливной горловины и са-

пуна начинают интенсивно выходить газы, сопровождается увеличением расхода топлива на 10–12 %, а нарушение регулировок основных механизмов – на 20–25 %. По статистике на увеличение расхода топлива больше всего влияет неправильное регулирование тормозных механизмов, систем питания и зажигания, а также неправильные углы установки колес.

В то же время увеличение скорости прорыва газа в картерное пространство двигателя с 15–25 л/мин (соответствует новому двигателю) до 60–100 л/мин (соответствует изношенному двигателю) увеличивает расход моторного масла в 2–2,5 раза.

В табл. 5.1 представлено влияние некоторых неисправностей деталей и узлов автомобиля на расход ТСМ (топлива и масла).

*Таблица 5.1*

**Влияние неисправностей деталей и узлов автомобиля на расход ТСМ  
(топлива и масла)**

Неисправность	Увеличение расхода ТСМ, %	
	Топливо	Масло
Неправильная регулировка тормозных механизмов ступиц колес	10–20	30–50
Неправильная установка углов колёс	5–10	10–15
Пониженное давление воздуха во всех шинах на 0,05 МПа	4–5	4–5
Нарушение регулировки клапанов	5–8	15–20
Засорение воздушного фильтра	4–5	15–29
Засорение системы вентиляции картера двигателя	–	150–200
Не работает одна свеча зажигания в двигателе:		
8-цилиндровом	15–18	–
6-цилиндровом	25	–
Неисправна одна форсунка	25–39	–
Уменьшен в 2 раза зазор между электродами свечей зажигания	10–15	–

**4. Мастерство и умение водителя.** Мастерство водителя автотранспортного средства выражается прежде всего в умении адекватно оценить дорожные условия, использовать экономичные режимы работы двигателя и движение автомобиля накатом, переключать передачи в нужный момент и т. д.

В зависимости от мастерства и умения водителя расход топлива может изменяться до 20–25 %. Так, например, многократное использование тормоза увеличивает расход топлива из-за того, что каждый раз приходится форсировать двигатель для разгона, при этом данный режим характеризуется повышенным расходом топлива, в связи с чем, предпочтителен режим установившегося равномерного движения. Также для экономии ТСМ водителю необходимо поддерживать нормальный тепловой режим работы двигателя, так как его перегрев и переохлаждение ведут к перерасходу топлива.

Движение транспортного средства на высоких скоростях влечет повышенный расход топлива из-за значительного сопротивления воздуха, пропорционально увеличению скорости движения автомобиля. Таким образом, для увеличения силы тяги необходимо получить большую тепловую энергию, а следовательно, потратить дополнительное топливо. При большой скорости пустой багажник, установленный на крыше легкового автомобиля, ведет к увеличению расхода топлива на 3–4 %. При заполнении багажника грузом расход топлива увеличивается. При езде на автомобиле с открытыми окнами расход топлива увеличивается еще больше.

**5. Экономия топлива при транспортировке и хранении.** Легкое топливо двигателей обычно быстро испаряется и обладает большой текучестью. Так, например, летом из открытой бочки с бензином только за 1 ч испаряется до 1 кг топлива. Через открытую горловину резервуара с бензином за 24 ч может испариться более 100 кг топлива. Бензин обладает свойством проникать через самые незначительные неплотности, через

которые другие жидкости не проходят. Так образуется так называемое «потение». В свою очередь, этого можно не увидеть, так как бензин имеет свойство тут же испаряться. Например, через 1 м потеющего шва за сутки теряется до 2 л бензина. Потери из-за подтекания ТСМ в виде капель со скоростью одна капля в секунду за сутки составят 4,5 л. Кроме того, следует учитывать, что при испарении топлива теряются наиболее ценные легкие фракции нефти.

При перевозке и хранении ТСМ емкость должна быть чистой, не разрешается применять без промывки емкости, использованные ранее для хранения других сортов нефтепродуктов. При наполнении емкости шланг должен быть опущен ниже поверхности уровня топлива, это необходимо для уменьшения контакта топлива с воздухом и его испарения. При хранении топлива в бочках не рекомендуется заполнять их максимально под пробку, так как бензин при повышении температуры будет просачиваться по резьбе пробки.

При хранении бензина нужно учитывать, что при соблюдении всех правил он может храниться до 5 лет, дизельное топливо – до 6 лет, масла всех видов – до 5 лет, пластичные смазки – от 1,5 до 3 лет.

Испарение топлива из емкостей, заполненных наполовину, в 5–6 раз интенсивнее, чем в заполненных полностью, также в полузаполненных емкостях интенсивнее протекает процесс смолообразования. Незаглубленные емкости окрашиваются в светлые тона для того, чтобы уменьшить поглощение ими солнечной энергии и нагрев топлива, так как смолообразование с повышением температуры на 10 °С увеличивается в 2,4–2,8 раза. Для уменьшения испарений и смолообразований топлив резервуары и емкости необходимо заглублять под землю, что защитит их от попадания солнечных лучей и, соответственно, нагрева. Также при наполнении и опустошении резервуара с бензином на каждую тонну теряется 5–7 кг. Для обеспечения чистоты топлива требуется систематически удалять отстой из отложений

из резервуара и примерно один раз в год его очищать. Использование для ТСМ неспециализированных емкостей, таких как ведра, лейки, ручные со-лидолонагнетатели, увеличивает потери ТСМ в 12–20 раз.

**6. Экономия моторных масел.** Причины, влияющие на расход мас-ла, идентичны причинам, влияющим на расход топлива. Нормы расхода моторного масла обычно прямо зависят от норм расхода топлива. Также необходимо учитывать, что низкая вязкость моторного масла ведет к уве-личению его расхода из-за того, что оно в большем количестве попадает в камеру сгорания и вытекает через неплотности двигателя. На расход мо-торного масла также оказывает влияние износ поршневых колец, поршней и цилиндров двигателя. Из-за износа цилиндропоршневой группы расход моторного масла может увеличиться более чем в два раза. Расход мотор-ного масла также повышается при неисправной системе вентиляции кар-тера, перегреве и переохлаждении двигателя. Повышенный расход мотор-ного масла наблюдается и при неисправных уплотнениях двигателя.

## **5.2. ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ТОПЛИВНО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ РАСХОД**

Качественные показатели автомобильных топлив и масел взаимно влияют на обоюдный расход. Например, при тяжелом фракционном со-ставе топливо будет проникать в больших количествах в масляный картер, что скажется на состоянии моторного масла и преждевременно приведет его в негодность. Также использование несоответствующих трансмисси-онных и моторных масел приводит к увеличению расхода не только самих масел, но и топлива. Так, например, использование ТСМ требуемого каче-ства позволит увеличить моторесурс автомобиля на 10–15 % и снизить за-траты на техническое обслуживание на 15–20 %. Влияние отдельных по-казателей качества топлив на их расход показан в табл. 5.2 и 5.3.



Таблица 5.2

**Влияние качества бензина на его расход**

Изменение показателя качества	Влияние на работу двигателя	Возможное повышение расхода бензина, %
Уменьшение октанового числа	Снижение мощности и экономичности работы, повышение износа деталей двигателя	5–10
Утяжеление фракционного состава	Затруднение пуска двигателя, замедление его прогрева, повышение износа цилиндропоршневой группы	5–8
Облегчение фракционного состава	Образование паровых пробок	2–3
Увеличение содержания фактических смол	Образование нагара и других отложений на деталях, ускорение процесса смолообразования, потеря мощности двигателя	4–10
Увеличение содержания серы	Коррозионное воздействие, появление нагара и повышение износа деталей двигателя	До 10

Таблица 5.3

**Влияние качества дизельного топлива на его расход**

Изменение показателя качества	Влияние на работу двигателя	Возможное повышение расхода топлива, %
Уменьшение цетанового числа	Затруднение пуска, повышение жесткости работы двигателя	5–10
Утяжеление фракционного состава	Затруднение пуска двигателя, повышение износа топливной аппаратуры, ухудшение смесеобразования и процесса сгорания, ухудшение экономичности работы, повышение дымности отработавших газов	2–5
Увеличение содержания серы	Коррозионное воздействие на детали, нагарообразование, повышение износа топливной аппаратуры и цилиндров двигателя	10–15

Изменение показателя качества	Влияние на работу двигателя	Возможное повышение расхода топлива, %
Увеличение вязкости	Ухудшение распыления и испаряемости, смесеобразования, увеличение дымности отработавших газов	До 15
Повышение температуры помутнения и застывания	Ухудшение прокачиваемости и фильтруемости топлива, а также замедление прогрева двигателя	10–15
Увеличение содержания фактических смол	Закоксовывание форсунок, повышение нагарообразования и износа топливной аппаратуры двигателя	5–10

Пластичные смазки, несоответствующие нормам, которые имеют недостаточные пределы прочности, вязкость и низкую температуру каплепадения, расходуются в больших количествах. Они могут легко плавиться и вытекать из узлов трения. Масла или смазки, не обладающие необходимыми для работы в данных условиях свойствами, быстрее становятся непригодными для дальнейшей эксплуатации, таким образом, их чаще приходится заменять.

### 5.3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

#### ПРИ РАБОТЕ С ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Все емкости, резервуары и сооружения для хранения топлива и смазочных материалов должны размещаться с соблюдением экологических и противопожарных норм. Так, например, известно, что при трении нефтяного топлива о резину и металлы возникают заряды статического напряжения. Данный факт представляет большую опасность, так как является одной из причин возникновения пожаров. При появлении в топливе статиче-

ского напряжения наэлектризованные частицы топлива отдают свои заряды резервуару. Если резервуар не заземлен, то на его поверхности может скапливаться статическое электричество напряжением в несколько десятков тысяч вольт. Так, при напряжении 400–600 В возникает разряд, искра которого способна воспламенить смесь паров топлива с воздухом.

Для обеспечения безопасности от разрядов статического электричества всю металлическую аппаратуру, топливопроводы, насосы, сливные устройства для хранения и транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей необходимо заземлять.

Также следует помнить, что вдыхать пары, прикасаться руками к ТСМ вредно для здоровья человека. Наибольшую опасность пары топлива представляют в замкнутых помещениях, так как в окружающем воздухе может накопиться их смертельно опасная для человека концентрация. В связи с чем в таких помещениях (раздаточные и насосные станции) оборудуют приточно-вытяжные вентиляции. Длительное воздействие ТСМ на организм человека может вызвать хронические заболевания. Особую опасность для кожи представляет попадание топлива под давлением.

Ремонт резервуаров из-под топлив разрешается только после полного их освобождения, тщательной очистки (пропарки, промывки), отсоединения от резервуаров всех трубопроводов, открытия всех люков, отбора пробы воздуха и анализа ее для определения взрывобезопасности и безвредности для работников. Время пребывания человека в резервуарах и цистернах не должно превышать 15 мин, при этом температура внутри цистерны должна быть не более 35 °С. Для выполнения работ внутри цистерны для хранения топлива работнику необходимо иметь индивидуальные средства защиты и спасательный пояс с веревкой. У колпака цистерны должен находиться второй рабочий для поддержания постоянной связи с работающим внутри цистерны.

При разливе ТСМ на территории предприятия место разлива следует засыпать песком или опилками, а затем убрать.

При переливании топлива из одной емкости в другую необходимо пользоваться специальными насосами. Запрещено засасывать топливо ртом.

При работе с тормозной и низкозамерзающими жидкостями, содержащими этиленгликоль, следует соблюдать осторожность. Находящиеся в составе этих жидкостей компоненты являются сильнодействующими ядами и при попадании внутрь могут вызвать расстройства здоровья вплоть до летального исхода. При их попадании на кожу необходимо промыть пораженное место водой с мылом. При попадании внутрь следует немедленно обратиться за медицинской помощью.

Для изготовления электролита аккумуляторных батарей используют концентрированную серную кислоту. Попадая на кожу, кислота может вызвать химические ожоги. Сама кислота должна содержаться в стеклянной таре. При приготовлении электролита кислоту следует наливать в воду, а не наоборот, в противном случае из-за меньшей плотности воды она останется на поверхности кислоты, а из-за того, что реакция проходит с активным выделением теплоты, возможно образование брызг кислоты, которые могут попасть на человека.

Помещения для выполнения малярных работ должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию, при этом вентиляторы вытяжных систем должны быть взрывобезопасными. Помещение, где производится изготовление лакокрасочных материалов, должно быть изолированным и иметь оконные проемы. В данных помещениях запрещается курить, производить сварочные работы и применять открытое пламя. Хранить лакокрасочные материалы в производственных помещениях не разрешается.

Техника безопасности запрещает применять бензол и метанол в качестве растворителей из-за их токсичности.

Ветошь, пропитанная маслами и лакокрасочными материалами на основе масел, способна к самовоспламенению, поэтому после использования ее следует своевременно убирать.

## 5.4. ТОКСИЧНОСТЬ И ОГНЕСТОЙКОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

На складах топливных и смазочных материалов и в рабочих зонах существует вероятность того, что работник может пострадать от воздействия опасных и вредных производственных факторов, к которым можно отнести:

- повышенную запыленность и загазованность воздуха;
- повышенную или пониженную температуру окружающей среды;
- повышенную или пониженную влажность;
- подвижность воздуха;
- повышенное напряжение электрической цепи;
- возможность короткого замыкания;
- повышенный уровень статического электричества и электромагнитных излучений;
- отсутствие или недостаток освещения;
- попадание ТСМ и спецжидкостей на открытые участки тела.

ТСМ и другие специальные жидкости при попадании в организм человека через различные органы, например через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, могут вызывать токсичное, раздражающее, сенсibiliзирующее, канцерогенное и мутагенное действие, а также оказывать вредное влияние на репродуктивные функции.

Большинство ТСМ и спецжидкостей пожаро- и взрывоопасны (табл. 5.4, 5.5). При оценке пожаро- и взрывоопасности ТСМ, спецжидкостей и растворителей, применяемых на автомобильном транспорте, используют следующие показатели: температуры вспышки и самовоспламенения, верхний и нижний концентрационные пределы, нижний и верхний пределы взрываемости, температурный предел воспламенения.

Таблица 5.4

**Классы пожаро- и взрывоопасности некоторых нефтепродуктов**

Класс	Температура вспышки, °С	Нефтепродукты
<b>Легковоспламеняющиеся жидкости</b>		
I	До 28	Бензин
II	28–45	Керосин
<b>Горючие жидкости</b>		
III	45–120	Дизельные топлива, мазут
IV	Выше 120	Масла, смазки

Таблица 5.5

**Значение показателей пожаро- и взрывоопасности некоторых нефтепродуктов**

Нефтепродукт	Температура самовоспламенения паров в воздухе, °С	Температура взрываемости паров в воздухе, °С		Относительная концентрация взрывааемых паров в воздухе, %	
		Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел
Бензины автомобильные	255–300	–7	–39 –37	5,2	0,75
Дизельное топливо	240	119	69	–	0,52
Масла автомобильные	340	193	154	–	–
Этиленгликоль	380	124	112	6,35	3,8
Пары сжиженных газов	–	–	–	2	9,5

Температура вспышки – это наименьшая температура вещества, при которой над его поверхностью происходит образование паров или газов, способных вспыхивать в воздухе от источника зажигания.

Температура самовоспламенения – наименьшая температура, при которой начинается горение вещества при соприкосновении его с воздухом при отсутствии источника зажигания.

Верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения газов в воздухе – значения граничных концентраций области воспламенения. Значения данных пределов используют для расчета предельно допустимой взрывобезопасной концентрации паров и газов в воздухе при осуществлении работы с применением огня или искрообразующего инструмента.

Нижний предел взрываемости – минимальная концентрация газа и пара в воздухе, при которой возможен взрыв.

Верхний предел взрываемости – концентрация газа и пара в воздухе, выше которой взрыва не происходит.

Температурный предел воспламенения – температуры вещества, при которых его насыщенные пары образуют концентрации, соответствующие концентрационным пределам воспламенения.

Из представленных в таблицах данных видно, что практически все ТСМ могут оказывать значительный вред здоровью человека, поэтому пренебрегать мерами безопасности при работе с топливно-смазочными материалами не допустимо.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие факторы влияют на расход ТСМ автотранспорта?
2. Как техническое состояние автомобиля влияет на расход ТСМ и качество регулировки?
3. Как мастерство водителя автомобиля влияет на расход ТСМ?
4. Что может влиять на расход моторных масел?
5. Как качество ТСМ влияет на их расход?
6. Как проконтролировать качество бензина?
7. Как проконтролировать качество масла?
8. Как проконтролировать качество пластичных смазок?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее учебное пособие посвящено основным эксплуатационным материалам, применяемым для обслуживания и ремонта автомобилей и автомобильной техники. Оно написано для студентов вузов, которые в дальнейшем смогут работать в подразделениях крупных станций технического обслуживания автомобилей или будут непосредственно возглавлять подразделения по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей и автомобильной техники. Содержание пособия ориентировано прежде всего на обучающихся по укрупненной группе специальностей 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта» и получивших техническое образование.

Знакомство с эксплуатационными материалами начинается с определения понятия и изучения классификации этого типа материалов и исходного сырья для производства, чтобы в дальнейшем четко представлять основы применения того или иного вида эксплуатационных материалов, топлива и смазочных материалов при обслуживании и ремонте техники.

Современный специалист в области эксплуатации транспортных средств должен в полной мере владеть информацией о топливе, применяемом для транспортных машин, моторных маслах, трансмиссионных и гидравлических маслах, пластичных (консистентных) смазках, а также о рациональном применении эксплуатационных материалов на транспорте.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаевик, Д. Т. Как сэкономить топливо и смазку на автомобиле? / Д. Т. Гаевик. – Москва : Машиностроение, 1993. – 32 с. – ISBN 5-217-02093-8.
2. Гаевик, Д. Т. Справочник смазчика / Д. Т. Гаевик. – Москва : Машиностроение, 1990. – 350 с. – ISBN 5-217-00832-6.
3. Данилов, А. М. Присадки и добавки : Улучшение экологических характеристик нефтяных топлив / А. М. Данилов. – Москва : Химия, 1996. – 230 с. – ISBN 5-7245-1099-5.
4. Использование зарубежных функциональных присадок (пакетов присадок) в моторных маслах российского производства / В. Н. Бауман, Л. В. Боренко, В. А. Золотое, Р. В. Бартко // Двигателестроение. – 2002. – № 3. – С. 43–45.
5. Криницкий, Е. Природный газ – перспективное и реальное моторное топливо / Е. Криницкий // Автомобильный транспорт. – 2000. – № 3. – С. 24.
6. Малышева, Г. В. Клеи для конвейерной сборки автотранспортных средств / Г. В. Малышева, В. А. Верещагин // Автомобильная промышленность. – 2001. – № 8. – С. 29–31.
7. Моторные масла. Производство. Свойства. Классификация. Применение / Р. Балтенас, А. С. Сафонов, А. И. Ушаков, В. Шергалис. – Москва : Альфа-Лаборатория, 2000. – 272 с.
8. Окисляемость и стабилизация экологически чистого дизельного топлива / Т. В. Попова, Т. П. Вишнякова, В. В. Юрченко, В. И. Фролов // Химия и технология топлив и масел. – 1995. – № 3. – С. 18–21.
9. Покровский, Г. П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости : учеб. для вузов по спец. «Двигатели внутреннего сгорания» и «Автомобили и тракторы» / Г. П. Покровский. – Москва : Машиностроение, 1985. – 196 с.

10. Топлива и специальные жидкости // Российская автотранспортная энциклопедия : справ. и науч.-практ. пособие. Т. 3; Вып. 2: Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств / Моск. гос. автомоб.-дор. ин-т (техн. ун-т) ; Междунар. ассоциация автомоб. и дор. образования (МАДО) ; гл. науч. рук. В. Н. Луканинг ; гл. науч. ред. Е. С. Кузнецов. – Москва : Просвещение, 2001. – С. 90–104.

11. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости : Ассортимент и применение : справ. / И. Г. Анисимов, К. М. Бадыштова, С. А. Бнатов [и др.] ; под ред. В. М. Школьников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Техинформ, 1999. – 596 с. – ISBN 5-89551-006-X.

12. Топлива. Производство, применение, свойства : справ. / ред. Б. Элверс ; пер. с англ. ; под ред. Т. Н. Митусовой. – Санкт-Петербург : Профессия, 2012. – 415 с. – ISBN 978-5-91884-037-5.

13. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учеб. пособие / В. В. Остриков, А. И. Петрашев, С. Н. Сазонов [и др.] ; под ред. В. В. Острикова. – Москва : Инфра-Инженерия, 2019. – 242 с. – ISBN 978-5-9729-0321-4.

14. Улучшение качества автомобильных бензинов и дизельных топлив / В. С. Азев, С. Р. Лебедев, Т. Н. Мшпусова, В. Е. Емельянов // Химия и технология топлив и масел. – 1998. – № 5. – С. 5–8.