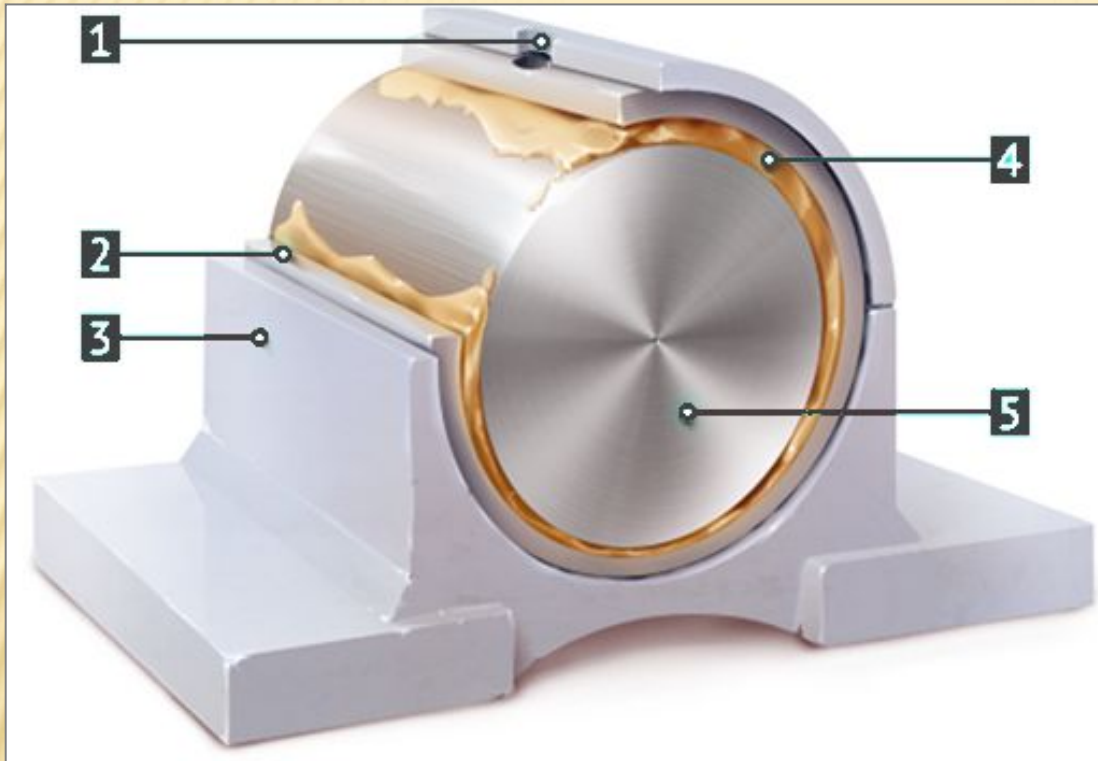


СИСТЕМА ТЕРМИЧЕСКОЙ  
СТАБИЛИЗАЦИИ МАСЛА В СИСТЕМЕ  
СМАЗКИ  
ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

---

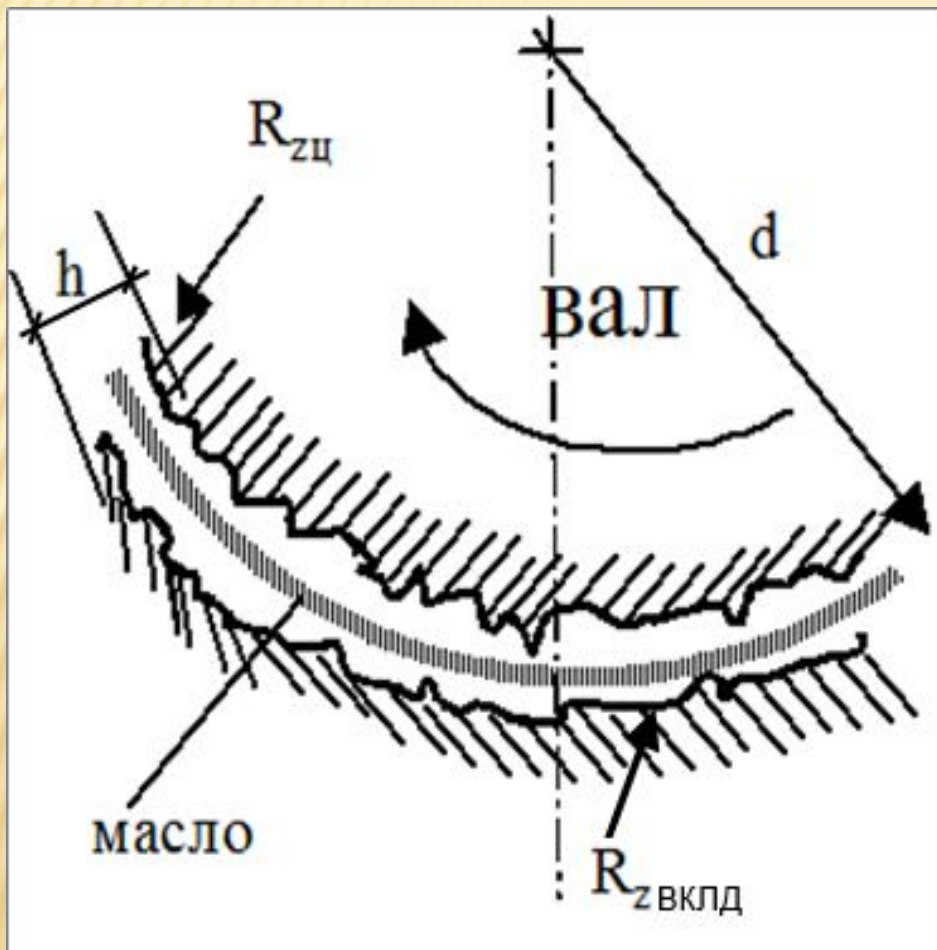
# КОНСТРУКЦИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ



**Радиальный подшипник скольжения** представляет собой корпус, имеющий цилиндрическое отверстие, в которое вставляется рабочий элемент - вкладыш или втулка антифрикционного материала и смазывающее устройство. Между валом и отверстием втулки подшипника имеется зазор, заполненный смазочным материалом, который позволяет свободно вращаться валу.

- 1 – канал подачи смазочного материала;
- 2 – втулка (вкладыш);
- 3 – корпус;
- 4 – зазор, заполненный смазочным материалом;
- 5 – цапфа вала

# РЕЖИМЫ ТРЕНИЯ В ОПОРАХ



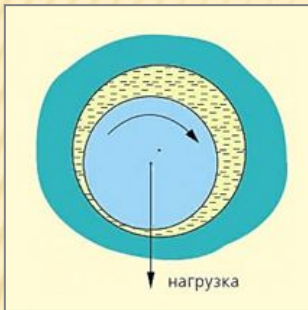
Трение в подшипнике определяет износ и нагрев подшипника, а также его КПД. Величина коэффициента трения (или работы трения) в подшипнике является основным показателем его качества и работоспособности.

В зависимости от количества (толщины слоя) смазочного материала в зазоре подшипника скольжения различают виды (режимы) трения:

1. Жидкостное
2. Полужидкостное
3. Полусухое (граничное)
4. Сухое

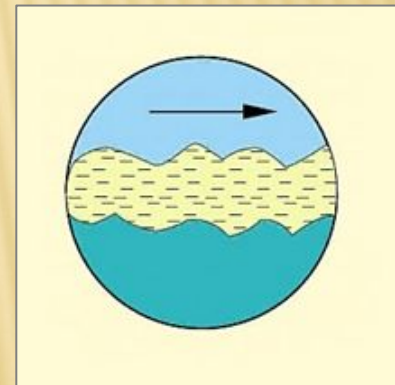


# РЕЖИМЫ ТРЕНИЯ В ОПОРАХ

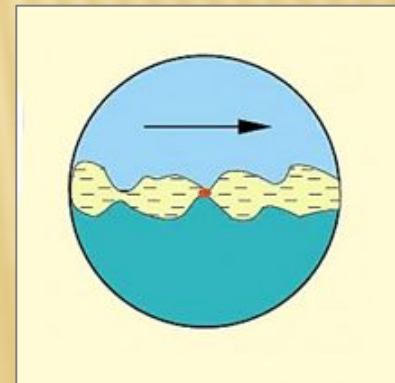


В зависимости от количества (толщины слоя) смазочного материала в зазоре подшипника скольжения различают виды (режимы) трения:

**1) жидкостное** – полное разделение поверхностей слоем смазки, толщина которой больше суммарной высоты шероховатости  $h > R_{z \text{ цапфа}} + R_{z \text{ вкладыш}}$ . Масло воспринимает внешнюю нагрузку, предотвращая соприкосновение рабочих поверхностей и их износ. Сопротивление движению определяется только внутренним трением в смазочной жидкости. Коэффициент трения  $\mu = 0,001...0,005$

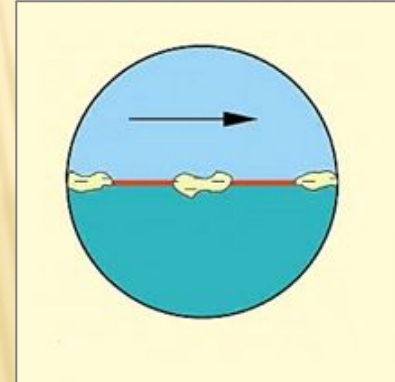


**2) полужидкостное трение** – основная часть взаимодействующих поверхностей разделена слоем смазочной жидкости, но его толщина недостаточна. Поверхности подшипника и цапфы контактируют вершинами микронеровностей. Коэффициент трения  $\mu = 0,008...0,1$

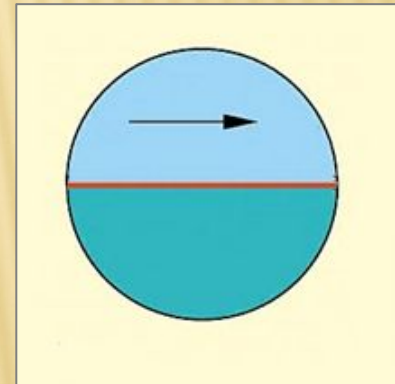


# РЕЖИМЫ ТРЕНИЯ В ОПОРАХ

**3) полусухое (граничное) трение** – поверхности почти постоянно контактируют между собой, однако между ними имеется некоторое количество смазочного материала. Граничное трение имеет место при небольших скоростях скольжения трущихся поверхностей, при этом толщина слоя смазки порядка 0,1 мм



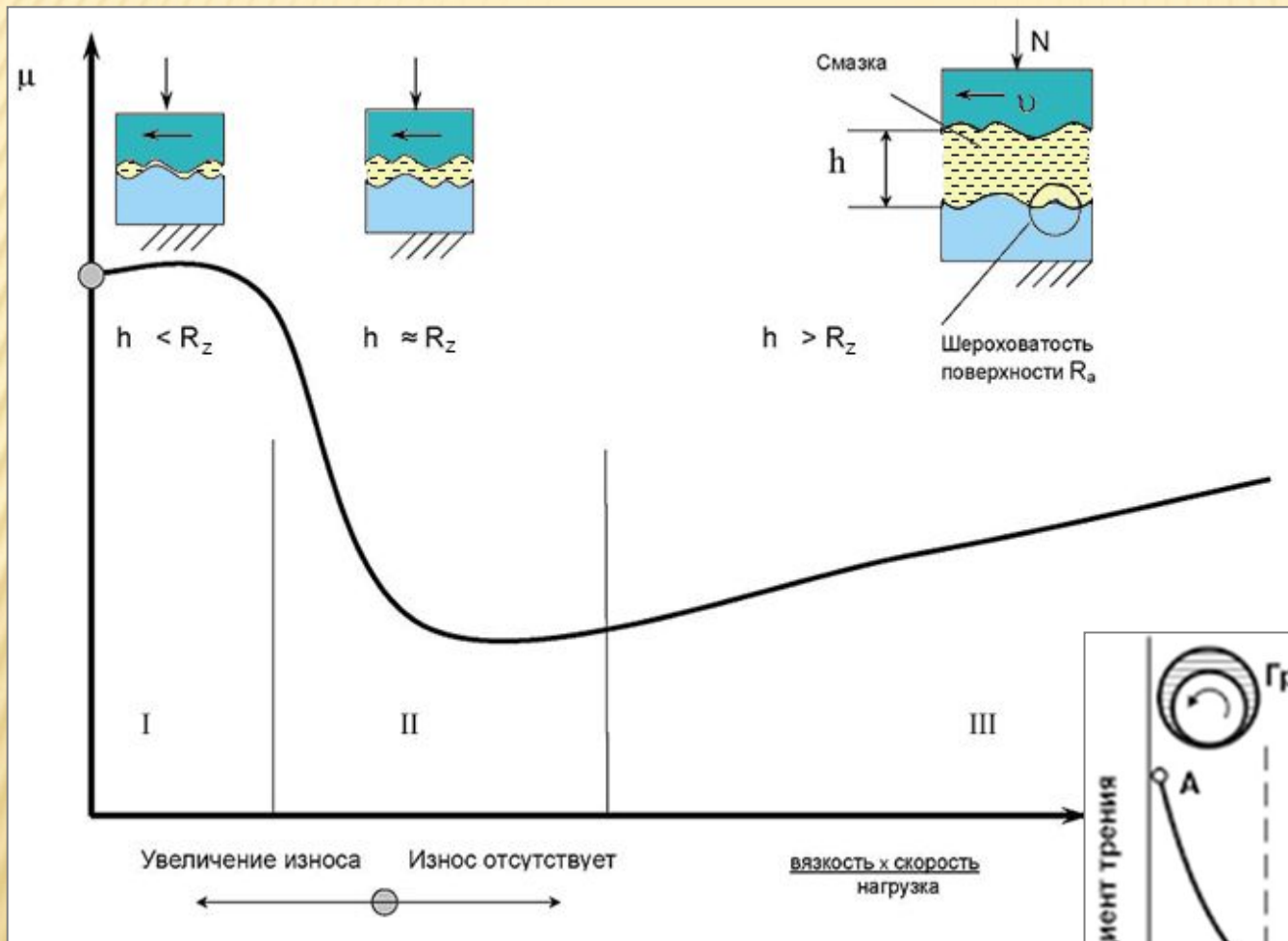
**4) сухое трение** – в зазоре между поверхностями цапфы вала и подшипника смазочный материал отсутствует полностью, вследствие чего эти поверхности находятся в состоянии непрерывного контакта



**Для правильной работы подшипников скольжения без износа поверхностей они должны быть разделены слоем смазки достаточной толщины, т.е. необходимо обеспечивать жидкостный режим трения.**

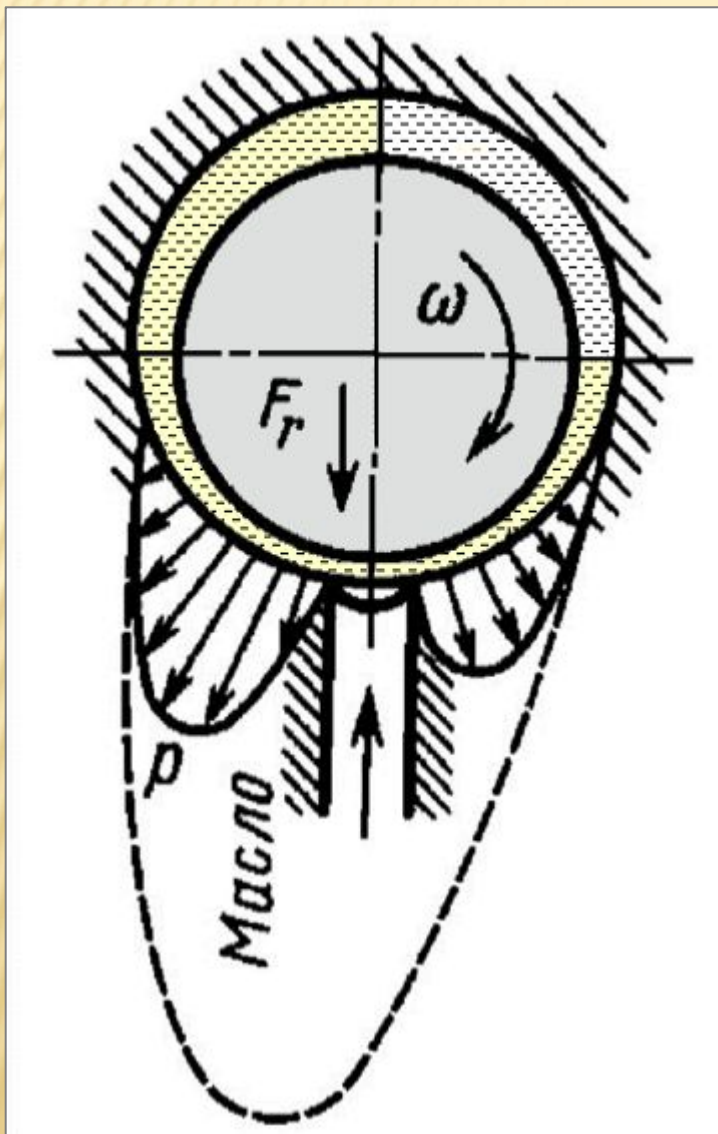
При жидкостном трении смазки в зависимости от способа подачи смазки в рабочий зазор подшипника и разделения твёрдых поверхностей слоем жидкой смазки различают **гидростатический** и **гидродинамический** способы смазывания.

# ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМОВ ТРЕНИЯ





# СМАЗКА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ



**Гидростатический способ** – основан на разделении трущихся поверхностей за счет гидростатического напора (давления) подводимой к подшипнику смазочной жидкости. Оно создается внешним насосом, который подает смазочный материал в зазор между цапфой и подшипником навстречу основным нагрузкам, действующим на цапфу вала.

Гидростатические подшипники требуют для нормальной работы сложной гидросистемы для подачи масла в зону высокого гидравлического давления (под цапфу). Давление и вязкость смазывающей жидкости должны быть такими, чтобы цапфа вала всплывала на слое смазки.

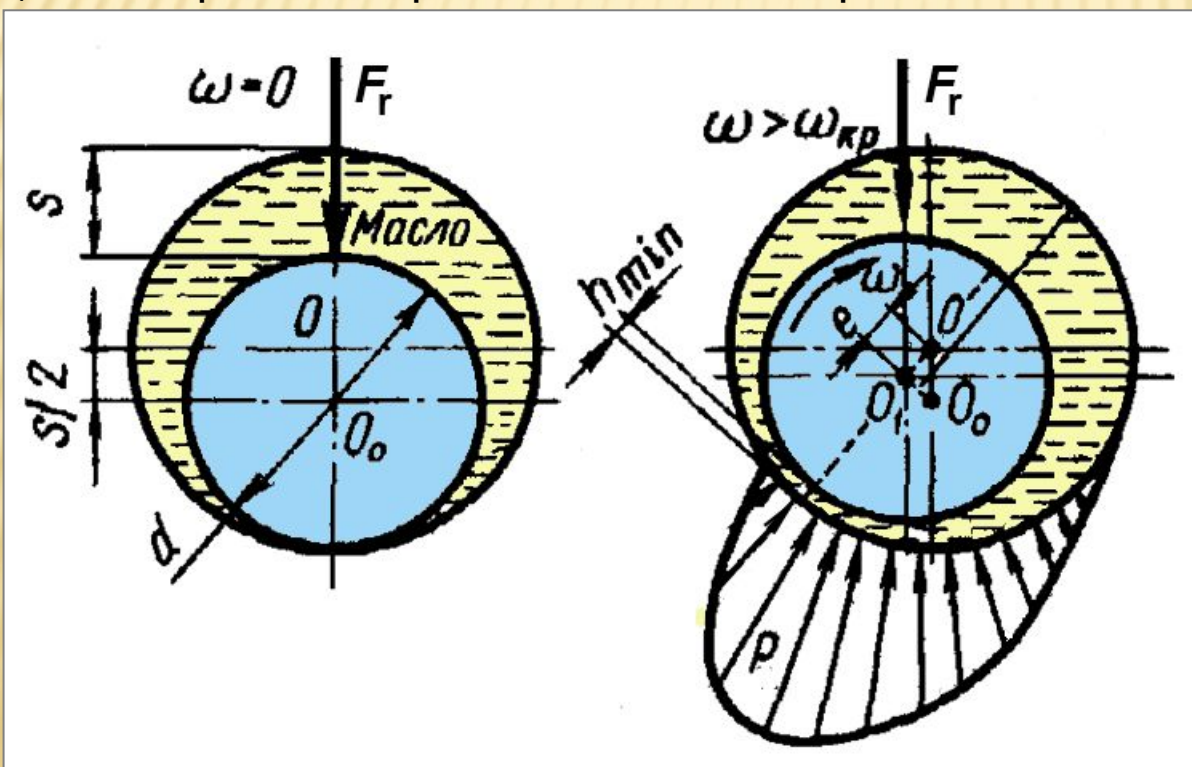
Применяется этот способ для смазывания

- подшипников тяжело нагруженных тихоходных валов,
- гидростатической центровки валов в прецизионных машинах

# СМАЗКА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

**Гидродинамический способ** – основан на действии гидродинамических сил. Переход к режиму жидкостного трения происходит при некоторой скорости называемой критической  $\omega_{кр}$ .

Для работы подшипника в режиме жидкостного трения необходима подъемная сила, создаваемая давлением смазочной жидкости. При угловой скорости  $\omega > \omega_{кр}$  цапфа всплывает в масле и несколько смещается в сторону вращения (эксцентрическое расположения цапфы в подшипнике).

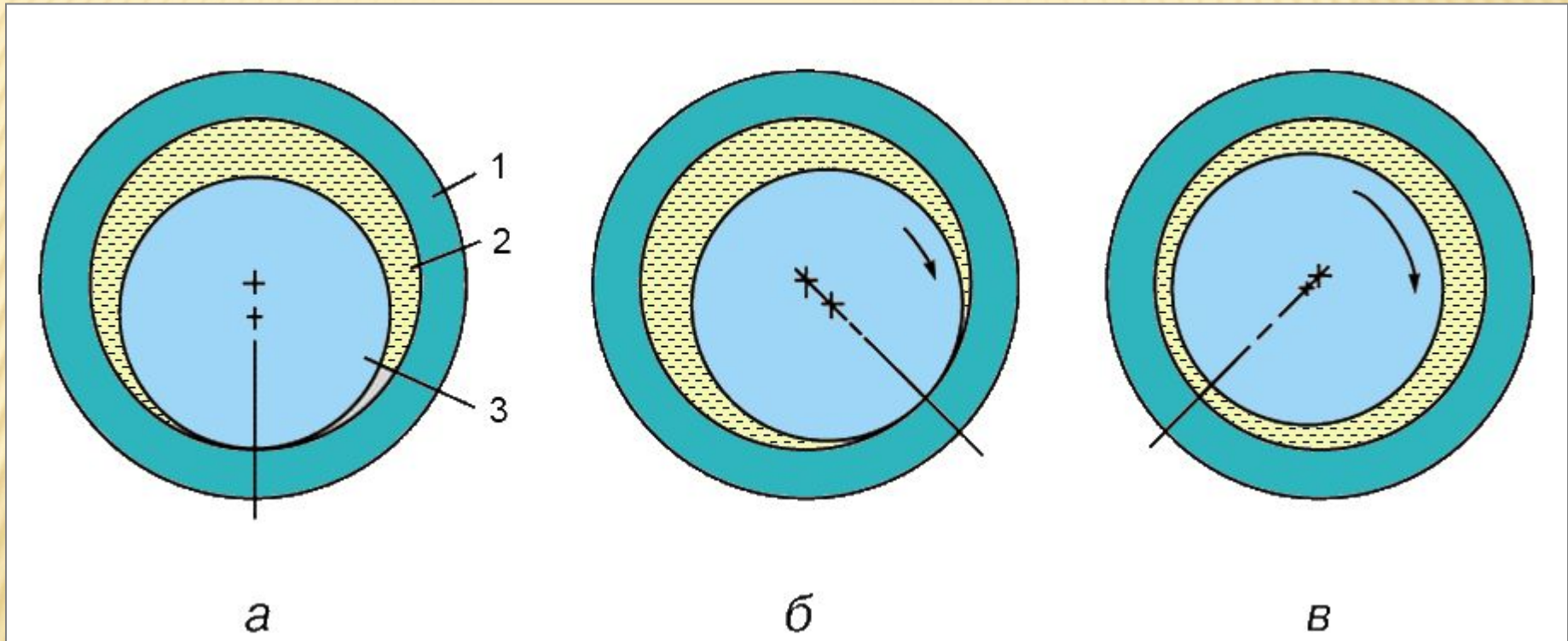


Радиальные зазоры между цапфой и вкладышем снизу меньше, чем сверху, что приводит к появлению давления и подъемной силы.

Толщина масляного слоя  $h$  определяется радиальной силой, скоростью вращения вала и вязкостью смазочной жидкости.



# ФОРМИРОВАНИЕ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ В ПОДШИПНИКЕ СКОЛЬЖЕНИЯ



1 - подшипник, 2 - смазка, 3 - вал

*а - состояние покоя*

*б - начало движения, граничное трение;*

*в - установившийся режим, жидкостное трение*

# ВЯЗКОСТЬ

**Вязкость (внутреннее трение)** – свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой, определяющее их текучесть

Вязкость минерального базового масла определяется средним размером и структурой молекул его компонентов. Чем больше молекулярный размер, тем выше вязкость. Размер и структура минеральных базовых масел очень разнообразна.

При производстве синтетических масел молекулярная структура и размер химическим путем «нормализуются».

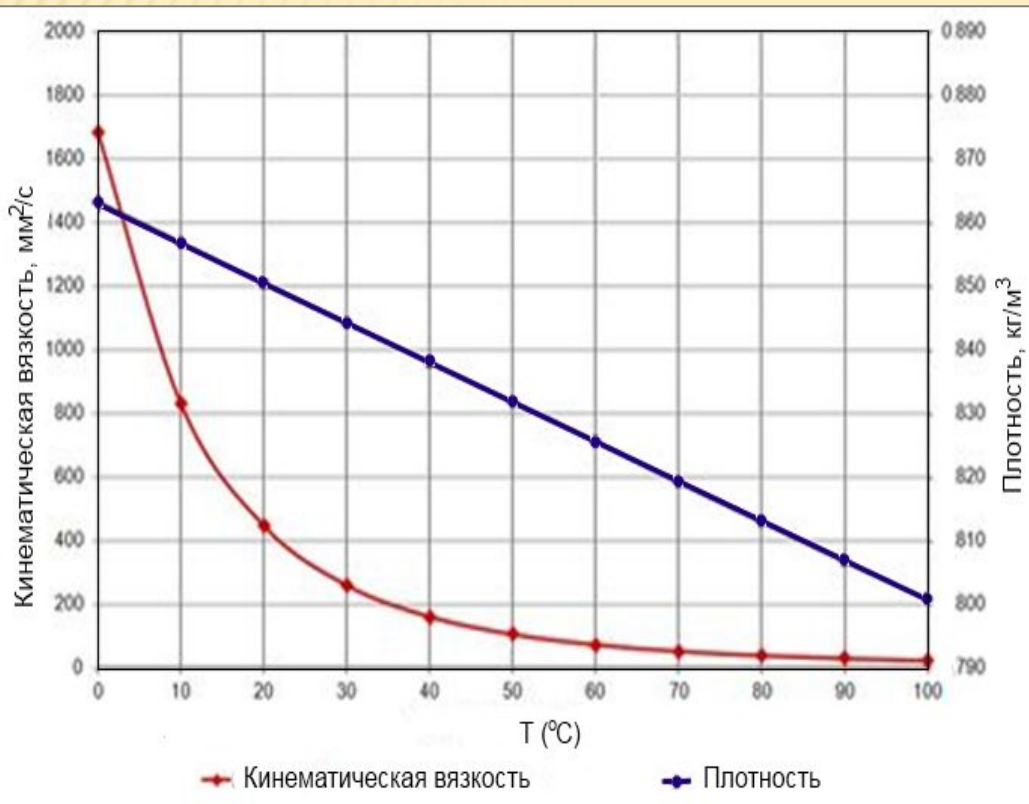
В случае минеральных базовых масел, размер и структуры молекул изменяются под воздействием внешних факторов (прежде всего рабочей температуры) и срока использования. С течением времени вязкость увеличивается.

Синтетические масла являются относительно устойчивыми к внешним факторам, что приводит к замедлению скорости изменения вязкости.





# ВЯЗКОСТЬ



Вязкость масел (минеральных и синтетических) уменьшается при возрастании температуры.

**Индекс вязкости** – зависит от скорости снижения вязкости с увеличением температуры масла. Это относительная эмпирическая величина, характеризующая пригодности смазывающей жидкости для работы при различных температурах. Чем выше индекс вязкости, тем меньше зависимость вязкости от температуры

Масла с высоким индексом способны работать в широком температурном диапазоне и обеспечивать жидкостное трение.

Индекс вязкости зависит от химического состава масла. Минеральные масла имеют самый низкий индекс вязкости – **120...140**, полусинтетические – **130...150**, синтетические масла имеют лучшие показатели – **140...180**.

# ВЯЗКОСТЬ

Влияние на индекс вязкости состава масла поясняет рисунок.

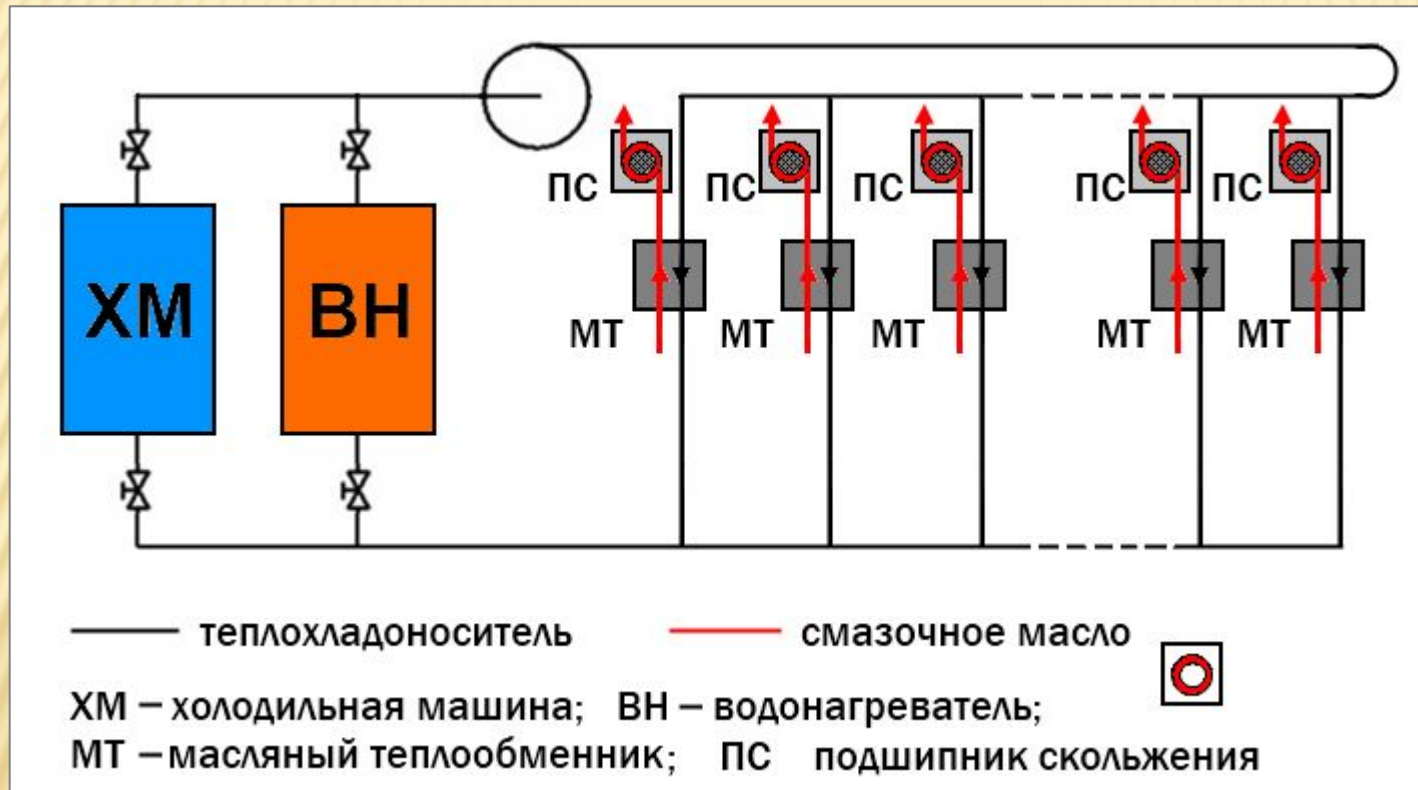


- Основные компоненты масел:
- Парафины – линейные нециклические углеводородные молекулы
  - Нафтены (циклопарафины) – циклические углеводородные молекулы (циклобутан и др)
  - Ароматические вещества – циклические углеводородные молекулы (бензол и др.)

Индекс вязкости повышается с увеличением доли парафинов в составе масла и понижается при повышении доли нафтеновых и ароматических (циклических) углеводородов.



# СХЕМА ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ МАСЛА



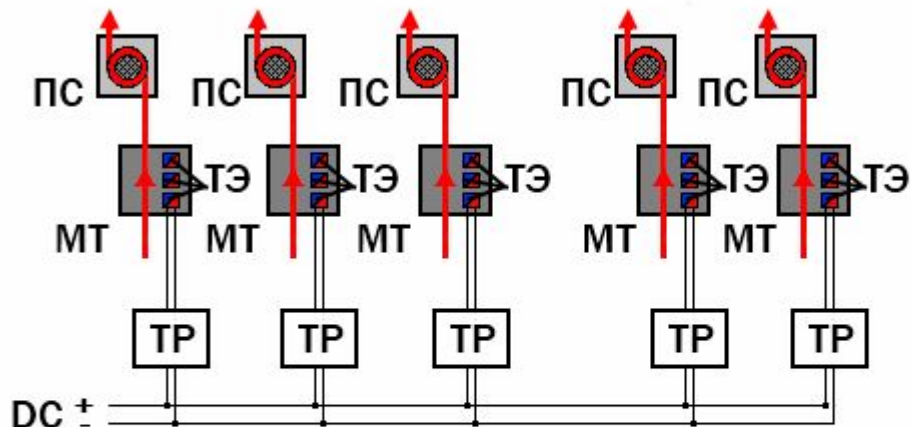
## Достоинства:

- высокий холодильный КПД парокомпрессионной ХМ

## Недостатки:

- необходима отдельная гидравлическая система для теплохладоносителя
- различные аппараты для нагрева и охлаждения
- более сложная система терморегуляции масла

# СХЕМА ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ МАСЛА



— смазочное масло

МТ – масляный теплообменник; ПС – подшипник скольжения  
ТЭ – термоэлемент; ТР – электронный терморегулятор

## Достоинства:

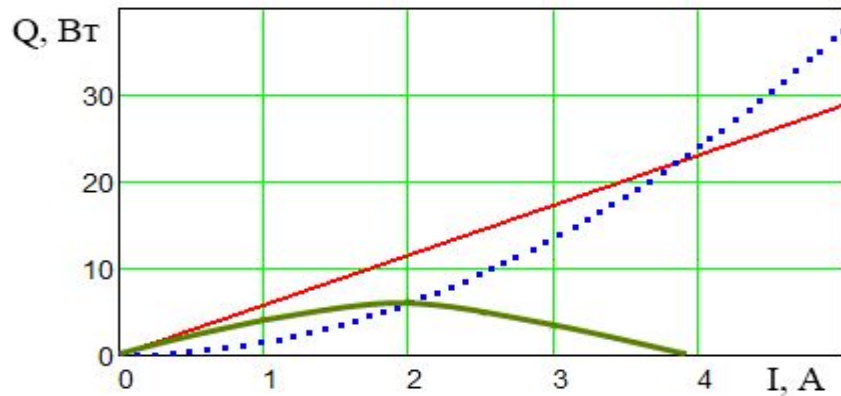
- необходим только подвод электропитания
- термоэлементы являются охладителями или нагревателями в зависимости от полярности электропитания
- простая система терморегуляции

## Недостатки:

- более низкий холодильный КПД термоэлементов



# ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОЭЛЕМЕНТА



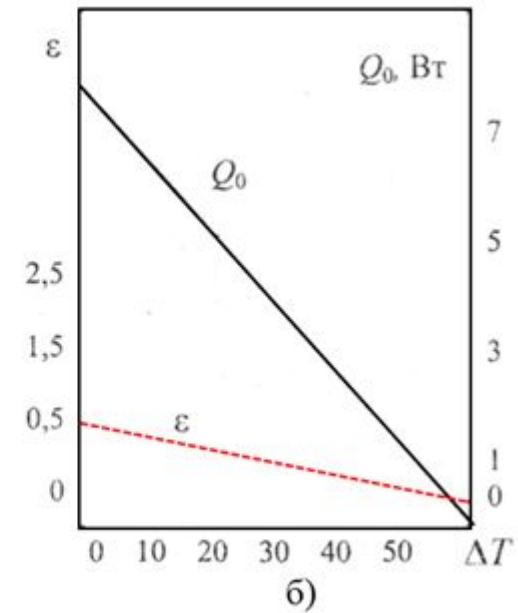
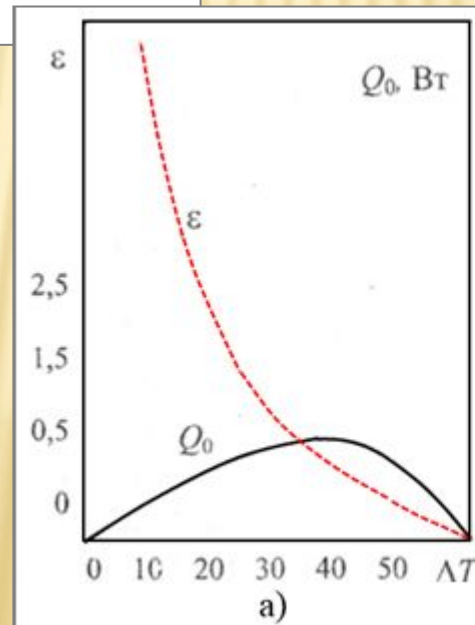
- идеальная холодопроизводительность ТЭ
- ⋯ потери за счет джоулева тепла и теплопроводности
- реальная холодопроизводительность ТЭ

**Зависимость  
холодопроизводительности ТЭ  
от силы тока**

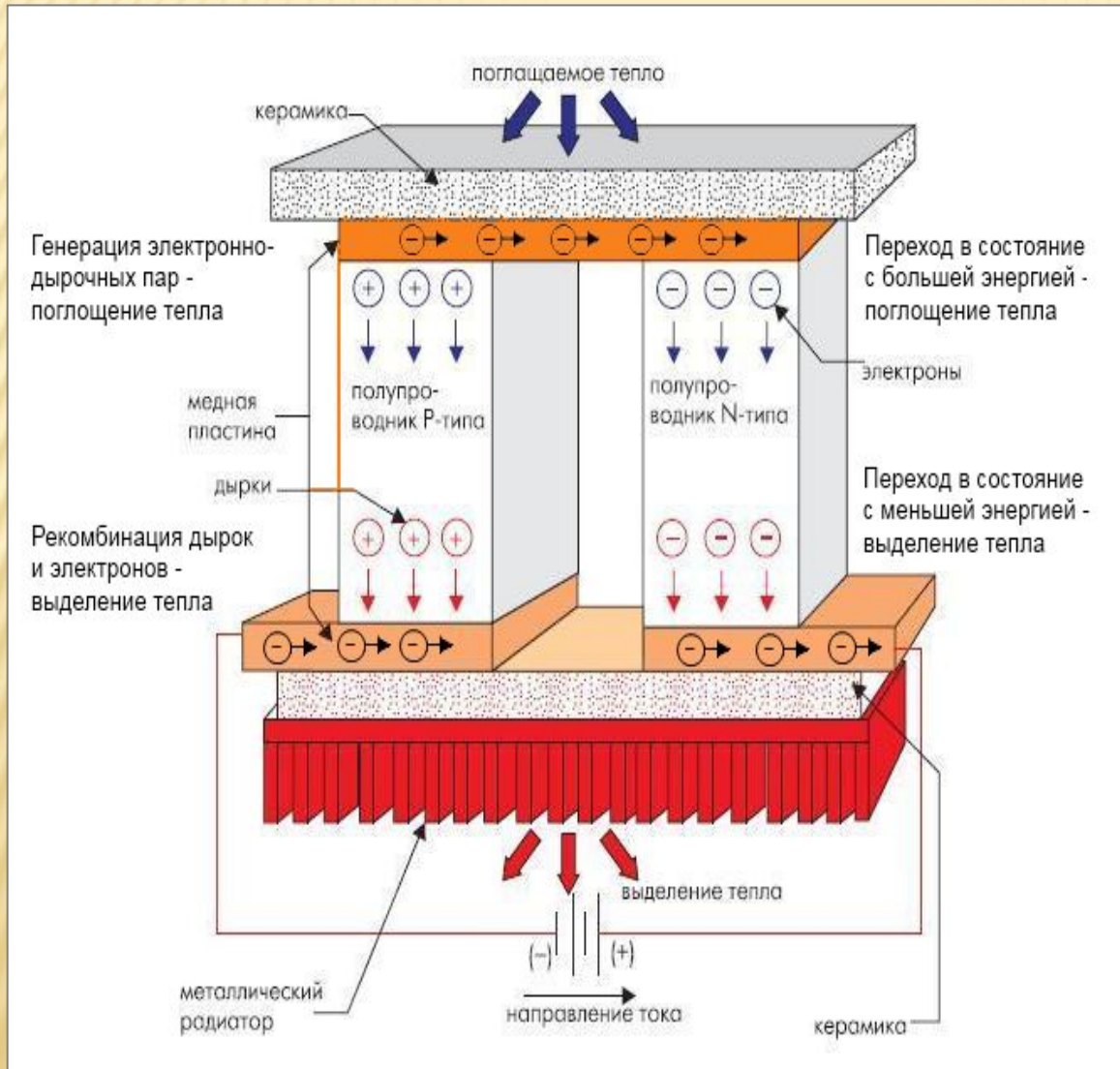
**Холодильный КПД и  
холодопроизводительность ТЭ**

а) режим максимального  
холодильного КПД

б) режим максимальной  
холодопроизводительности



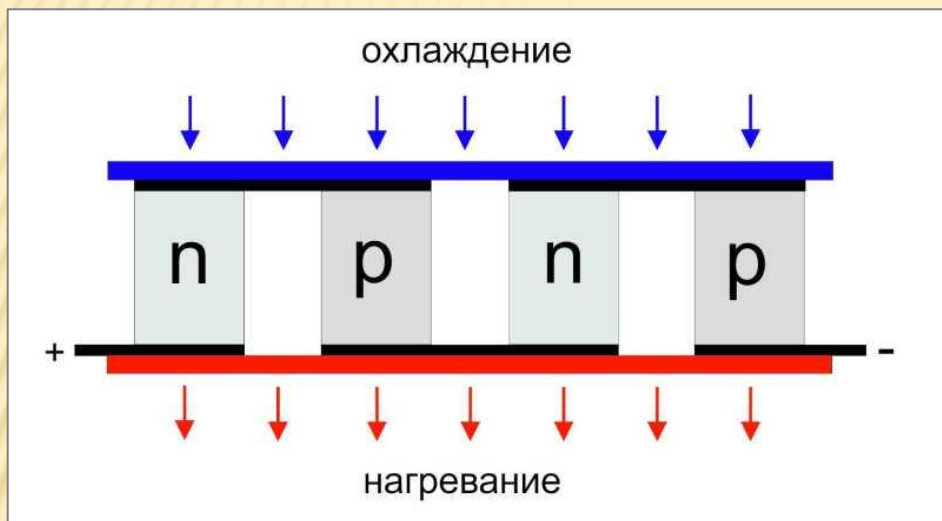
# ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ



Работа термоэлемента основана на **эффекте Пельтье** – при протекании электрического тока в месте контакта (спая) разнородных проводников происходит выделение или поглощение тепла. Выделение или поглощение зависит от направления тока.

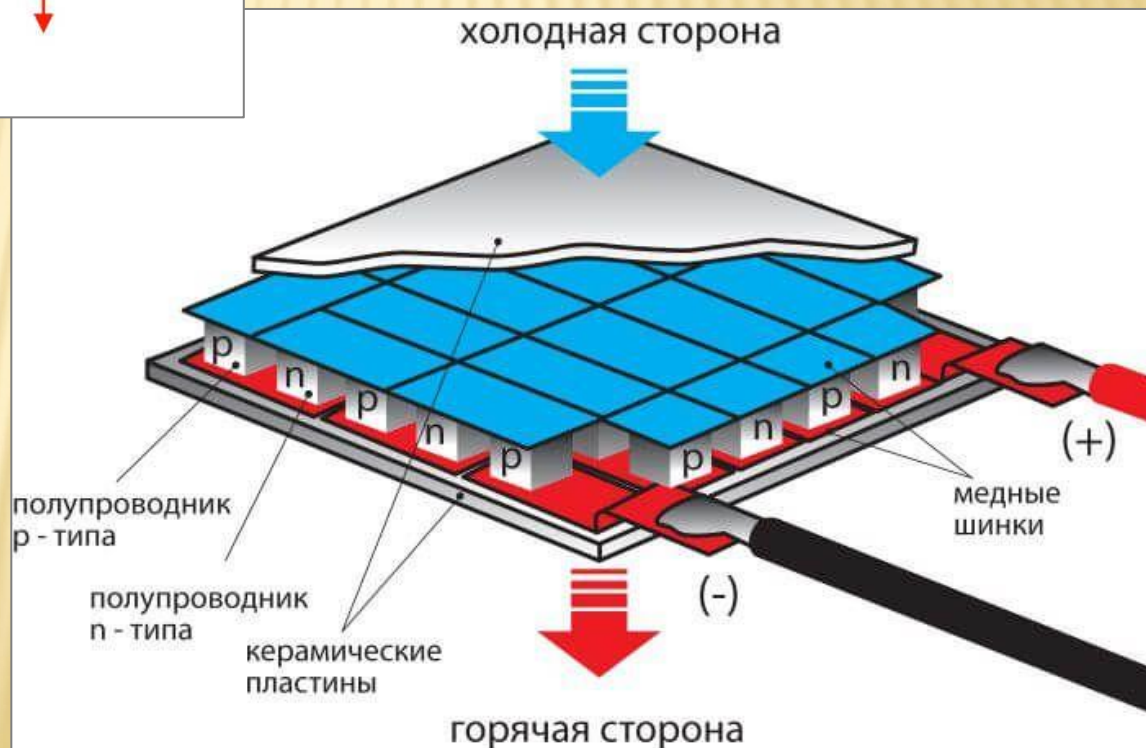


# КОНСТРУКЦИЯ ТЕРМОЭЛЕМЕНТА

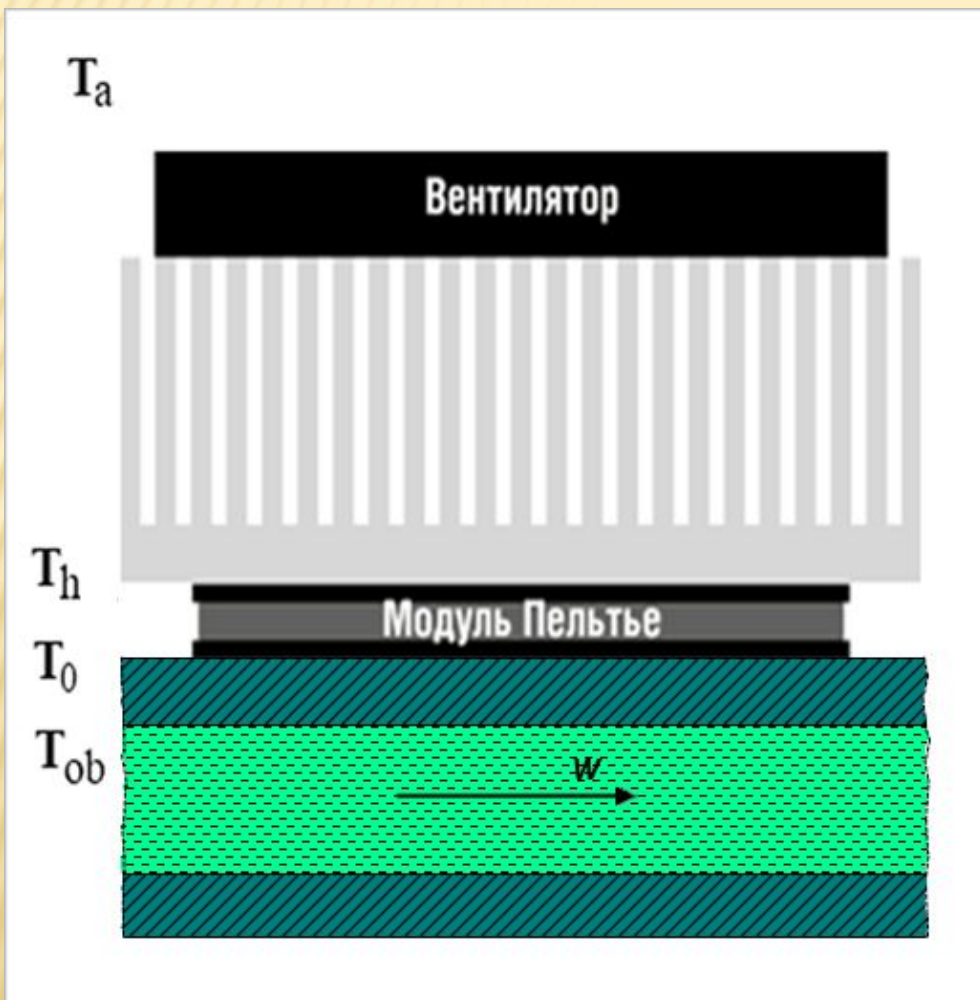


Работа линейного слоя термоэлемента

Конструкция термоэлемента



# КОНСТРУКЦИЯ ОХЛАДИТЕЛЯ (НАГРЕВАТЕЛЯ) МАСЛА



- $T_a$  – температура окружающей среды
- $T_h$  – температура горячей стороны термоэлемента
- $T_0$  – температура холодной стороны термоэлемента
- $T_{ob}$  – температура охлаждаемого объекта

# КОНСТРУКЦИЯ РАДИАТОРА

