

***ПРОИЗВОДСТВО И
ПРИМЕНЕНИЕ
(ХИММОТОЛОГИЯ)
ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ***

Технические жидкости наряду с топливами и смазочными материалами являются важнейшими элементами обеспечения работоспособности машин и механизмов. Назначение технических жидкостей весьма разнообразно – передача усилий в гидравлических системах, охлаждение двигателей, промывка различных систем и механизмов, обеспечение запуска двигателей при низких температурах и т.д.

К техническим жидкостям относят:

- жидкости для гидравлических систем (гидравлические масла);
 - амортизаторные жидкости;
 - масла для гидромеханических передач;
 - масла для автоматических трансмиссий;
 - жидкости для гидравлических тормозных систем (тормозные жидкости);
 - охлаждающие жидкости для циркуляционных систем охлаждения двигателей внутреннего сгорания (антифризы);
- жидкости для промывки систем смазки тепловых двигателей;
 - стеклоомывающие жидкости;
 - консервационные составы;
 - моющие вещества (автошампуни);
 - средства автокосметики;
- и др.

1. Жидкости для гидравлических систем (гидравлические масла)

– смазочные масла, являющиеся рабочим жидким элементом всех объемных гидроприводов и гидродинамических передач, гидромеханизмов и гидросистем, позволяющих осуществить передачу механической энергии от её источника к удаленному механизму, обеспечивающему необходимую полезную работу.

В современных машинах и механизмах широко используются гидравлические устройства передачи мощности. Чаще всего их используют для привода различных систем управления и всевозможных вспомогательных устройств. Вместе с тем, в некоторых машинах гидравлическим приводом оборудованы основные рабочие органы. К ним относятся прессы, автомобили, оборудованные гидравлическими автоматическими коробками передач, различные подъемники, лифты, строительная и дорожная техника.

Такое широкое распространение гидравлических систем объясняется тем, что по сравнению с механическими, пневматическими и электрическими системами они имеют ряд преимуществ: плавность и равномерность передачи усилия; отсутствие запаздывания (вследствие практической несжимаемости жидкости); простота конструкций, монтажа и обслуживания; высокий коэффициент полезного действия ($0,90 \div 0,95$), обусловленный незначительными потерями мощности на трение.

Все гидравлические системы состоят из трех основных частей:

- 1) Силовая часть – состоит из насосов и приводных устройств, являющихся источником энергии (давления), сообщаемой жидкости;
- 2) Распределительная часть – состоит из трубопроводов, клапанов, кранов и обеспечивает подвод жидкости к исполнительным механизмам;
- 3) Рабочая часть – состоит из цилиндров поступательно-возвратного перемещения, обеспечивающих превращение энергии давления в механическую работу.

Гидравлические системы машин и механизмов можно разделить на три основные группы:

1. Системы, предназначенные для передачи усилий на расстояние, увеличение или уменьшение передаваемых усилий на исполнительные устройства. К ним относятся системы управления подвижной техники (рулевые, тормозные), системы привода навесного оборудования строительной, дорожной и сельскохозяйственной техники.

2. Системы поглощения ударных нагрузок и колебаний, возникающих при работе машин и механизмов. К ним относятся гидравлические амортизаторы, устанавливаемые на подвижной технике для преобразования энергии ударов и колебаний в тепловую энергию. Аналогичные устройства устанавливаются также на артиллерийских орудиях, в шахтах лифтов (для поглощения энергии ударов при возможном падении лифтов) и т.д.

3. Системы для автоматической бесступенчатой передачи и трансформации усилий, передаваемых от двигателя к трансмиссиям подвижной техники. К ним относятся различные гидромуфты и гидротрансформаторы, гидравлические автоматические коробки передач и т.д.

Несмотря на столь широкое разнообразие систем, основная функция гидравлической жидкости во всех случаях неизменна: внешнее давление через замкнутую в системе жидкость передается по всем направлениям, не изменяя величины, воспринимается исполнительными устройствами и приводит их в действие. При этом, за счет различных конструкций и размеров этих устройств, возможно широкое варьирование значений и направления передаваемых усилий.

Требования к качеству гидравлических жидкостей:

Жидкости для гидросистем должны:

1. Иметь оптимальный уровень вязкости и хорошие вязкостно-температурные свойства в широком диапазоне температур, т.е. высокий индекс вязкости.

Максимальный уровень вязкости жидкости определяется способностью насоса ее прокачивать. Помимо мощности насоса, диаметра и протяженности трубопроводов, очень большое значение имеет возможная минимальная температура окружающей среды, при которой начинается работа системы, поскольку почти у всех жидкостей с понижением температуры вязкость возрастает многократно. Минимальный уровень вязкости жидкости определяется возможностью ее утечек через уплотнение. Кроме того, при пониженной вязкости возрастает износ трущихся деталей систем.

2. Иметь высокий антиокислительный потенциал, термическую и химическую стабильность.

В процесс работы систем жидкость постоянно находится под воздействием высоких температур, интенсивного перемешивания и прокачки с воздухом. При этом жидкости окисляются, изменяется их вязкость, продукты окисления образуют в системе осадки и отложения, затрудняющие ее работу.

3. Быть инертными по отношению ко всем конструкционным элементам системы и одновременно защищать металлические детали от коррозии при попадании в систему воды.

4. Хорошо фильтроваться через материалы, применяемые для этой цели в широком интервале температур.

В противном случае резко падает КПД системы.

5. Обладать хорошими деаэрирующими, деэмульгирующими и противопенными свойствами,

т.е. способностью выделять воздух и не вспениваться при интенсивной перекачке. В противном случае нарушается принцип несжимаемости жидкости и падает мощность системы.

6. Обладать хорошими противоизносными свойствами.

Износ трущихся деталей системы неизбежно приведет к росту потерь жидкости (утечек) и падению мощности системы.

7. Иметь температуру застывания (кристаллизации) значительно ниже возможной температуры окружающей среды, при которой начинается работа системы.

Переход в твердое состояние сделает работу системы невозможной. Выпадение даже небольшого количества кристаллов приведет к забиванию фильтров вплоть до отказа системы.

8. Не выделять даже небольшое количество газообразных веществ при максимально возможной температуре в системе.

В противном случае газообразные продукты также нарушат принцип несжимаемости жидкости.

Гидравлические жидкости

```
graph TD; A[Гидравлические жидкости] --> B[Нефтяные (гидравлические масла)]; A --> C[Синтетические и полусинтетические]; A --> D[Водно-гликолевые]; B --> E[Производятся на основе очищенных базовых масел из ординарных или особых нефтей с добавлением присадок.]; C --> F[Производятся на основе полигликолей, поли-α-олефинов, сложных эфиров, органосилоксанов, эфиров фосфорной кислоты. Имеют высокую термическую и химическую стабильность, хорошие вязкостно-температурные свойства. Намного дороже нефтяных масел.]; D --> G[Производятся на основе гликолей. Имеют низкие температуры застывания, дешевы и доступны. Обладают плохой смазочной способностью и низким верхним температурным пределом работоспособности.];
```

Нефтяные (гидравлические масла)

Производятся на основе очищенных базовых масел из ординарных или особых нефтей с добавлением присадок.

Синтетические и полусинтетические

Производятся на основе полигликолей, поли- α -олефинов, сложных эфиров, органосилоксанов, эфиров фосфорной кислоты. Имеют высокую термическую и химическую стабильность, хорошие вязкостно-температурные свойства. Намного дороже нефтяных масел.

Водно-гликолевые

Производятся на основе гликолей. Имеют низкие температуры застывания, дешевы и доступны. Обладают плохой смазочной способностью и низким верхним температурным пределом работоспособности.

Классификация нефтяных гидравлических жидкостей (масел)

Принятая во всем мире классификация нефтяных гидравлических жидкостей (масел) основана на их кинематической вязкости при 40°C и связана с наличием в них присадок, улучшающих и обеспечивающих необходимый уровень их эксплуатационных свойств.

В соответствии с ГОСТ 17479.3-85 («Масла гидравлические. Классификация и обозначение») обозначение отечественных гидравлических масел состоит из групп знаков, первая из которых обозначается буквами «МГ» (минеральное гидравлическое), вторая – цифрами и характеризует класс кинематической вязкости, третья – буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам.

По ГОСТ 17479.3-85 (аналогично международному стандарту ISO 6074/4-82) гидравлические масла по значению кинематической вязкости при 40°C делятся на 10 классов:

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

В зависимости от эксплуатационных свойств и состава (наличия соответствующих функциональных присадок) гидравлические масла по ГОСТ 17479.3-85 делятся на группы А, Б и В:

Группа А (группа НН по ISO)

– нефтяные масла без присадок, применяемые в малонагруженных гидросистемах с шестеренными или поршневыми насосами, работающими под давлением до 15 МПа и максимальной температурой масла в объеме до 80°C.

Группа Б (группа НL по ISO)

– масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками. Предназначены для средненапряженных гидросистем с различными насосами, работающими при давлениях до 25 МПа и температуре масла в объеме свыше 80°C.

Группа В (группа НМ по ISO)

– хорошо очищенные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками. Предназначены для гидросистем, работающих при давлении до 35 МПа и температуре масла в объеме свыше 90°C (но не выше температуры их вспышки).

В масла всех указанных групп могут быть введены загущающие (вязкостные) и антипенные присадки.

Группа НV по ISO

– загущенные вязкостными полимерными присадками гидравлические масла.

По вязкостным свойствам гидравлические масла условно делятся на следующие:

маловязкие – классы вязкости с 5 по 15;

средневязкие – классы вязкости с 22 по 32;

вязкие – классы вязкости с 46 по 150.

Ассортимент вырабатываемых промышленностью гидравлических масел

Обозначение масла по ГОСТ 17479.3-85	Товарное наименование (марка) масла	Обозначение масла по ГОСТ 17479.3-85	Товарное наименование (марка) масла
МГ-5-Б	МГЕ-4А, ЛЗ-МГ-2	МГ-22-В	Масло марки Р, ГТ-50
МГ-7-Б	МГ-7-Б (ранее РМ)	МГ-32-А	ЭШ
МГ-10-Б	МГ-10-Б (ранее РМЦ)	МГ-32-В	Масло марки А, МГТ
МГ-15-Б	АМГ-10Б (до 2000г. выработки)	МГ-46-В	МГЕ-46 В
МГ-15-В	МГЕ-10А, ВМГЗ, Раунд-ВМГЗ, АМГ-10	МГ-68-В	МГ-8А (М8-А), МГЕ-68В
МГ-22-А	Масло веретенное АУ	МГ-100-Б	ГЖД-14 с
МГ-22-Б	АУП		

Маловязкие гидравлические масла

Масло гидравлическое МГЕ-4А (ОСТ 38 01281-82) — глубокоочищенная легкая фракция, получаемая гидрокрекингом из смеси парафинистых нефтей, загущенная вязкостной присадкой. Содержит ингибиторы окисления и коррозии. Обладает исключительно хорошими низкотемпературными свойствами.

Масло МГЕ-10А (ОСТ 38 01281-82) — глубокодеароматизированная низкозастывающая фракция, получаемая из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых нефтей. Содержит загущающую, антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки. Масло предназначено для работы в диапазоне температур от $-(60\div 65)$ до $+(70\div 75)^{\circ}\text{C}$.

Масло АМГ-10 (ГОСТ 6794-75) — для гидросистем авиационной и наземной техники, работающей в интервале температур окружающей сред от -60 до $+55^{\circ}\text{C}$. Вырабатывается на основе глубокодеароматизированной низкозастывающей фракции, получаемой из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых нефтей и состоящей из нафтеновых и изопарафиновых углеводородов. Содержит загущающую и антиокислительную присадки, а также специальный отличительный органический краситель.

Масло ЛЗ-МГ-2 (ТУ 38.101328-81) получают вторичной перегонкой очищенной керосиновой фракции из нефтей нафтенового основания. Содержит загущающую и антиокислительную присадки. Благодаря отличным низкотемпературным характеристикам используется в гидросистемах, обеспечивает быстрый запуск техники и работу при температуре до $-60\div 65^{\circ}\text{C}$.

Масло РМ, РМЦ (ГОСТ 15819-85) — дистиллятные масла, получаемые из нафтеновых нефтей, обладают улучшенными смазывающими свойствами. Применяются в автономных гидроприводах специального назначения, эксплуатируемых при температуре окружающей среды от -40 до $+55^{\circ}\text{C}$.

Масло МГ-7-Б (ТУ 38.401-58-101-92) — дистиллятное масло из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых сернистых нефтей, получаемое при вакуумной разгонке основы АМГ-10 и содержащее антиокислительную присадку.

Масло МГ-10-Б (ТУ 38.401-58-101-92) — дистиллятное масло из продуктов гидрокрекинга смеси парафинистых сернистых нефтей, получаемое из узкой фракции основы АМГ-10. Содержит вязкостную и антиокислительную присадки.

Масло МГ-7-Б и Масло МГ-10-Б применяются в качестве низkozастывающих рабочих жидкостей и как заменители масел РМ и РМЦ.

Масло гидравлическое ВМГЗ (ТУ 38.101479-86) — маловязкая низkozастывающая минеральная основа, вырабатываемая посредством гидрокаталического процесса, загущенная полиметакрилатной присадкой. Содержит присадки: противоизносную, антиокислительную, антипенную. Масло предназначено для систем гидропривода и гидроуправления строительных, дорожных, лесозаготовительных, подъемно-транспортных и других машин, работающих на открытом воздухе при температурах в рабочем объеме масла от -40 до $+50$ °С в зависимости от типа гидронасоса. Для северных регионов рекомендуется как всесезонное, а для средней географической зоны — как зимнее.

Средневязкие гидравлические масла

Масло веретенное АУ (ТУ 38.1011232-89) получают из малосернистых и сернистых парафинистых нефтей с использованием процессов глубокой селективной очистки фенолом и глубокой депарафинизацией. Содержит антиокислительную присадку. Масло обеспечивает работу гидроприводов в диапазоне температур от $-(30\div 35)$ до $+(90\div 100)$ °С.

Масло гидравлическое АУП (ТУ 38.1011258-89) получают добавлением в веретенное масло АУ антиокислительной и антикоррозионной присадок. Предназначено для гидрообъемных передач наземной и морской специальной техники. Работоспособно при температуре окружающей среды от -40 до $+80$ °С. Благодаря наличию антикоррозионной присадки масло надежно предохраняет от коррозии (в том числе во влажной среде) черные и цветные металлы.

Масло ЭШ для гидросистем высоконагруженных механизмов (ГОСТ 10363-78) представляет собой средневязкий дистиллят, в который после глубокой селективной очистки и глубокой депарафинизации вводят полимерную загущающую и депрессорную присадки. Масло предназначено для гидросистем управления высоконагруженных механизмов (шагающих экскаваторов и других аналогичных машин). Работоспособно в интервале температур от -40 до $+(80\div 100)$ °С.

Масло ГТ-50 для гидродинамических передач тепловозов (ТУ 0253-011-39247202-96) — маловязкое минеральное масло глубокой селективной очистки, содержащее композицию присадок, улучшающих антиокислительные, противоизносные, антикоррозионные и антипенные свойства. Применяется для смазывания турбoredуктора гидropередачи дизель-поездов. Масло обладает хорошей смазочной способностью, высокой термоокислительной стабильностью и стабильностью вязкости.

Масло «Ангрол МГ-32АС» (ТУ 0253-277-05742746-94) вырабатывают на базе гидрированного полимеризата с вязкостью $6,2$ мм²/с при 100 °С с добавлением полимерной (загущающей и депрессорной), антиокислительной, противоизносной, диспергирующей и антипенной присадок. Требования по нормам показателей физико-химических и эксплуатационных свойств практически идентичны требованиям ГОСТ 10363-78 на масло ЭШ аналогичного назначения. В сравнении с маслом ЭШ масло «Ангрол МГ-32АС» обладает более низкой температурой застывания и более высоким потенциалом антиокислительных и противоизносных свойств. Масло разработано для гидросистем шагающих экскаваторов, эксплуатируемых в районах Восточной Сибири.

Вязкие гидравлические масла

Масло МГЕ-46В (ТУ 38 001347-83) для гидрообъемных передач вырабатывают на базе индустриальных масел с антиокислительной, противоизносной, депрессорной и антипенной присадками. Масло обладает высокой стабильностью эксплуатационных (вязкостных, противоизносных, антиокислительных) свойств, не агрессивно по отношению к материалам, применяемым в гидроприводе. Предназначено для гидравлических систем (гидростатического привода) сельскохозяйственной и другой техники, работающей при давлении до 35 МПа с кратковременным повышением до 42 МПа. Работоспособно в диапазоне температур от -10 до $+80$ °С. Ресурс работы в гидроприводах с аксиально-поршневыми машинами достигает 2500 ч.

Масло МГ-8А (ТУ 38.1011135-87) представляет собой смесь дистиллятного и остаточного компонентов с добавлением депрессорной, антипенной и многокомпонентной (улучшающей антиокислительные, антикоррозионные и диспергирующие характеристики) присадок. Обладает достаточно высоким уровнем противоизносных свойств. Применяют в гидравлических системах навесного оборудования и рулевого управления тракторов, самоходных сельскохозяйственных машин и самосвальных автомобилей. Раннее масло такого состава выпускали по ГОСТ 10541-78 под маркой моторного масла М-8А для карбюраторных двигателей.

Гидравлическая жидкость ГЖД-14с (ТУ 38.101252-78) — смесь глубокоочищенных остаточного и дистиллятного компонентов из сернистых нефтей. Для улучшения эксплуатационных свойств в масло вводят антиокислительную, антикоррозионную и антипенную присадки. Применяют в основных гидравлических системах винтов регулируемого шага судов.

Синтетические и полусинтетические гидравлические масла

Масла 132-10 и 132-10Д (ГОСТ 18613-88) — полусинтетические гидравлические жидкости желтого цвета — представляют собой смесь полиэтилсилоксановой жидкости и нефтяного маловязкого низкозастывающего масла МВП. Масло 132-10 предназначено для работы в гидравлических системах в интервале температур от -70 до $+100$ °С, масло 132-10Д, в котором нормируются электрофизические показатели, — для работы в электрически изолированных системах в том же интервале температур.

Рабочая жидкость 7-50С-3 (ГОСТ 20734-75) — синтетическая жидкость желтого цвета, применяющаяся в гидравлических агрегатах и гидравлических системах летательных аппаратов в диапазоне температур от -65 до $+175$ °С длительно, с перегревами до 200 °С при рабочих давлениях до 21 МПа. Жидкость изготавливают из смеси полисилоксановой жидкости и органического эфира с добавлением противоизносной присадки и ингибиторов окисления.

Рабочая жидкость НГЖ-4у (ТУ 38.101740-80) — синтетическая взрывопожаробезопасная жидкость фиолетового цвета на основе эфиров форфорной кислоты. Была создана взамен ранее широко применявшейся в авиации жидкости НГЖ-4, вызывавшей эрозию клапанов гидросистем и, как следствие этого, утечку жидкости. Жидкость НГЖ-4у является эрозионностойкой, содержит присадки, улучшающие ее вязкостные, антиэрозионные, антиокислительные свойства. Работоспособна в интервале температур от -55 до $+125^{\circ}\text{C}$ при рабочих давлениях до 21МПа. Имеет температуру самовоспламенения $650\div 670^{\circ}\text{C}$, медленно горит в пламени, но не поддерживает горение и не распространяет пламя в отличие от нефтяных жидкостей типа АМГ-10. Является хорошим пластификатором и растворителем для многих неметаллических материалов, поэтому при использовании последних в контакте с жидкостью НГЖ-4у следует тщательно проверять их совместимость или пользоваться только теми материалами, которые специально подобраны и рекомендованы для жидкостей типа НГЖ.

Рабочая жидкость НГЖ-5у (ТУ 38.401-58-57-93) — синтетическая взрывопожаробезопасная, эрозионностойкая жидкость синего цвета на основе смеси эфиров форфорной кислоты, содержащая пакет присадок, улучшающих вязкостные, антигидролизные, антиэрозионные, антиокислительные и антикоррозионные свойства. Работоспособна в интервале температур от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$ при рабочих давлениях до 21МПа. Имеет температуру самовоспламенения $595\div 630^{\circ}\text{C}$, медленно горит в пламени, не поддерживает горение и не распространяет пламя. Используется в гидросистемах самолетов ИЛ-86, ИЛ-96, ТУ-204 и др.

Жидкость СМ-028 (ТУ 38.1011056-86) — высококипящая жидкость желто-коричневого с красно-фиолетовым оттенком цвета, применяющаяся в микрокриогенных системах и установках в диапазоне температур от -40 до $+150^{\circ}\text{C}$. Жидкость изготавливают из полигликолей с антиокислительной присадкой.

Рабочая жидкость ВРЖ-1-1 (ТУ 38.101923-82) — синтетическая высококипящая жидкость коричневого цвета на основе полиорганосилоксанов с антиокислительной присадкой, применяющаяся в микрокриогенной технике в диапазоне температур от -40 до $+180^{\circ}\text{C}$. Отличается хорошей вязкостно-температурной кривой, низкой испаряемостью и хорошими антикоррозионными свойствами.

2. Амортизаторные жидкости

– технические жидкости для гашения механических колебаний путем поглощения кинетической энергии движущихся масс.

Особый тип гидравлической жидкости, которая является рабочим телом в гидравлических амортизаторах рычажно-кулачкового и телескопического типа, а также телескопических стойках. Амортизаторные жидкости предназначены для гашения колебаний кузова, являясь упругим элементом подвески, обеспечивающим плавный ход автомобиля даже при движении по бездорожью.

Основным показателем амортизаторных жидкостей является кинематическая вязкость при положительных и отрицательных температурах. Так, при температуре -20°C вязкость не должна превышать $800 \text{ мм}^2/\text{с}$, так как при более высокой вязкости работа амортизаторов резко ухудшается и происходит блокировка подвески.

Амортизаторные жидкости должны обладать хорошими смазывающими свойствами, обеспечивая достаточную износостойкость амортизаторов, не должны быть склонны к пенообразованию, так как это снижает энергоемкость амортизаторов и нарушает условия смазывания пар трения.

Также важными характеристиками амортизаторных жидкостей являются стабильность против окисления, механическая стабильность, низкая температура замерзания, испаряемость и совместимость с резиновыми уплотнениями.

Амортизаторные жидкости представляют собой маловязкие нефтяные дистилляты, содержащие, как правило, вязкостную, депрессорную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки.

Классификации амортизаторных жидкостей не существует. Однако, обозначение их привязано к кинематической вязкости при 50°C, которая для существующих марок равна 12 мм²/с.

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

Амортизаторная жидкость МГП-12 «Славол-АЖ» (ТУ 38.301-29-40-97) разработана взамен жидкости МГП-10 (ОСТ 38.1.54-74). Это маловязкая низкозастывающая нефтяная основа, в которую введены депрессорная, диспергирующая, противоизносная, антиокислительная и антипенная присадки. Применяют в качестве рабочей жидкости в телескопических стойках и амортизаторах грузовых и легковых автомобилей.

Амортизаторная жидкость ГРЖ-12 (ТУ 0253-048-05767-924-96) — смесь очищенных трансформаторного и веретенного дистилляторов с добавлением депрессорной, противоизносной, антиокислительной и антипенной присадок. Применяют в амортизаторах и телескопических стойках автомобильной техники.

В последние годы налажено производство амортизаторных жидкостей **Лукойл АЖ** и **Атмол АЖ-12**.

К числу амортизаторных можно отнести и противооткатную жидкость на водно-гликолевой основе **ПОЖ-70**.

3. Масла для гидромеханических

Масло в гидромеханической передаче выполняет четыре основных функции:

- передает к механическому редуктору мощность, развиваемую двигателем;
- смазывает узлы гидропередачи и является смазывающей и рабочей жидкостью системы автоматического управления;
- служит рабочей средой во фрикционных муфтах и тормозах;
- является охлаждающей средой в гидропередаче.

Такая многофункциональность обуславливает жесткие и во многом противоречивые требования к свойствам масла, важнейшими из которых являются вязкостные, фрикционные, противоизносные и антиокислительные.

Вязкость масла, с одной стороны, должна обеспечить наименьшую потерю мощности и наименьшее сопротивление при его прокачивании через малые диаметры трубопроводов гидравлической системы автоматического управления. С другой стороны, масло должно быть достаточно вязким, чтобы обеспечить смазывание рабочих поверхностей зубьев колес подшипников, а также исключить потери на испаряемость и утечки через уплотнения. Высокое значение вязкости масла при отрицательных температурах затрудняет нормальную работу гидравлической системы управления при запуске техники в холодное время года. Однако, вязкость масла не может быть очень низкой, так как масло должно иметь необходимые фрикционные свойства. При переключении скоростей в редукторе при малой вязкости может произойти проскальзывание фрикционных дисков, а высокая вязкость масла вызовет потери на трение в других узлах гидросистемы.

Еще одним противоречием является необходимость введения противоизносной присадки, во многих случаях понижающей коэффициент трения.

Для повышения КПД скорости потоков масла в гидромеханических передачах должны быть достаточно высоки. Поэтому, для этих масел существует такое понятие, как минимальная вязкость: масло при отрицательных температурах должно иметь вязкость, при которой оно хорошо прокачивается.

Масла для гидромеханических передач должны также обладать хорошими антикоррозионными и антипенными свойствами, совмещаться с различными уплотнительными материалами. В эти масла часто вводят детергентно-диспергирующие (моющие) присадки, препятствующие отложению на поверхностях трения продуктов разложения, образовавшихся в процессе эксплуатации масла.

Масла для гидромеханических передач вырабатывают на базе маловязких фракций сернистых парафинистых нефтей посредством их селективной очистки, глубокой депарафинизации и загущают вязкостными полимерными присадками, улучшающими их вязкостно-температурные характеристики. В масла вводят пакеты присадок, обеспечивающих выполнение приведенных выше требованиям.

В Российской Федерации выпускают три марки нефтяных масел для гидромеханических передач .

Масло марки «А» (ТУ 38.1011282-89) всесезонно используется в гидротрансформаторах и автоматических коробках передач автомобилей, а также в качестве зимнего масла в гидростатических приводах самоходной сельскохозяйственной и другой техники при температуре окружающей среды от -35 до $+50^{\circ}\text{C}$.

Масло марки «Р» (ТУ 38.1011282-89) предназначено для гидроусилителей руля и гидрообъемных передач при температуре -40 до $+50^{\circ}\text{C}$.

Масло МГТ (ТУ 38.1011103-87) применяется в гидромеханических коробках передач и гидросистемах навесного оборудования при температуре окружающей среды от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$.

4. Масла для автоматических трансмиссий

В международной практике носят название ATF – Automatic Transmission Fluid. Они представляют собой отдельную группу смазочных материалов и относятся к наиболее сложным многофункциональным продуктам.

ATF применяются:

- в автоматических коробках передач (АКП);
- в гидроусилителях рулевого управления;
- в силовых коробках передач внедорожной строительной, сельскохозяйственной и горнодобывающей техники;
- в гидравлических системах автомобилей, тракторов, промышленного оборудования, мобильной техники и судов;
- в ротационных винтовых компрессорах.

Общие требования к ATF определяются конструктивными особенностями и условиями работы АКП.

К основным функциям ATF относятся:

- смазывание;
- охлаждение;
- передача вращающего момента;
- обеспечение фрикционного сцепления;
- защита от износа и коррозии;
- подавление пенообразования.

Кроме того ATF должны:

- быть совместимы со всеми деталями трансмиссии;
- работать в условиях как высоких (до 150°C), так и низких (до –50°C) температур;
- обеспечивать высокий КПД трансмиссии;
- сохранять функциональные свойства на протяжении длительного срока службы.

К ATF предъявляются очень высокие требования по вязкостно-температурным характеристикам, противоизносным, антиокислительным, антипенным и фрикционным свойствам. Требования по вязкостно-температурным характеристикам достаточно противоречивы: для смазывания шестерен АКП вязкость масла должна быть максимальной, а для обеспечения нормальной работы гидротрансформатора – минимальной.

Высокий эксплуатационный уровень ATF обеспечивается введением в состав базового масла (на минеральной или синтетической основе) эффективных загущающих, противоизносных, антиокислительных, антипенных присадок, модификаторов трения и модификаторов набухания уплотнительных материалов.

Для идентификации и скорейшего обнаружения утечек ATF окрашивают в красный цвет.

ATF не разделяют по эксплуатационным свойствам и вязкости, как моторные и трансмиссионные масла по SAE и API. Они классифицируются только по требованиям основных производителей автомобилей. Наибольшее распространение получили спецификации General Motors (фирменное название ATF – Dexron) и Ford (фирменное название ATF – Mercon).

Спецификация на жидкости для автоматических коробок передач (АТФ)

Компания General Motors		Компания Ford	
Год введения	Спецификация	Год введения	Спецификация
1949	Type A	1959	M2C33-B
1957	Type A Suffix A (TASA)	1961	M2C33-D
1967	Dexron B	1967	M2C33-F (Type-F)
1973	Dexron II C	1972	SQM-2C9007A, M2C33-G (Type G)
1981	Dexron II D	1975	SQM-2C9010A, M2C138CJ (Type CJ)
1991	Dexron II E	1981	ESPM-2C166-H (Type H)
1994	Dexron III (F)	1987	Mercon
1997	Dexron III (G)	1993	Mercon (с дополнениями)
2003	Dexron III (H)	1996	Mercon V (M2C202-B, Type B)
2006	Dexron VI (Service Fill)		

Для автоматических трансмиссий большинством производителей современных автомобилей рекомендованы масла, отвечающие требованиям спецификаций Dexron III и Mercon, которые, как правило, взаимозаменяемы и совместимы.

Масла, отвечающие требованиям последних спецификаций, можно использовать для доливки или замены в механизмах, где ранее применялись масла более ранних спецификаций. Обратная замена масел недопустима.

Масла по спецификации Mercon V имеют особые свойства и с другими маслами не взаимозаменяемы.

Allison Transmission Div. (отделение по производству трансмиссий корпорации General Motors) в своих изделиях, предназначенных для тяжелых условий эксплуатации и устанавливаемых в грузовых автомобилях и внедорожной технике, рекомендует использовать жидкости, удовлетворяющие требованиям спецификации Allison C-4.

Компания Caterpillar для смазывания агрегатов трансмиссий требует использования сезонных жидкостей, соответствующих требованиям спецификации TO-4. Такие жидкости обладают отличными противоизносными и фрикционными характеристиками.

Некоторые европейские производители техники имеют свои собственные спецификации на ATF.

Японские производители техники не выпускают спецификаций, а рекомендуют для эксплуатации только свои «оригинальные» масла.

5. Жидкости для гидравлических тормозных систем автомобилей

— жидкости для передачи механической энергии (усилия) от главного тормозного цилиндра к колесным цилиндрам, которые прижимают тормозные накладки к тормозным дискам или к барабанам.

Особенности работы жидкостей в гидравлических тормозных системах автомобилей

Современные автомобили отличаются очень высокой динамичностью, отмечается постоянное стремление производителей к облегчению массы конструкций при одновременном увеличении скорости и мощности. В этих условиях тормозные системы работают во все более жестких условиях. В колесных тормозных устройствах (барабанных или дисковых) кинетическая энергия движущегося автомобиля превращается в тепловую. Количество выделившейся энергии зависит от массы и скорости автомобиля. При экстренных торможениях температура тормозных колодок может достигать 600°C , а тормозная жидкость нагревается до $150\div 190^{\circ}\text{C}$.

При эксплуатации автомобилей в холодных климатических зонах в зимнее время тормозная жидкость должна обеспечивать нормальное функционирование системы при температуре до -50°C . При этом должно обеспечиваться не только надежное прокачивание, но и стабильность самой жидкости.

Заправочные объемы современных гидравлических тормозных систем очень невелики. В зависимости от конструкции и размеров автомобиля они находятся в пределах $0,5\div 1,5$ литра. В то же время передаваемые усилия столь значительны, что рабочее давление в системе достигает 10 МПа . В таких условиях для нормального срабатывания тормозов жидкость должна оставаться практически несжимаемой.

Как правило, все тормозные системы состоят из следующих основных устройств: главного тормозного цилиндра, шток поршня которого связан с педалью управления, трубопроводов и рабочих цилиндров, шток поршней которых связан с исполнительными устройствами непосредственно на колесах. С целью повышения эффективности систем в их состав включают вакуумные усилители (это облегчает усилие на педали) и разделяют систему на контуры либо по осям автомобиля, либо по диагоналям (это повышает безопасность — при повреждении одного контура срабатывает другой).

Довольно сложная конфигурация систем и жесткие требования к их надежности приводят к необходимости применения разнообразных металлов и резин — совместимость с которыми в широком диапазоне температур также является важнейшим качеством тормозной жидкости.

Помимо лабораторных испытаний тормозных жидкостей, которые служат главным образом для контроля качества жидкостей при изготовлении путем оценки физико-химических характеристик, производители автомобилей проводят стендовые и эксплуатационные испытания.

Стендовые испытания проводятся в полноразмерных системах на режимах, соответствующих наиболее напряженным условиям эксплуатации. При этом определяют влияние жидкости на износ деталей системы, безотказность ее работы, оценивают изменение состояния жидкости.

Эксплуатационные испытания непосредственно на автомобилях проводят в двух режимах. Первый — определение работоспособности тормозов с исследуемой жидкостью при максимально напряженных условиях по режиму "разгон-торможение". При этом проводят 25 последовательных торможений автомобиля при полной загрузке с замедлением примерно 5 м/с^2 с интервалом 45 секунд между торможениями. Начальная скорость торможения — $3/4$ максимальной скорости автомобиля, конечная скорость — $1/2$ начальной. Аналогичные испытания проводят на длинных спусках горных дорог.

Второй режим испытаний - длительная эксплуатация автомобиля в различных условиях в различных климатических зонах. Оценка жидкости проводится по надежности работы тормозной системы, состоянию деталей тормозов и физико-химическим характеристикам жидкости.

Требования к качеству гидротормозных жидкостей

Надежная работа тормозной системы — необходимое условие безопасной эксплуатации автомобиля, поэтому тормозная жидкость должна полностью соответствовать комплексу технических требований.

Прежде всего, тормозная жидкость должна обладать способностью не образовывать газообразных продуктов даже при очень высоких температурах, т.е. иметь высокую температуру кипения. Именно эта температура и определяет в итоге предельно допустимую рабочую температуру тормозной системы. В случае образования в системе пузырьков газа при нажатии на педаль управления часть создаваемого давления расходуется на сжатие газа и передаваемое усилие до рабочих органов не доходит. Аналогичное явление имеет место при попадании в систему воздуха (в этом случае необходима прокачка системы и удаление воздуха).

Срок эксплуатации тормозных жидкостей составляет 2-3 года. Но уже после 1-1,5 лет работы в жидкости накапливается 3-5 % воды, конденсированной из атмосферного воздуха через уплотнения. При этом температура кипения жидкости резко снижается, что может привести к сбоям в работе системы при интенсивном торможении.

Согласно требованиям международных стандартов температура кипения нормируется для «сухой» и «увлажненной» жидкости. Для автомобилей работающих в обычных условиях эксплуатации температура кипения жидкости должна составлять не ниже 205 и 140°C соответственно, а для автомобилей работающих на повышенных скоростях или с интенсивным торможением — 230 и 155°C.

Диаметр трубопроводов тормозной системы составляет 3-10 мм. Это обусловлено стремлением уменьшить размеры и массу системы, а также требованиями низкого расхода энергии на привод системы. Но это одновременно требует очень маленькой вязкости в широком интервале температур. Этому добиваются нормируя кинематическую вязкость при температурах —40, 0 и 100°C — не более 1500, и не менее 5 и 2 мм²/с соответственно.

В гидравлических системах детали из различных металлов соединяются между собой, что создает условия для протекания электрохимической коррозии. Для предотвращения коррозии жидкости должны содержать ингибиторы, защищающие сталь, чугун, алюминий, латунь и медь от коррозии. Эффективность ингибиторов коррозии оценивается по изменению массы и состоянию поверхности пластин из указанных металлов после их выдерживания в "увлажненной" тормозной жидкости (3,5 % воды) в течение 120 ч. при 100°С.

Для обеспечения герметичности гидросистем на поршни и цилиндры ставят резиновые уплотнительные манжеты. Необходимое уплотнение обеспечивается, когда под воздействием тормозной жидкости манжеты слегка набухают и их уплотнительные кромки плотно прилегают к стенкам цилиндров. При этом недопустимо как слишком сильное набухание манжет, что может привести к их разрушению при перемещении поршней, так и усадка манжет, что приведет к утечке жидкости из системы.

Испытания на набухание резины осуществляется при выдерживании манжет или образцов резины в жидкости при 70 и 120°С. Затем определяется изменение объема, твердости, диаметра манжет.

Принимая во внимание, что тормозная жидкость может долго находиться в условиях безгаражного хранения автомобиля при низких температурах (до -50°С) и наоборот, длительно работать при повышенной температуре (до 150°С), жидкости должны сохранять исходные показатели при этих температурах, т.е. противостоять окислению, расслаиванию, выпадению осадков и образованию отложений.

Состав и свойства гидротормозных жидкостей

В разное время в качестве тормозных жидкостей использовали смеси различных органических веществ. Современные тормозные жидкости можно условно разделить на три типа: жидкости на основе касторового масла, на гликолевой основе и на нефтяной (углеводородной) основе.

С появлением в середине 30-х годов гидравлических тормозных систем автомобилей, в качестве рабочих жидкостей для них стали применять смеси различных спиртов и касторового масла. Касторовое масло — натуральный природный продукт, полученный из семян клещевины. Оно обладает прекрасными смазывающими свойствами, высоким индексом вязкости, высокой температурой кипения, не оказывает вредного воздействия на резины и металлы. Однако, касторовое масло имеет достаточно высокую вязкость (11-16мм²/с при 100°С) и температуру застывания (от -16 до -12°С), что исключает возможность применения его в качестве гидротормозной жидкости в чистом виде.

В качестве компонента, снижающего вязкость и температуру застывания касторового масла, применяли различные спирты: этиловый, бутиловый, изоамиловый. Соответственно товарные жидкости получили наименование ЭСК, БСК и АСК. Все эти жидкости обладают существенными недостатками:

- нарастанием коррозионной агрессивности по отношению к медным и латунным деталям гидротормозных систем;
- низкой температурой кипения (78°С у ЭСК);
- нестабильностью при длительном воздействии низких температур (-25°С и ниже), проявляющимся в вымерзании касторового масла на холодных стенках деталей тормозной системы.

В связи с изложенными недостатками гидротормозных жидкостей на касторовой основе еще с конца 40-х годов начались работы по созданию жидкостей на гликолевой основе. Первая отечественная жидкость на гликолевой основе ГТЖ-22 представляла собой смесь диэтиленгликоля (65%), этилкарбитола (32%) и этилцеллозольва (3%). Жидкость ГТЖ-22 превосходила жидкости на касторовой основе по температуре застывания, стабильности при низких температурах (-50°C), температуре кипения, температуре вспышки, уступая только по смазочным свойствам.

В дальнейшем при разработке новых тормозных жидкостей на гликолевой основе в их состав вовлекались гликолевые борсодержащие полиэферы, отличающиеся более высокими температурами кипения. Кроме того, разрабатывались более эффективные антикоррозионные присадки. Жидкости на гликолевой основе достаточно дороги, оказывают вредное воздействие на слизистые оболочки человека.

Поэтому уже давно предпринимаются попытки создания гидротормозных жидкостей на углеводородной (масляной) основе. Опыт применения гидравлических масел показывает, что нефтяные масла не обеспечивают надежной работы гидросистем при низких температурах вследствие многократного возрастания вязкости. Однако, современные синтетические загущенные маловязкие углеводородные масла позволяют получать удовлетворительные результаты. При этом, к сожалению, возникают вопросы совместимости с резинами, но по остальным показателям углеводородные жидкости значительно превосходят касторовые и гликолевые.

Классификация и товарный ассортимент гидротормозных жидкостей

Для классификации тормозных жидкостей применяются два основных стандарта: первый SAE J1703 и второй — нормы DOT. DOT - сокращение от United States Department of Transportation (USDOT или просто DOT): Департамент транспорта США, занимающееся вопросами безопасности транспорта и разработавший спецификацию минимальных требований к характеристикам тормозных жидкостей в своём стандарте FMVSS №116.

В настоящее время изготовители тормозных жидкостей в рекламах, документах и на упаковке, как правило, указывают соответствие жидкости нормам DOT.

Стандарт обозначает классы тормозной жидкости как DOT 3, DOT 4, DOT 5 и DOT 5.1, однако на отечественном рынке можно встретить так же тормозные жидкости с маркировками DOT 4.5 и DOT 4+. Последний скорее всего является тем же самым, что и DOT 4.5 и оба не классифицируются американским стандартом. Маркировка тормозной жидкости DOT 5.1 не имеет никакого отношения к марке DOT 5.

В качестве основы, во всех тормозных жидкостях кроме DOT 5, используется полиэтиленгликоль в сочетании с полиэфирами борной кислоты, а для DOT 5 в качестве основы применяется силикон. Тормозные жидкости DOT 3, DOT 4 и DOT 5.1 имеют одну основу и могут взаимозаменять друг друга без каких либо проблем, по крайней мере в пределах одного производителя. При смешивании жидкостей на гликолевой основе (DOT 3, DOT 4 или DOT 5.1) с жидкостью DOT 5 на силиконовой основе происходит химическая реакция, в результате которой получается состав не отвечающий никаким требованиям тормозной жидкости и являющийся агрессивным по отношению к материалу уплотнителей. Замена гликолевой тормозной жидкости на силиконовую возможна, но для этого требуется предварительно прочистить и тщательно просушить всю тормозную систему от старой тормозной жидкости. Так же отдельно существует класс жидкостей DOT 5.1/ABS, предназначенный специально для машин с системой антиблокировки колёс, в состав которого входят как гликолевые, так и силиконовые соединения, делающие эту жидкость несовместимой ни с одной другой.

В настоящее время в Российской Федерации производятся пять марок тормозных жидкостей: БСК, ГТЖ-22М, "Нева", "Томь" и "Роса".

Жидкость БСК (ТУ 6-101533-75) оранжево-красного цвета состоит из смеси 50 % бутилового спирта и 50 % касторового масла. Эта жидкость обладает хорошей смазывающей способностью и вязкостью, но повышенной коррозионностью по отношению к меди и латуни. Не рекомендуется использовать при температурах ниже -20°C .

Тормозная жидкость «Нева» (ТУ 6-01-1163-78) является сложной композицией на основе этилкарбитола, с добавлением загущающей и антикоррозионной присадок. Жидкость окрашена в желтый цвет, токсична, огнеопасна и растворяется в горячей воде. Работоспособна при температуре до $-(40\div 45)^{\circ}\text{C}$.

Жидкость ГТЖ-22М состоит из 65% диэтиленгликоля, 32% этилкарбитола и 3% этилцеллозоля с добавлением антикоррозионных присадок. Жидкость всесезонная, окрашивается в зеленый или в зелено-защитный цвет, хорошо растворима в воде, ядовита.

Тормозная жидкость «Томь» (ТУ 6-01-1276-82) разработана взамен жидкости "Нева". Композиция на основе этилкарбитола и борсодержащего полиэфира, содержит загущающую и антикоррозионную присадки. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем "Нева", более высокую температуру кипения. Соответствует требованиям DOT-3.

Тормозные жидкости «Роса ДОТ-4», «Роса-3», «Роса» (ТУ 2451-004-10488057-94) — высокотемпературные жидкости, представляющие собой композиции на основе борсодержащего полиэфира, содержит антиокислительные и антикоррозионные присадки. Соответствуют требованиям DOT-4. Жидкости «Роса» и «Роса-3» содержат в своем составе различные пластификаторы.

Тормозные жидкость «Роса», «Томь» и «Нева» совместимы друг с другом.

Класс по стандарту	Температура кипения, °C		Марка жидкости	Температура кипения, °C	
	«сухой» жидкости	«увлажненной» жидкости		«сухой» жидкости	«увлажненной» жидкости
DOT-3	205	140	БСК	115	—
DOT-4	230	155	«Нева»	195	138
DOT-5.1	260	180	«Томь»	220	155
			«Роса»	260	165

6. Охлаждающие жидкости для циркуляционных систем охлаждения двигателей внутреннего сгорания

(антифризы)

Основная тенденция современного двигателестроения — повышение удельной мощности, т.е. постоянное стремление конструкторов к увеличению мощности двигателей при одновременном уменьшении их массы и размеров. Другая не менее важная задача — повышение коэффициента полезного действия, т.е. обеспечение максимально возможного использования химической энергии топлива. Обе основные задачи решаются, согласно законам термодинамики, увеличением рабочих температур в двигателях. Однако, стремление к увеличению рабочих температур наталкивается на несовершенство конструкционных материалов — они изменяют свои геометрические размеры под воздействием высоких температур, что ведет к быстрому выходу двигателей из строя.

Чтобы предотвратить нагрев деталей двигателей выше допустимых температур применяют различные системы охлаждения — чаще воздушные или жидкостные.

Наиболее распространены жидкостные системы охлаждения циркуляционного типа, в которых отвод тепла осуществляется путем интенсивного прокачивания жидкости-теплоносителя через специальные полости, непосредственно соприкасающиеся с наиболее нагретыми деталями двигателя. Нагретая жидкость циркулирует по контуру радиатор — теплообменный аппарат, в котором поток жидкости направляется через многочисленные тонкостенные трубки малого диаметра, интенсивно обдуваемые воздухом либо при движении автомобиля, либо посредством вентилятора.

Главной, и самой сложной деталью жидкостных систем охлаждения является так называемая "рубашка" — сложная система полостей и каналов в блоке цилиндров двигателя и головке блока цилиндров, которые изготавливаются литьем из чугуна или алюминиевых сплавов. Циркуляция жидкости обеспечивается насосом, как правило центробежным, с приводом от коленчатого вала двигателя. Радиатор состоит из верхнего и нижнего бачков, соединенных трубками из бронзы, латуни или других коррозионностойких сплавов с высокой теплопроводимостью. Система трубопроводов представляет собой пластиковые или резиновые патрубки, соединенные с остальными частями металлическими хомутами.

В последние годы практически все двигатели выполняются с двухконтурной системой охлаждения. Первый контур не включает радиатор, он работает в момент холодного запуска двигателя и до достижения рабочей температуры (обычно $90\div 95^{\circ}\text{C}$). После этого срабатывает специальное устройство — термостат и жидкость начинает циркулировать по второму контуру — через радиатор, где интенсивно охлаждается. Подобная конструкция позволяет быстрее прогреть двигатель и избегать потерь тепла в холодное время года. Но она практически полностью исключает возможность применения воды в зимнее время года в качестве охлаждающей жидкости. Дело в том, что при отключенном радиаторе вода в нем может замерзнуть и за счет расширения разорвать трубки.

Важнейшими составляющими современных жидкостных систем охлаждения являются средства контроля состояния: датчики температур, редукционные клапаны, расширительные бачки, позволяющие осуществлять непрерывный и периодический контроль за работой системы охлаждения и обеспечивающие ее бесперебойную работу.

Требования к качеству охлаждающих жидкостей

Для обеспечения нормальной работы систем охлаждения к охлаждающим жидкостям предъявляют ряд требований:

- жидкость должна обладать высокой теплоемкостью и теплопроводимостью, чтобы обеспечить быстрый отвод тепла в большом количестве от наиболее нагретых частей и быстрое охлаждение самой жидкости в радиаторе;
- жидкость должна иметь низкую температуру начала кристаллизации, чтобы исключить нарушение прокачки жидкости при низких температурах;
- жидкость должна иметь высокую температуру кипения, чтобы не образовывать паровых пробок и не испаряться из системы в процессе работы;
- жидкость должна иметь высокую температуру вспышки, чтобы быть пожаро- и взрывобезопасной;
- жидкость не должна кристаллизироваться с расширением, чтобы исключить разрыв рубашки охлаждения;
- жидкость должна иметь оптимальную вязкость в рабочем интервале температур, чтобы хорошо прокачиваться по системе;
- жидкость не должна образовывать большого количества пены при интенсивной перекачке, чтобы не нарушать теплоотвода;
- жидкость не должна вызывать коррозии металлов и сплавов, применяемых для изготовления системы охлаждения;
- жидкость не должна вызывать уменьшения или большого увеличения размеров резиновых или полимерных деталей, не должна изменять их механическую прочность в широком интервале температур. Желательно незначительное набухание резин и полимеров;
- жидкость должна оставаться физически стабильной в широком интервале температур, т.е. не расслаиваться, не образовывать отложений и осадков;
- жидкость не должна окисляться под воздействием высоких температур, интенсивного перекачивания и контакта с каталитически воздействующими металлами (медь, железо, цинк).

Состав и свойства охлаждающих жидкостей

Наиболее распространенной охлаждающей жидкостью до появления двухконтурных систем охлаждения являлась обычная вода. В регионах, где температура не опускается ниже 0°C или в теплое время года вода нормально работает и двухконтурных системах. Вода как охлаждающая жидкость имеет ряд преимуществ:

- высокая теплоемкость;
- высокая теплопроводимость;
- дешевизна;
- доступность;
- экологическая чистота.

В то же время вода имеет ряд существенных недостатков:

- относительно низкая температура кипения;
- высокая температура начала кристаллизации, причем уже при 0°C происходит увеличение объема на 10 %, что вызывает нарушение рубашки охлаждения;
- способность к образованию в системе охлаждения накипи и шлама;
- возможность развития коррозии чугунных и стальных деталей системы охлаждения.

Последние два недостатка устраняют, используя дистиллированную воду или воду с антинакипинами — специальными добавками, препятствующими образованию накипи. Наиболее эффективным антинакипином является тринатрийфосфат в концентрации менее 1г/л. Для предотвращения коррозии в воду добавляют хромпик (двуххромовокислый калий $K_2Cr_2O_7$) в концентрации 3г/л. Хромпик имеет также антинакипительный эффект и нейтрализует содержащийся в водопроводной воде хлор.

Однако, понизить температуру застывания и повысить температуру кипения воды при помощи добавок очень сложно и дорого. Поэтому вместо воды в последние годы все чаще применяют низкозастывающие жидкости — антифризы. Обычно они представляют собой смесь воды с одним или несколькими компонентами.

По составу антифризы можно разделить на следующие типы:

- этиленгликолевые,
- водно-глицериновые,
- водно-спиртовые,
- солевые
- нефтяные.

Этиленгликолевые жидкости.

Этиленгликоль — двухатомный спирт $\text{ONCH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$ — прозрачная, бесцветная, вязкая жидкость без запаха, технический этиленгликоль иногда окрашен в желтоватый цвет. Температура кипения этиленгликоля $+197^\circ\text{C}$, температура застывания -12°C . Этиленгликоль не разлагается при нагревании даже до 100°C .

Этиленгликоль хорошо растворяется в воде, причем смеси этиленгликоля с водой застывают при значительно меньших температурах, чем чистый этиленгликоль.

Температура кипения водно-этиленгликолевых смесей превышает температуру кипения воды, что позволяет их использовать в более жестком температурном режиме.

Самым существенным недостатком водно-этиленгликолевых охлаждающих жидкостей является их коррозионное воздействие на металлы. Этот недостаток устраняется введением специальных присадок.

При застывании водно-этиленгликолевая жидкость не кристаллизуется монолитно с расширением, как вода, и не разрушает рубашку охлаждающей системы.

В качестве компонента низкозастывающих жидкостей могут применяться и другие гликоли — пропиленгликоль, диэтиленгликоль и триэтиленгликоль. Их смеси с водой уступают этиленгликолевым по температурам застывания и вязкостно-температурным свойствам.

Водно-глицериновые смеси также могут использоваться в качестве низкозастывающих охлаждающих жидкостей. Они имеют низкую температуру кристаллизации (-47°C при концентрации глицерина 67%) и высокую температуру кипения (выше 110°C). Водно-глицериновые смеси значительно дороже водно-этиленгликолевых, кроме того, они имеют значительно большую вязкость, особенно при низкой температуре, что затрудняет циркуляцию в системе охлаждения. Вместе с тем водно-глицериновые смеси имеют лучшие смазывающие свойства и не оказывают коррозионного воздействия на металлы. В некоторых странах, где нет собственного производства этиленгликоля и, наоборот, имеется дешевый глицерин, водно-глицериновые смеси и в наше время применяются в качестве антифризов.

Водно-спиртовые жидкости также могут применяться в качестве антифризов. Низшие спирты — метиловый, этиловый и изопропиловый — смешиваются с водой в любых концентрациях. Эти смеси имеют низкие температуры кристаллизации, однако температуры кипения их ниже 100°C . Этого недостатка лишены водно-спирто-глицериновые смеси, но эти смеси в процессе эксплуатации образуют коррозионно-агрессивные продукты.

Солевые антифризы. В качестве антифризов могут применяться водные растворы хлористого кальция, хлористого натрия, хлористого магния и лактата натрия. Так, например, раствор, содержащий 32% хлористого кальция, 7% хлористого натрия и 61% воды кристаллизуется при температуре -45°C . Однако, солевые растворы вызывают сильнейшую электрохимическую коррозию и их можно применять только в специальных системах (например, пластиковых).

Нефтяные антифризы. В районах крайнего Севера в качестве антифризов иногда применяют авиационные или дизельные топлива (ТС-1, ДА, Т-6 и другие). Эти продукты представляют собой высокоочищенные низкозастывающие нефтяные фракции. Теплоемкость и теплопроводность их значительно ниже, чем у воды. При попадании в такие жидкости воды они при температуре 100°C бурно вскипают с выбросом из системы охлаждения. Однако, в условиях удаленности, плохого снабжения, а также принимая во внимание чрезвычайно низкие температуры окружающего воздуха и дешевизну таких "антифризов", факты их применения отмечаются и до настоящего времени.

Типы охлаждающих жидкостей.

Все современные автомобильные охлаждающие жидкости (антифризы) состоят из этиленгликоля, воды и присадок. В редких случаях вместо этиленгликоля применяют менее токсичный пропиленгликоль, но такие антифризы не получили распространения из-за дороговизны пропиленгликоля и из-за ухудшения теплоотводящих свойств жидкости. Базовые компоненты, вода и этиленгликоль, составляют 93-97% объема жидкости, остальное — присадки. Именно присадки («пакет присадок») определяют «лицо» антифриза, его антикоррозионные и антикавитационные свойства, срок эксплуатации, стоимость. Именно по присадкам отличаются друг от друга антифризы разных компаний-производителей: Total, Chevron, BASF, Arteco, Honeywell, Техноформ, Тосол-Синтез, и так далее.

Антифризы реализуются либо в виде **концентратов**, либо в виде **готовых к применению** жидкостей. Концентрат антифриза (иногда для него используется аббревиатура «ОЖ-К») содержит только один базовый компонент — этиленгликоль. Предполагается, что воду потребитель добавит самостоятельно, а оптимальное соотношение концентрата и воды составляет для наших широт 50:50. Готовые к применению жидкости уже содержат нужное количество деминерализованной воды и рассчитаны на температуру начала кристаллизации либо -36°C по европейским стандартам, либо -40°C (ОЖ-40) и -65°C (ОЖ-65) по российским стандартам.

По составу пакетов присадок современные антифризы делятся на три типа — «карбоксилатные», «гибридные» и «традиционные». Отдельную группу составляют специальные антифризы для «тяжело нагруженных» двигателей, которые устанавливаются на карьерных грузовиках и бульдозерах.

Карбоксилатные антифризы составляют «элиту» охлаждающих жидкостей, они считаются лучшими, как по своим свойствам, так и по огромному сроку эксплуатации. С конца 90-х годов они используются на большинстве мировых автозаводов для первой заправки автомобилей, в сервисных центрах при техническом обслуживании.

Карбоксилатные антифризы отличаются от других антифризов по технологии производства пакета присадок, основу которого составляют соли карбоновых кислот (карбоксилаты). В технической литературе и в названиях антифризов встречаются следующие термины для обозначения карбоксилатных технологий: OAT (Organic Acid Technology), LLC (Long Life Coolant), XLC (eXtended Life Coolant), SNF (Silicate Nitrite Free), SF (Silicate Free), G12 (по спецификации VW TL 774D). Принципиальное отличие карбоксилатной технологии от других технологий состоит в том, в ней отсутствуют неорганические присадки, характерные для «традиционных» антифризов.

Лучшие образцы карбоксилатных антифризов, такие как Havoline XLC, CoolStream Premium, Glysantine G30, AWM G12, DexCool, GlasElf Supra, Prestone, способны эксплуатироваться в течение длительного периода времени — не менее 5 лет, с пробегами 250 тыс. км в легковых и 650 тыс. км в грузовых автомобилях. Более того, Ford дает им срок замены 10 лет, а GM-Opel — бессрочно (fill for life).

Гибридные антифризы — тоже очень хорошие охлаждающие жидкости, однако, срок их службы меньше, чем у карбоксилатных — в среднем 3 года. В состав их пакетов присадок также входят соли карбоновых кислот и небольшие добавки силикатов (европейская технология) или фосфатов (японская и корейская технологии). В технической литературе гибридные антифризы обозначают: Hybrid Technology, NF (Nitrite Free), G11 (по спецификации VW TL 774C).

Традиционные антифризы — это так называемые неорганические технологии, в настоящее время в основном устаревшие. Пакеты присадок таких антифризов состоят из различных комбинаций неорганических веществ — силикатов, фосфатов, боратов, аминов, нитритов. Уже в 90-х годах они перестали представлять собой научную и коммерческую тайну, их составы начали публиковать в открытой печати. Сегодня они используются в старых моделях автомобилей.

К традиционным антифризам относится наш классический Тосол А40, разработанный 40 лет назад, и всевозможные «вариации на тему Тосола» — антифризы с названиями «Тосол Север», «Тосол Феликс», «Тосол Торса», и тому подобное. Большинство антифризов, выпускаемых в России, тоже относится к традиционному типу. В подавляющем большинстве это, так называемые «силикатные» антифризы и Тосолы, то есть жидкости, содержащие соединения кремния (силикаты) в сочетании с перечисленными выше неорганическими присадками. Основной недостаток силикатных антифризов — малый срок эксплуатации, не более 60 тысяч км, и возможность выпадения силикатных гелей («сгустков»), силикатных осадков, нарушающих тепловой отвод. Силикатные антифризы также не защищают от кавитации.

Применение силикатных антифризов запрещено в большинстве зарубежных автомобилей: Ford, GM, Hyundai-KIA, Volvo, VW и других. В российских и китайских автомобилях их применение пока не запрещено.

Тосол был разработан в конце 60-х годов в институте ГосНИИОХТ, в отделе, называвшемся ТОС (Технология Органического Синтеза). Отсюда название продукта — ТОСол. Его, так называемая нитритно-боратная рецептура состояла из более чем десяти компонентов, и технология производства была весьма непростой. Тосол выпускался только на государственных предприятиях со строгим соблюдением утвержденной технологии. Он прошел многочисленные испытания на советской автомобильной технике, получил соответствующие допуски на применение и был отличной охлаждающей жидкостью, соответствующей требованиям того времени. Известно, что срок эксплуатации Тосола составлял (для автомобилей того времени) два года или 60 тысяч километров пробега. Под него даже был разработан государственный стандарт, последняя версия которого ГОСТ 28084-89 «Жидкости охлаждающие низкотемпературные» относится к 1989 году.

Антифризы для «тяжело нагруженных» двигателей.

Под «тяжело нагруженными» двигателями (heavy duty engines), подразумеваются двигатели большой мощности, которые устанавливаются на тяжелые и карьерные грузовики, бульдозеры, экскаваторы, тепловозы, морские суда. Основная проблема этих двигателей, вызываемая охлаждающими жидкостями, — кавитация гильз. В соответствии с этим производители тяжелых двигателей предъявляют очень жесткие требования к антифризам, главное из которых — способность противостоять кавитации.

Единых требований к антифризам у производителей тяжелой техники нет, за исключением, пожалуй, одного: антифриз не должен быть силикатным. Известно, что силикатные антифризы не обеспечивают защиты от кавитации.

Практически все производители допускают применение карбоксилатных «фирменных» антифризов, хотя и с некоторыми нюансами. Так, Caterpillar рекомендует использовать свой фирменный карбоксилатный антифриз CAT ELC, но разрешает также применение других антифризов по стандартам ASTM D4985 и ASTM D6210. MTU и Komatsu используют карбоксилатные антифризы, имеющие допуск от этих компаний. Cummins рекомендует свой фирменный антифриз Fleetguard, но разрешает также применение других антифризов по стандарту ASTM D6210.

Все серьезные компании, производящие автомобили, имеют спецификации (перечень требований) на охлаждающие жидкости. Приведу примеры спецификаций: Ford — WSS-M97B44-D, Hyundai-KIA — MS 591-08, Volkswagen — TL 774C (G11), F (G12+), G (G12++), H (G12+++), АВТОВАЗ — ТТМ 5.97.1172-2005. В них перечислены тесты, которые должна пройти охлаждающая жидкость (антифриз), претендующая на право заправляться в автомобили этих компаний.

Соответствие спецификации автомобильной компании означает, что данный антифриз успешно прошел все перечисленные в ней испытания, и результаты были официально зарегистрированы в протоколах, отчетах или других документах. Производитель антифриза получает «допуск» («одобрение») на применение в данном типе автомобилей в форме документа — сертификата или письма. Антифриз включают в списки одобренных жидкостей, в сервисные книжки, химмотологические карты, и так далее.