

Лекция 2

Гидравлические жидкости

Гидравлические жидкости

Жидкость – физическое тело, молекулы которого слабо связаны между собой. Поэтому незначительные силы способны легко изменить форму жидкости, которая способна сохранить объем, но не форму.

Жидкость является рабочим телом в гидроприводах с помощью которого энергия от ее источника передается к исполнительным механизмам.

Кроме того, ею одновременно выполняются функции смазки контактирующих поверхностей, отвода тепла и защиты от коррозии.

Гидравлические жидкости

Поэтому, от рабочей жидкости во многом зависит работоспособность и надежность гидропривода в целом.

Основные свойства жидкости:

- Плотность
- Вязкость
- Поверхностное натяжение
- Сжимаемость
- Температурное расширение
- Растворимость газов.

Гидравлические жидкости

Плотностью жидкости называют массу жидкости m , заключенную в единице объема V

$$\rho = \frac{m}{V}, \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$$

Плотность жидкости зависит от температуры.

Для нефти:

$$\rho_t = \rho_{СТ} - \gamma(t_{П.Н} - t_{СТ})$$

где

- ρ_t – плотность перекачиваемой нефти при заданной температуре $t = t_{П.Н}$,
- $\rho_{СТ}$ - плотность нефти при стандартных условиях ($t_{СТ} = 20^\circ \text{C}$),
- γ - средняя температурная поправка к плотности

Гидравлические жидкости

Температурная поправка на плотность нефти

Плотность $\rho_{ст}$, кг/м ³	Температурн. поправка γ ,	Плотность $\rho_{ст}$, кг/м ³	Температурн · поправка γ ,
630,0 – 699,9	0,910	800,0 – 809,9	0,765
700,0 – 709,9	0,897	810,0 – 819,9	0,752
710,0 – 719,0	0,884	820,0 – 829,9	0,738
720,0 – 729,9	0,870	830,0 – 839,9	0,725
730,0 – 739,9	0,857	840,0 – 849,9	0,712
740,0 – 749,9	0,844	850,0 – 859,9	0,699
750,0 – 759,9	0,831	860,0 – 869,9	0,686
760,0 – 769,9	0,818	870,0 – 879,9	0,673
770,0 – 779,9	0,805	880,0 – 889,9	0,660
780,0 – 789,9	0,792	890,0 – 899,9	0,647
790,0 – 799,9	0,778		

Гидравлические жидкости

Задача

3. Плотность нефти при температуре $t_{cm} = 20^\circ C$ равна $\rho_{cm} = 650 \frac{кг}{м^3}$. Средняя температурная поправка к плотности $\gamma = 0,91 \frac{кг}{м^3 \cdot ^\circ C}$. Чему равна плотность нефти при температуре $t = 80^\circ C$?

Гидравлические жидкости

Удельным весом называют вес единицы объема жидкости

$$\gamma = \frac{G}{V}, \left[\frac{H}{m^3} \right]$$

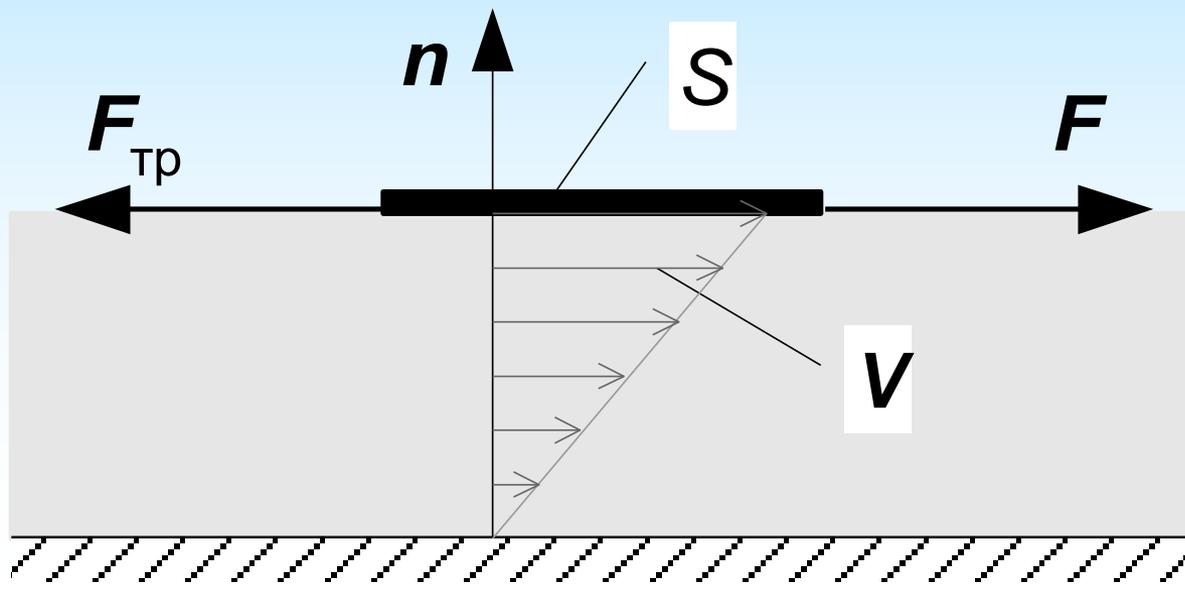
Связь между удельным весом и плотностью

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Гидравлические жидкости

Вязкостью называют свойство жидкостей оказывать сопротивление сдвигу (скольжению) одного слоя жидкости относительно другого.

При установившемся течении сила F , вызывающее такое скольжение слоев, уравновешивается силами трения в жидкости.



Гидравлические жидкости

Экспериментально установлено, что *касательное напряжение* τ , т.е. сила трения $F_{\text{тр}}$, действующая вдоль поверхности слоя, отнесенная к единице его площади S ($\tau = F_{\text{тр}} / S$), может быть определено по выражению, которое называют законом трения Ньютона

$$\tau = -\mu \frac{\partial V}{\partial n}$$

где $\partial V / \partial n$ – производная скорости по направлению, перпендикулярному плоскости скольжения слоев.

Гидравлические жидкости

Множитель пропорциональности μ называют *коэффициентом динамической вязкости*.

Коэффициент динамической вязкости в системе СИ имеет размерность Па·с, в системе СГС — пуаз (П); на практике часто пользуются **сантипуазом** (сП):

$$1 \text{ Па}\cdot\text{с} = 10 \text{ П.}$$

Гидравлические жидкости

Наряду с коэффициентом динамической вязкости в гидравлических расчетах используют *коэффициент кинематической вязкости*, который определяют по формуле

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad \left[\text{м}^2 / \text{с} \right]$$

Единицей измерения кинематической вязкости является **стокс**:

$$1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2 / \text{с}.$$

Сотая доля стокса называется сантистоксом (сСт).

Гидравлические жидкости

Задача

3. Коэффициент динамической вязкости масла МК равен $\mu=961,4 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$. Коэффициент кинематической вязкости $\nu=110,6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$. Чему равна плотность масла?

Гидравлические жидкости

Вязкость жидкости зависит от температуры и давления. Влияние температуры на вязкость жидкостей можно оценить формулой

$$\mu = \mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}$$

где μ и μ_0 — вязкости при температуре T и T_0 ;
 $\beta = 0,02—0,03$ — коэффициент крутизны вискограммы

Влияние давления на вязкость жидкостей нужно учитывать только при очень большом перепаде давлений (десятки МПа)

Гидравлические жидкости

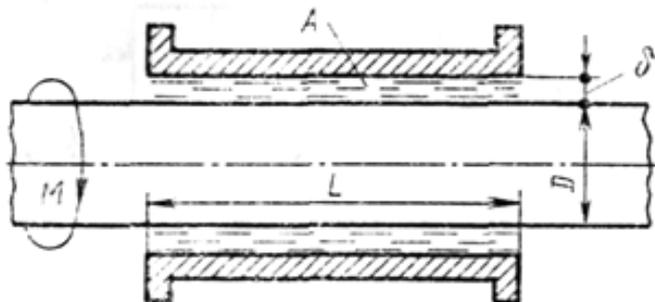
Задача

3. Коэффициент динамической вязкости нефти при температуре $t_{cm} = 20^\circ C$ равен $\mu_{cm} = 100 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. Коэффициент крутизны вискограммы $\beta = 0,025$. Чему равен коэффициент динамической вязкости при температуре $t = 60^\circ C$?

Гидравлические жидкости

Задача 2. Зазор A между валом и втулкой заполнен маслом. Длина втулки L . К валу, диаметр которого D , приложен вращающий момент M (рисунок 14). При вращении вала масло постепенно нагревается и скорость вращения увеличивается. Определить частоту вращения вала при температуре масла T . Данные для решения задачи в соответствии с вариантом задания выбрать из таблицы 2.

Указание. При решении задачи применяется формула Ньютона. Поскольку толщина слоя масла мала, можно считать, что скорости в нем изменяются по прямолинейному закону. Эпюра касательных напряжений в слое масла принимается прямоугольной; сила трения проходит через центр тяжести этой эпюры.



±

Вариант	Масло	Т, °С	М, Н·м	δ	D	L
				мм		
а	АМГ-10	46,0	5,10	2,0	300	900

Гидравлические жидкости

Температура вспышки – параметр, характеризующий огнестойкость масла. Под этой температурой понимают ту, при которой происходит загорание (вспышка) смеси паров жидкости с воздухом от внешнего источника воспламенения.

Температура застывания – параметр, характеризующий пригодность рабочей жидкости для работы в условиях пониженных температур. Температурой застывания считают такую, при которой масло не выливается из пробирки диаметром 15–17 мм при наклоне ее на угол 45° в течение 1 мин.

Гидравлические жидкости

Требования, предъявляемые к рабочим жидкостям:

1. Хорошая смазывающая способность.
2. Малое изменение вязкости во всем диапазоне рабочих температур.
3. Химическая стабильность в течении длительного времени работы (устойчивость к старению).
4. Хорошие противоизносные свойства.
5. Хорошая теплопроводность.
6. Нейтральность к материалам гидроэлементов и уплотнений.

Гидравлические жидкости

7. Малая токсичность жидкости и ее паров.
8. Высокая температура кипения и низкая температура замерзания.
9. Высокая устойчивость к воспламенению (пожаробезопасность).
10. Малая склонность к пенообразованию.
11. Возможность регенерации (т.е. восстановления) начальных свойств.
12. Низкая стоимость и недефицитность.

Гидравлические жидкости

В качестве рабочих жидкостей применяют

- минеральные масла
- эмульсии
- смеси
- синтетические жидкости.

Гидравлические жидкости

Минеральные масла получают в результате переработки высококачественных сортов нефти с введением в них присадок, улучшающих их физические свойства.

Присадки добавляют в количестве 0.05...10%. Присадки могут быть многофункциональными, т.е. влиять на несколько физических свойств сразу.

Различают присадки антиокислительные, вязкостные, антикоррозионные, противоизносные, снижающие температуру застывания жидкости, противопенные и т.д.

Гидравлические жидкости

Водомасляные эмульсии представляют собой смеси воды и минерального масла в соотношениях 100:1, 50:1 и т.д. Минеральные масла в эмульсиях служат для уменьшения коррозионного воздействия рабочей жидкости и увеличения смазывающей способности.

Эмульсии применяют в гидросистемах машин, работающих в пожароопасных условиях и в машинах, где требуется большое количество рабочей жидкости (например, в гидравлических прессах). Применение ограничено отрицательными и высокими (до 60° С) температурами.

Гидравлические жидкости

Смеси различных сортов минеральных масел между собой, с керосином, глицерином и т.д. применяют в гидросистемах высокой точности, а также в гидросистемах, работающих в условиях низких температур.

Гидравлические жидкости

Синтетические жидкости на основе силиконов, хлор- и фторуглеродистых соединениях, полифеноловых эфиров и т.д. негорючи, стойки к воздействию химических элементов, обладают стабильностью вязкостных характеристик в широком диапазоне температур.

В последнее время, несмотря на высокую стоимость синтетических жидкостей, они находят все большее применение в гидроприводах машин общего назначения.

Гидравлические жидкости

Выбор и эксплуатации рабочих жидкостей

Выбор рабочих жидкостей для гидросистемы машины определяется:

- диапазоном рабочих температур;
- давлением в гидросистеме;
- скоростями движения исполнительных механизмов;
- конструкционными материалами и материалами уплотнений;
- особенностями эксплуатации машины (на открытом воздухе или в помещении, условиями хранения машины, возможностями засорения и т.д.).

Гидравлические жидкости

Обозначение рабочих жидкостей

Рабочие жидкости общего назначения принято называть «индустриальные» с указанием вязкости в сСт при $t = 50\text{ °C}$.

Существуют еще отраслевые системы обозначений:

- МГ — масла гидравлические
- И – индустриальные
- МГЕ – масла гидравлические для мобильных объектов
- АМГ – авиационные масла гидравлические
- ИГП – жидкости для станочных гидроприводов
- Тп – турбинные масла

Гидравлические жидкости

В будущем предполагается переход на новую систему маркировки, основой которой будет являться международный стандарт MS ISO 6443/4.

Устанавливает классификацию группы Н (гидравлические системы), которая относится к классу L (смазочные материалы, индустриальные масла и родственные продукты). Добавочные к наименованию группы Н индексы L, V, M, R и другие являются закодированными обозначениями различных улучшающих присадок.

Гидравлические жидкости

Например:

L — HH — очищенные минеральные масла без присадок;

L — HL — масла с антиокислительными и антифрикционными свойствами;

L — HF — жидкость с улучшенными огнестойкими свойствами;

L — HR — масла типа HL с вязкостными присадками;

L — HM — масла типа HL с улучшенными противоизносными свойствами;

L — HV — масла типа HM с присадками, увеличивающими вязкость.

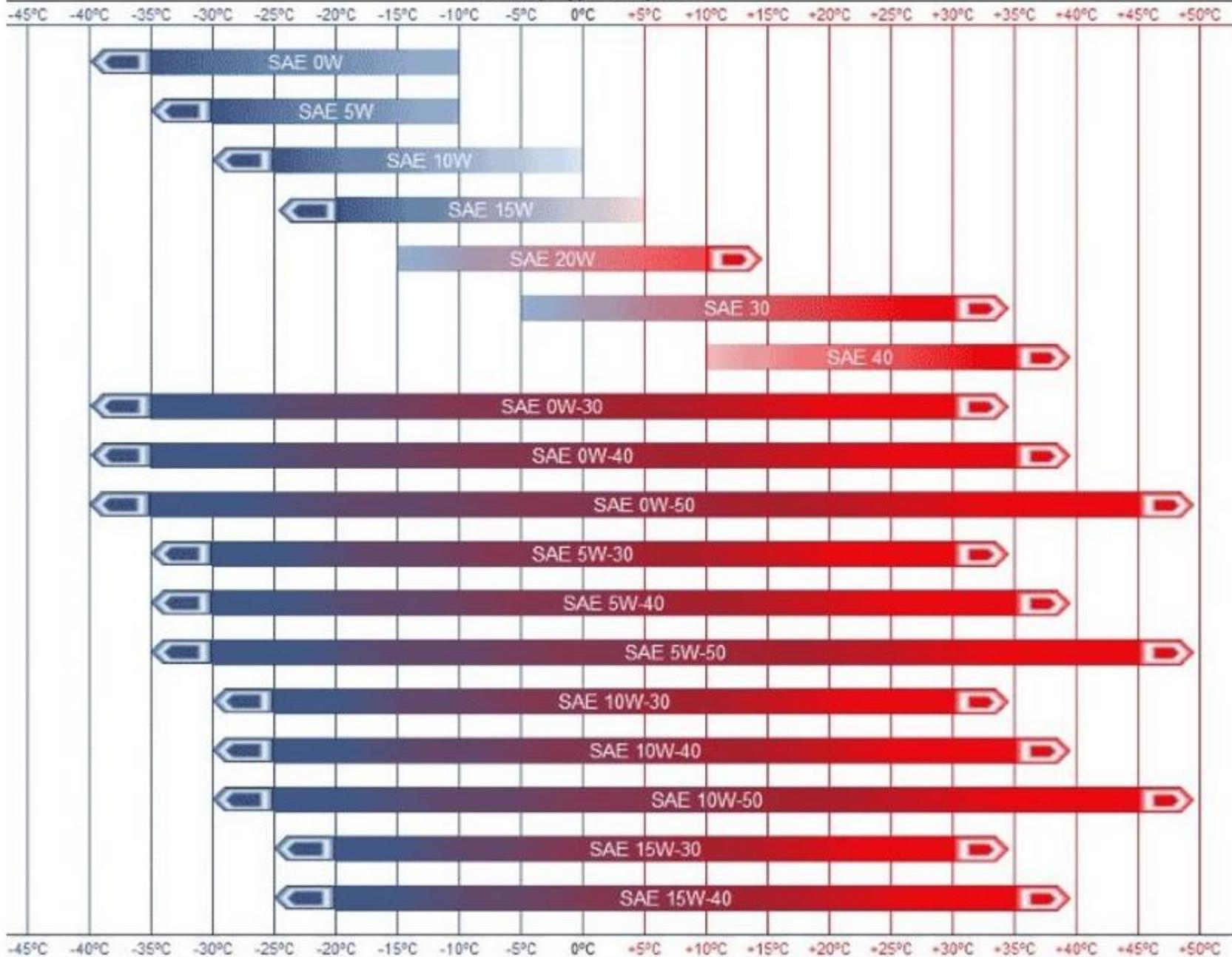
Гидравлические жидкости

Спецификация SAE (Society of Automotive Engineers - американская Ассоциация Автомобильных Инженеров) основная классификация моторных масел, регламентирующая вязкость масла. Она описывает свойства вязкости и текучести – а, именно, способности масла течь и, одновременно, "прилипать" к поверхности двигателя.

По данной классификации все моторные масла делятся на 11 больших подкатегорий (6 зимних -0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W; и 5 летних - 20, 30, 40, 50, 60). Буква W обозначает зимнее (Winter), а сдвоенный номер указывает на всесезонность масла (например, 5W30, 10W40). В таком соотношении первые цифры указывают на температуру безопасного пуска в зимнее время (общепринято используется от -40 0С, т.е. масла 0W можно использовать при -40, 5W при -35 и т.д.), последующие характеризуют сохранение работоспособности масла в высокотемпературных зонах двигателя. Чем меньше последние цифры – тем консистенция масла более жидкая. Жидкое масло работает лучше в зимнее время. Более густое масло надежнее при перегревах двигателя, в жарком климате и для старых изношенных движков.

Графически соотношение температур для классификации SAE представляется следующим образом:

Температура воздуха.



-45°C -40°C -35°C -30°C -25°C -20°C -15°C -10°C -5°C 0°C +5°C +10°C +15°C +20°C +25°C +30°C +35°C +40°C +45°C +50°C

Гидравлические жидкости



Гидравлические жидкости

Правила эксплуатации рабочих жидкостей в гидросистемах:

- не смешивать в одной таре свежую и бывшую в эксплуатации рабочие жидкости;
- пользоваться чистым заправочным инвентарем;
- не допускать смешивания рабочей жидкости с водой;
- не допускать попадания в жидкость пыли, песка, стружки и других механических частиц;
- фильтровать жидкость перед ее заливкой;
- герметично закрывать резервуары, содержащие рабочую жидкость;

Гидравлические жидкости

- при работе гидропривода в широком диапазоне температур рекомендуется применять летние и зимние сорта рабочих жидкостей;
- необходимо также после первого периода работы гидропривода в течение 50...100 ч заменять рабочую жидкость для ее фильтрации и очистки от продуктов износа в начальный период эксплуатации.

Гидравлические жидкости

Качество рабочей жидкости оценивают следующими доступными способами:

1. Отбирают пробу и хранят ее в неподвижном состоянии не менее 1 сут. Если на дне емкости с пробой образовались осадки, рабочая жидкость грязная и ее надо или отфильтровать, или заменить. Если цвет жидкости стал другой (кроме черного и темно-коричневого), следует определить состав загрязняющих веществ.

2. Если часто происходит засорение фильтрующего элемента, то рабочая жидкость значительно загрязнена.

3. Если проба рабочей жидкости, налитая в прозрачный сосуд, мутная в верхней части сосуда, то в жидкости находится воздух, если в нижней — то вода. Рабочую жидкость с водой необходимо заменить.

Метод масляного пятна

Качество рабочей жидкости оценивают следующими доступными способами:

1. Отбирают пробу и хранят ее в неподвижном состоянии не менее 1 сут. Если на дне емкости с пробой образовались осадки, рабочая жидкость грязная и ее надо или отфильтровать, или заменить. Если цвет жидкости стал другой (кроме черного и темно-коричневого), следует определить состав загрязняющих веществ.

2. Если часто происходит засорение фильтрующего элемента, то рабочая жидкость значительно загрязнена.

3. Если проба рабочей жидкости, налитая в прозрачный сосуд, мутная в верхней части сосуда, то в жидкости находится воздух, если в нижней — то вода. Рабочую жидкость с водой необходимо заменить.