

Тормозная жидкость: что вы обязаны знать

Тормозная жидкость является центральной частью вашей тормозной системы. Он смазывает внутренние механизмы системы и передает усилие от ноги при нажатии на педаль тормоза. Это давящее усилие сжимает тормозные колодки через тормозную жидкость и, таким образом, останавливает ваш автомобиль. По этой причине существуют стандарты, обеспечивающие соответствие жидкости базовым критериям и позволяющие тормозной системе функционировать должным образом.

Прежде чем перейти к критериям, давайте рассмотрим схематичное функционирование тормозной системы на рисунке ниже:

Гидравлическая система тормозов

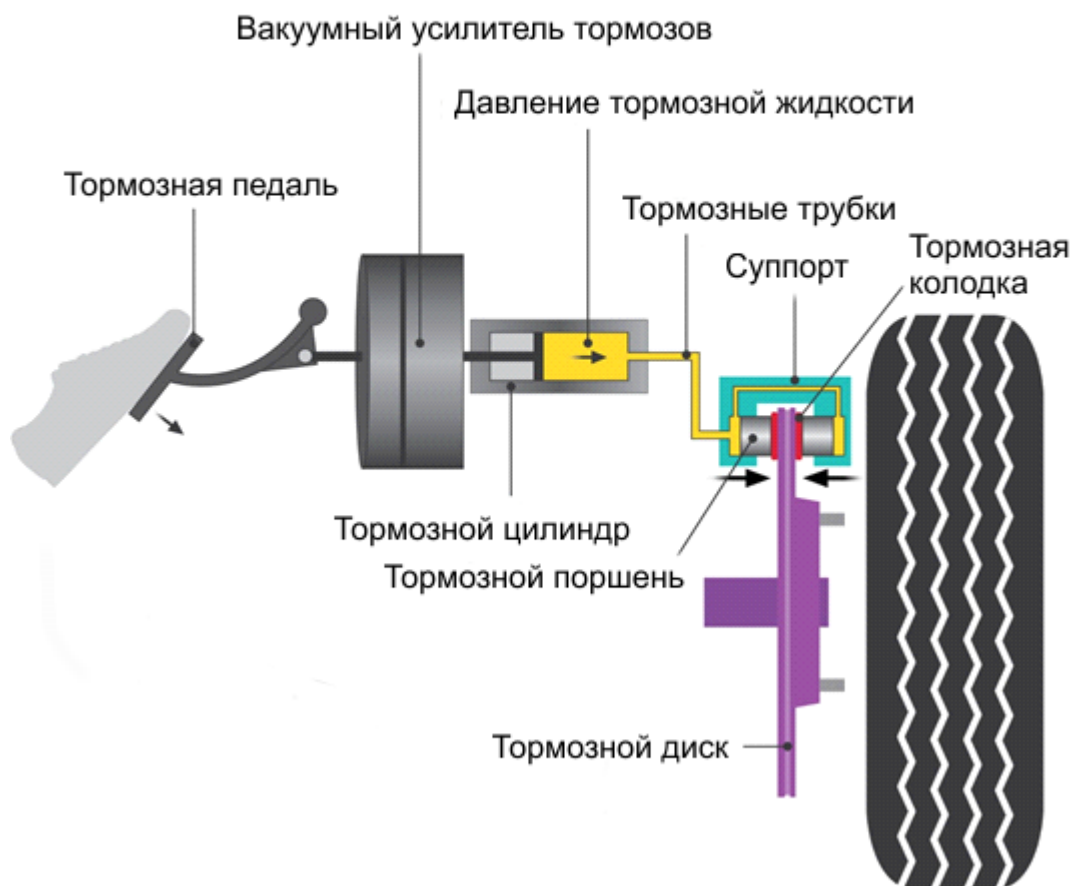


Рис. 1. Схема тормозной системы

Схема показывает, как тормозная жидкость (желтая) действует как посредник при передаче усилия на тормозные колодки. Через главный цилиндр сила педали преобразуется в давление. Это давление передается от главного цилиндра к суппорту через тормозную жидкость. Затем

тормозные поршни преобразуют это давление в силу, которая прижимает колодки к тормозному диску. Барабанные тормоза работают аналогично.

Для эффективной работы системы тормозная жидкость должна легко перемещаться по трубопроводу (кинематическая вязкость) и может эффективно передавать давление от главного цилиндра к поршню. Эффективная передача давления зависит от несжимаемости тормозной жидкости. Когда мы говорим о тормозной жидкости, несжимаемость связана с температурой кипения жидкости. Мы обсудим это чуть позже.

Кинематическая вязкость тормозной жидкости

Проще говоря, вязкость жидкости - это вязкость жидкости. Кинематическая вязкость свойство жидкостей сопротивляться смещению одного слоя материала относительно другого. Измеряется квадратными миллиметрами в секунду ($\text{мм}^2 / \text{с}$), также известные как единица Стокса, сокращенно сСт.

Это можно объяснить еще проще: представьте, что вы достаете банку с медом и выливаете весь мед. Кинематическая вязкость является мерой постепенного разлива мёда. Чем дольше мед стекает, тем выше кинематическая вязкость.

Таким образом, жидкость с высокой кинематической вязкостью имеет тенденцию течь медленно (например, мед), а жидкость с низкой кинематической вязкостью имеет тенденцию течь быстро (например, вода). Чтобы сравнить числа, представьте, что вязкость воды при комнатной температуре составляет около $1,0 \text{ мм}^2 / \text{с}$, а кинематическая вязкость меда составляет около $6900 \text{ мм}^2 / \text{с}$.



Рис. 2. Уровень вязкости можно сравнить с водой и мёдом

Вязкость многих жидкостей обычно варьируется в зависимости от температуры. Например, вязкость мёда увеличивается с понижением температуры и уменьшается с повышением температуры. То же самое можно сказать и о тормозной жидкости.

Кинематическая вязкость является ключевым свойством тормозной жидкости, поскольку система должна работать плавно в широком диапазоне температур. Такие системы, как ABS, система стабилизации (ESP) и антипробуксовочная система, требуют быстрого движения жидкости (низкой вязкости) для

правильного торможения. В этих системах используются быстродействующие клапаны для управления потоком и давлением тормозной жидкости во время критической работы.

Если вязкость тормозной жидкости высокая, движение жидкости по трубопроводу будет медленным и трудным для контроля. Последнее, что вам нужно критический момент - это тормозная система, которая не хочет работать в холодный зимний день!

Минимальная и максимальная кинематическая вязкость

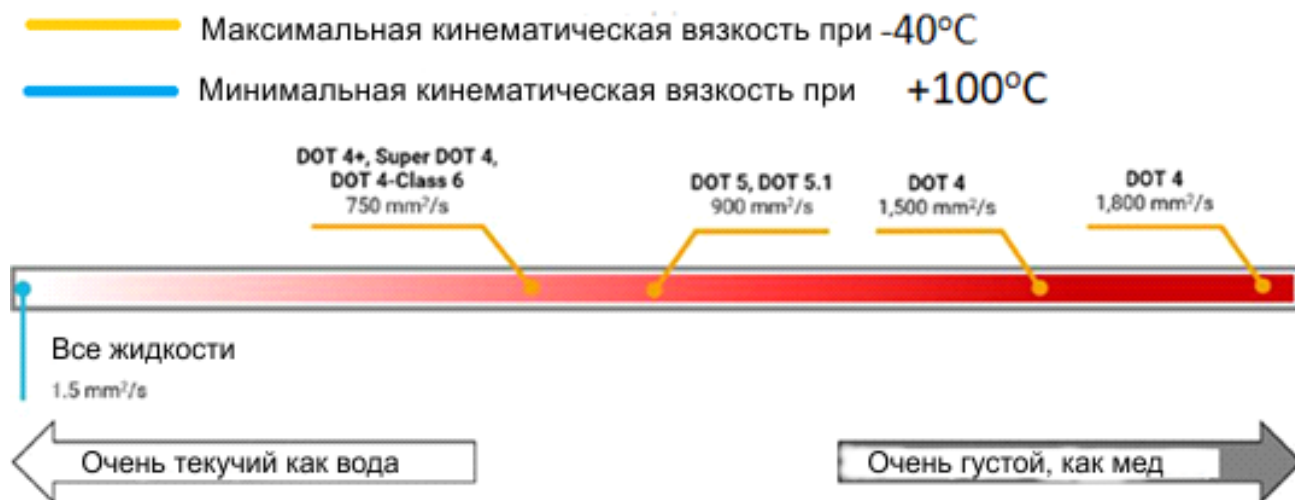


Рис. 3. Шкала вязкости жидкости

Температура кипения тормозной жидкости

Точка кипения тормозной жидкости (по английски **Equilibrium Reflux Boiling Point (ERBP)**) - это точка, выше которой начинают образовываться пузырьки газа, другими словами- жидкость закипает. С наступлением этого явления становится невозможным поддерживать давление в системе- пар в пузырьках легко сжимается. Следствием всего этого- внезапное снижение эффективности торможения, которое может привести к аварии.

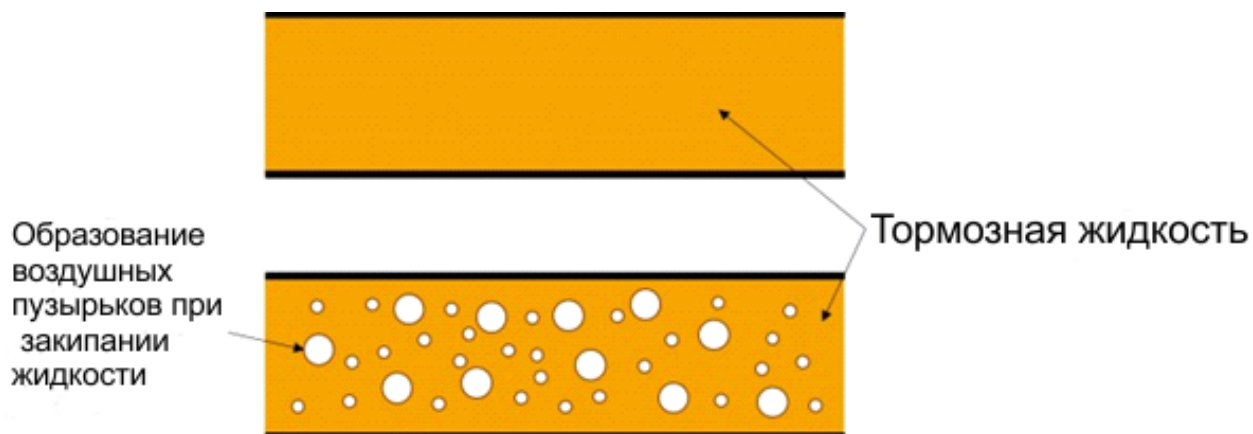


Рис. 4 Иллюстрация пузырьков воздуха в трубопроводе тормозной жидкости

Тормозная жидкость должна обладать гигроскопическими (то есть способностью впитывать влагу) свойствами, и в этом случае вода равномерно распределяется по всему объему. Если бы вода накапливалась в одном месте, температура кипения жидкости снизилась бы приблизительно до 100 ° С, но когда вода равномерно распределена до например 3% от общего объема, температура кипения будет значительно выше 100 ° С что значительно уменьшает риск образования пузырьков.

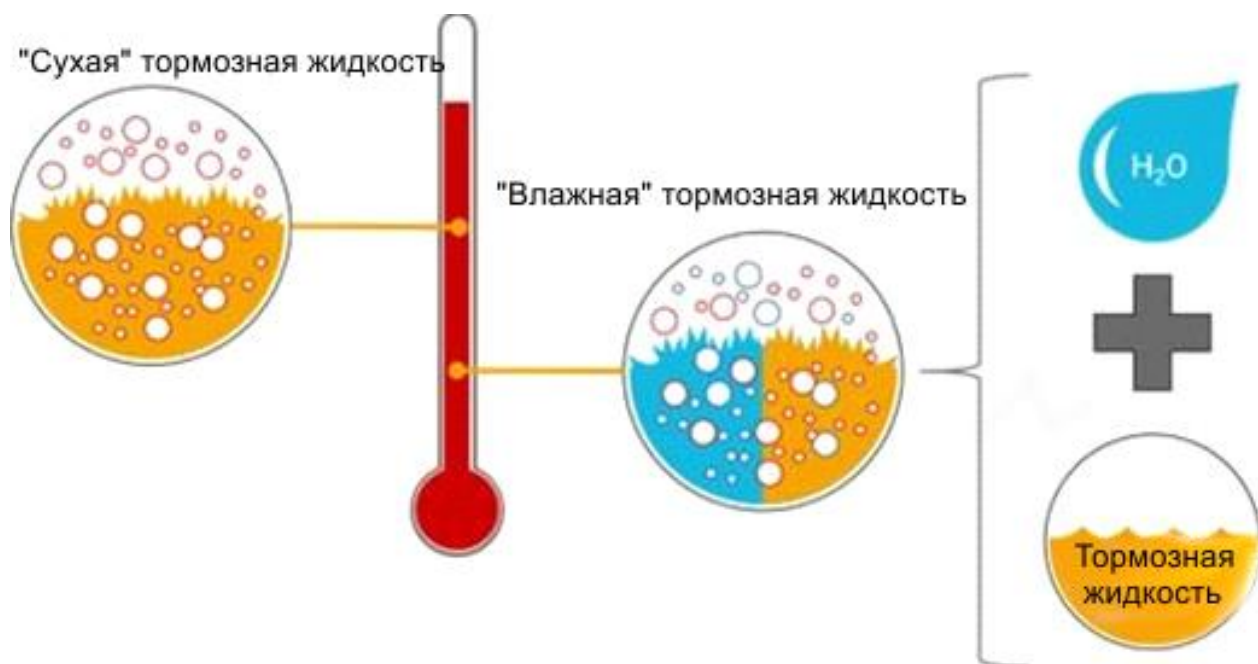


Рис. 5 Температуры кипения «сухой» и «влажной» тормозной жидкости

Водопоглощению способствует целый ряд факторов, таких как постоянно открытый бачёк для тормозной жидкости, а также неправильно запечатанная упаковка, другие случаи, такие как несоблюдения интервалов технического обслуживания тормозной жидкости, повреждения компонентов тормозной системы (например, трещины наружного или гибкого шланга), при наличии поврежденных прокладок.

Гигроскопические свойства обеспечиваются гликолем в жидкости. По этой причине жидкость постоянно впитывает воду и поэтому его необходимо регулярно менять. Производители автомобилей рекомендуют замену каждые 2 года или каждые 30 000–50 000 км, в зависимости от условий эксплуатации.

Тормозная жидкость характеризуется двумя точками кипения: «сухой» и «влажной». «Сухая» описывает новую жидкость с уровнем влажности, близким к 0%. Точка кипения «влажной» жидкости измеряется, когда тормозная жидкость уже впитала влагу, и считается, что при уровне 3% и выше уже пора менять тормозную жидкость.

«Влажная» точка кипения при попадании влаги в тормозную жидкость называется рефлюксом влажного равновесия (по английски **Wet equilibrium reflux boiling- WERB**). Точка кипения (WERB) -это температура, при которой жидкость, впитав влагу из окружающей среды, начинает кипеть в течение некоторого времени.

Эта температура является хорошим показателем и показывает уровень влаги, накопленной в тормозной жидкости.

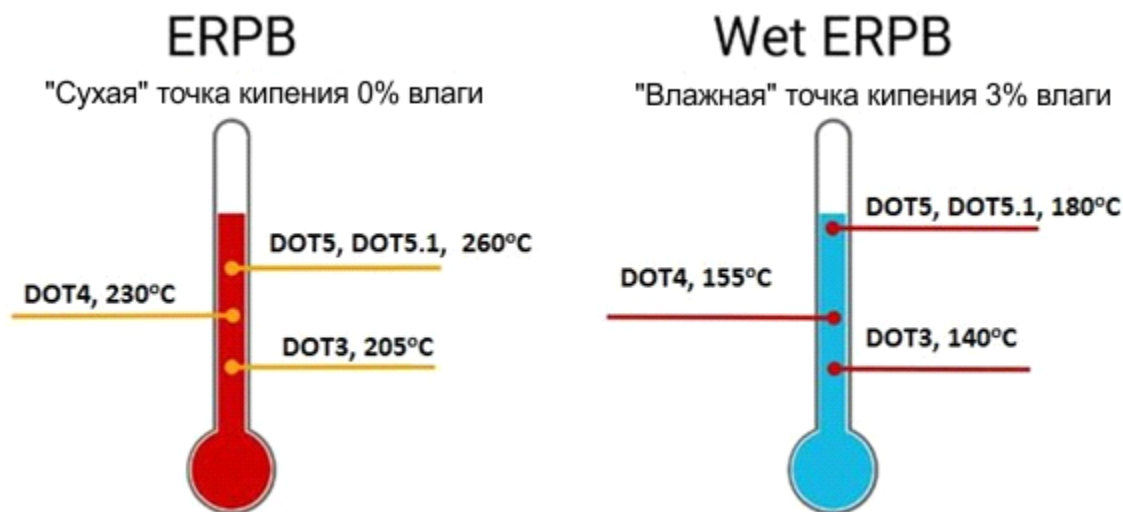


Рис. 6 Точки кипения по типам продуктов

Всё это вместе

Кинематическая вязкость, «сухая» точка кипения (ERPВ), «влажная» точка кипения (WERВ) -это важное значение имеющие параметры, описывающие тормозную жидкость. Важно иметь тормозную жидкость, которая свободно движется по системе в диапазоне разных температур, чтобы вы могли правильно пользоваться такими технологиями как ABS. Здесь выявляется важность кинематической вязкости. Кинематическая вязкость жидкости измеряется при -40°C и при $+100^{\circ}\text{C}$. Это Это делается для того, чтобы увидеть, насколько хорошо жидкость работает при разных температурах.

Требования к тормозной жидкости устанавливаются несколькими международно признанными организациями по стандартизации.

- Федеральные стандарты безопасности транспортных средств (FMVSS) в США классифицируют три основных класса тормозных жидкостей в соответствии с FMVSS 116.

Этими категориями являются DOT 3, DOT 4 и DOT 5. DOT 5, в дальнейшем именуемые DOT 5 - на основе силикона изготовленная тормозная жидкость (SBBF) или DOT 5.1 - не на силиконовой основе.

- Международная организация по стандартизации (ISO) классифицирует несколько других классов тормозных жидкостей в соответствии с документом ISO 4925: класс 3, класс 4, класс 5.1 и класс 6.

- Общество инженеров автомобильной промышленности (SAE) классифицирует три других типа: SAE J1703, SAE J1704 и SAE J1705.

Каждая из этих организаций определяет минимальный, максимальный и приемлемый базовый диапазон характеристик тормозных жидкостей (например ERPВ, WERВ и вязкость). Они также предписывают необходимую упаковку жидкости, чтобы предотвратить загрязнение продукта до его фактического использования.

В таблице ниже приведены основные параметры тормозных жидкостей по классам продуктов.

	DOT 3	DOT 4	DOT 4+ Super DOT 4 DOT 4, Class 6	DOT 5	DOT 5.1
Используемые стандарты	FMVSS 116 ISO 4925, Class 3	FMVSS 116 ISO 4925, Class 4	ISO 4925, Class 6	FMVSS 116	FMVSS 116 ISO 4925, Class 5-1
Минимальный ERPВ	205°C	230°C	230°C	260°C	260°C
Минимальный WЕРВ	140°C	155°C	155°C	180°C	180°C
Максимальная кинематическая вязкость при -40°C	1500 mm ² /s	1800 mm ² /s	750 mm ² /s	900 mm ² /s	900 mm ² /s
Минимальная кинематическая вязкость при +100°C	1.5 mm ² /s	1.5 mm ² /s	1.5 mm ² /s	1.5 mm ² /s	1.5 mm ² /s
Требования по цвету	От прозрачного до янтарного	От прозрачного до янтарного	От прозрачного до янтарного	Фиолетовый	От прозрачного до янтарного
Базис продукта	Гликолевые эфиры	Гликолевые эфиры	Гликолевые эфиры	Силиконовая основа	Гликолевые эфиры

Рис. 7 Классификация тормозной жидкости