

---

НАПРАВЛЯЮЩИЕ  
ПРЯМОЛИНЕЙНОГО  
ДВИЖЕНИЯ С ТРЕНИЕМ  
СКОЛЬЖЕНИЯ

# Классификация НПД с трением скольжения:

по форме рабочих поверхностей:

---

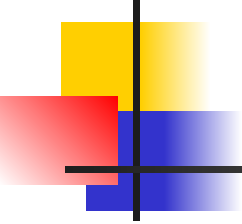
- цилиндрические,
- с плоскими рабочими поверхностями,

по виду силового замыкания:

- открытого типа,
- закрытого типа,

по точности работы:

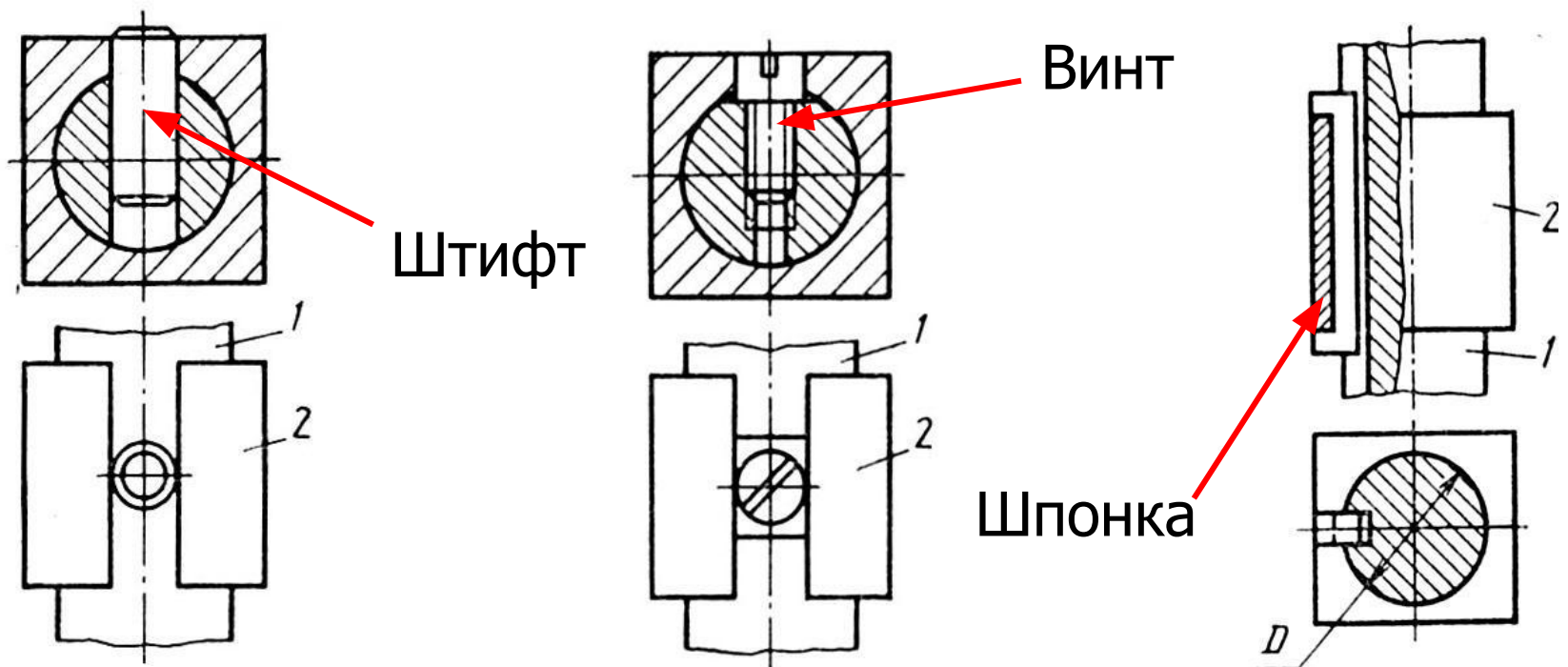
- грубые,
- средней точности,

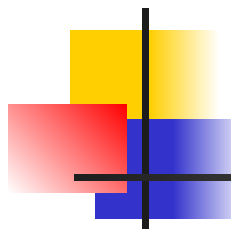
- 
- Точные,
  - высокоточные,
  - сверхточные (прецизионные).

В НПД подвижную деталь часто называют **ползуном** (чаще – **кареткой**), а неподвижную – **направляющей**.

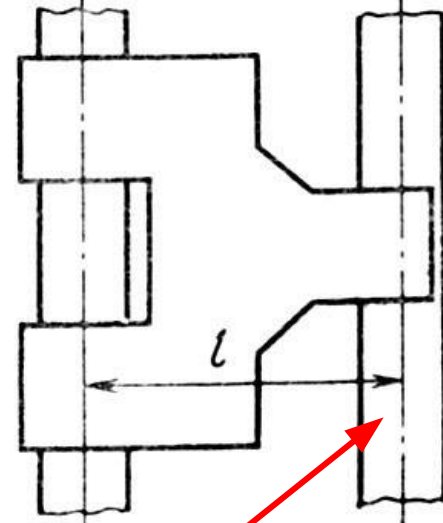
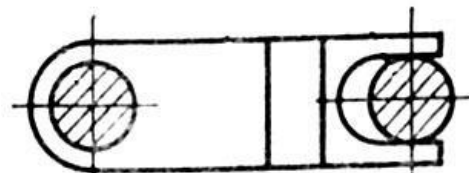
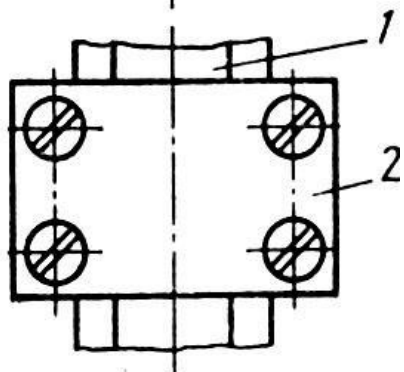
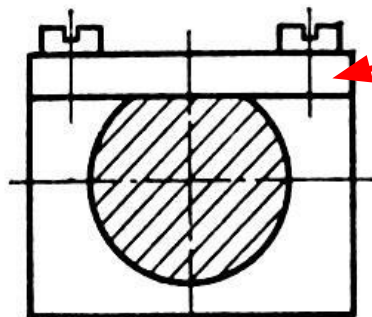
# Цилиндрические НПД с трением скольжения

Основной направляющей поверхностью является цилиндрическая. Поэтому необходимо исключить возможное проворачивание ползуна.

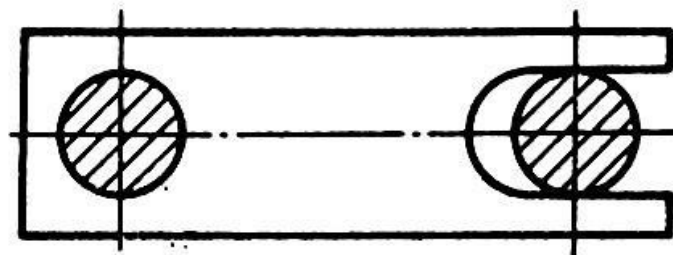
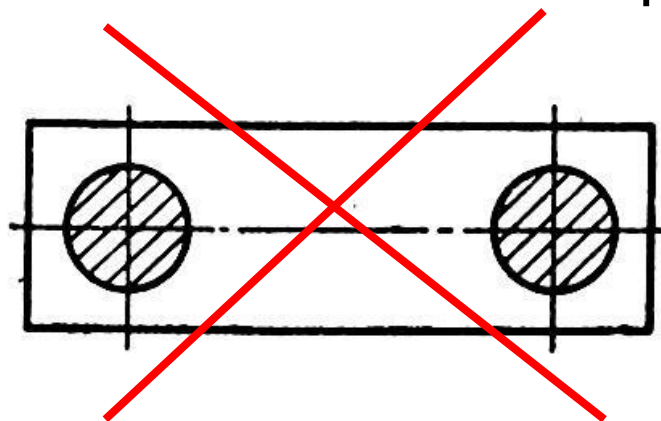




Планка



Дополнительная направляющая





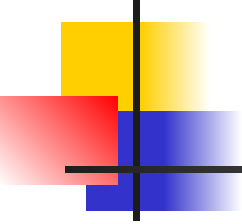
## Достоинства цилиндрических НПД:

- простота конструкции и сборки;
- технологичность;
- достаточно высокая точность.

## Недостатки цилиндрических НПД:

- невозможность выборки зазоров, возникающих при изготовлении и износе;
- невозможность регулировки.

# НПД трения скольжения с призматическими рабочими поверхностями

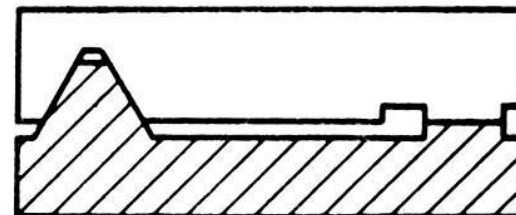
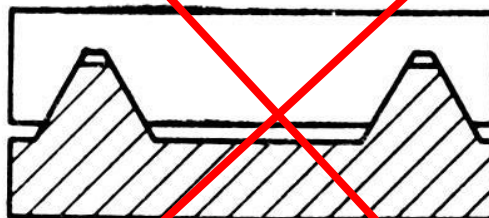
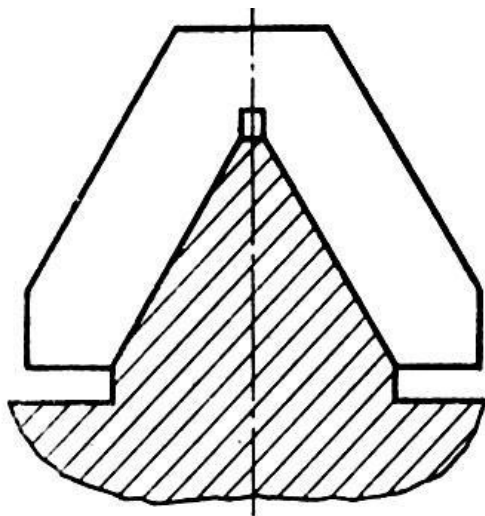


---

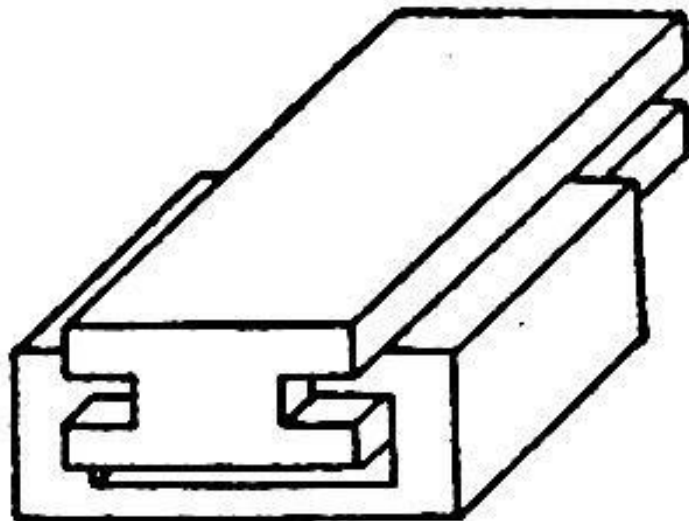
В зависимости от вида профиля различают **призматические** направляющие: треугольные; Н-, П-, Т- образные и типа «ласточкин хвост».

Треугольные направляющие, как правило, открытого типа. Все остальные – закрытого типа.

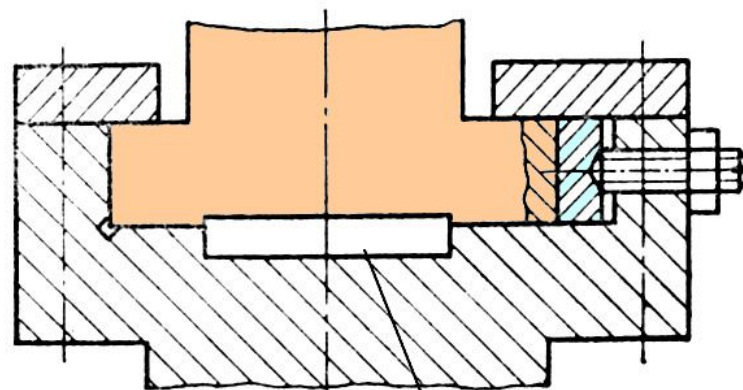
Треугольная НПД  
V-образная



Н-образная НПД



Т-образная  
регулируемая НПД

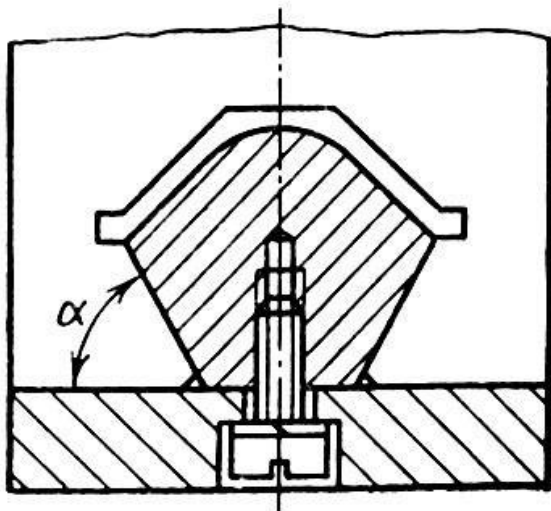


обнижение



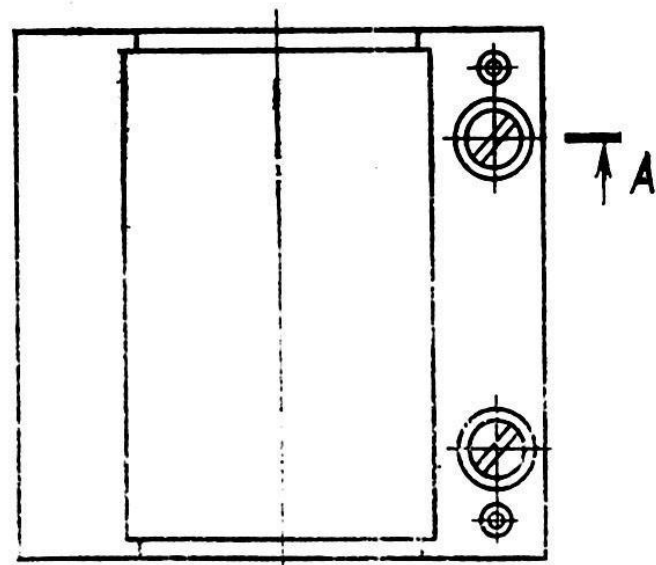
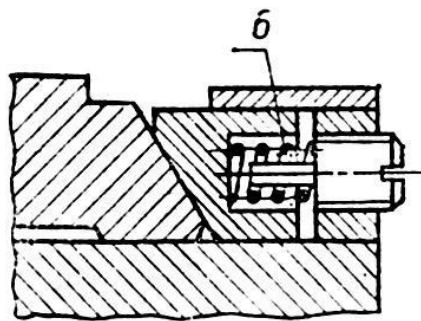
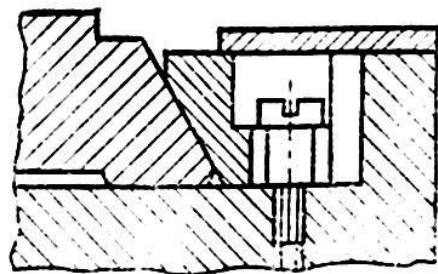
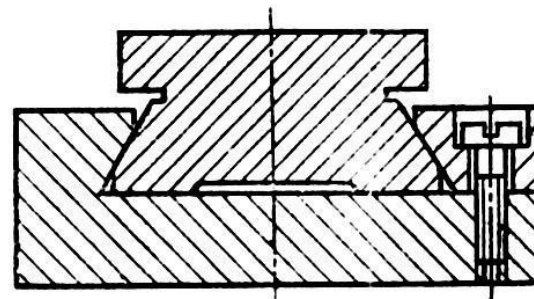
# НПД типа «ласточкин хвост»

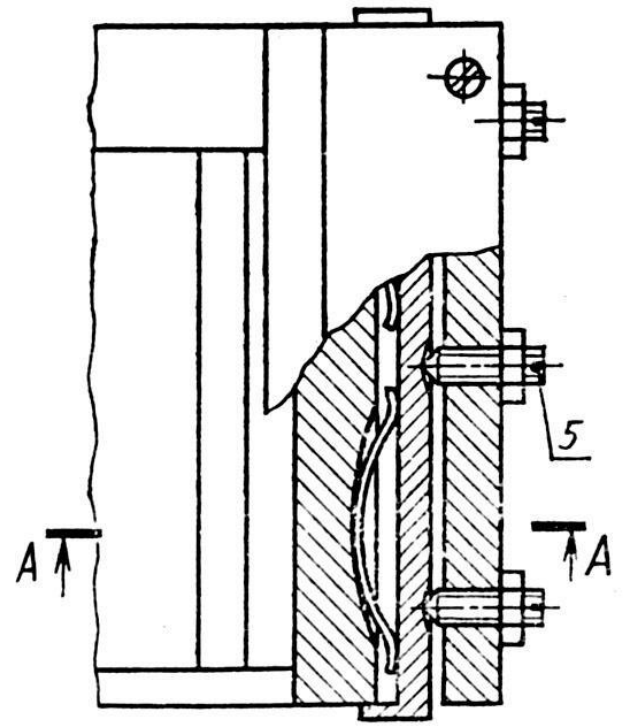
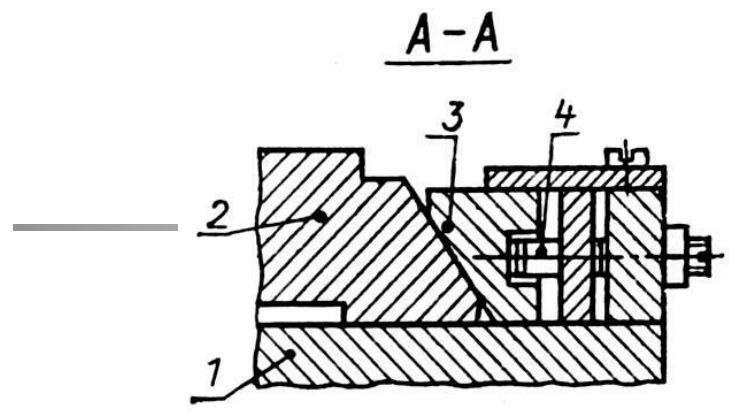
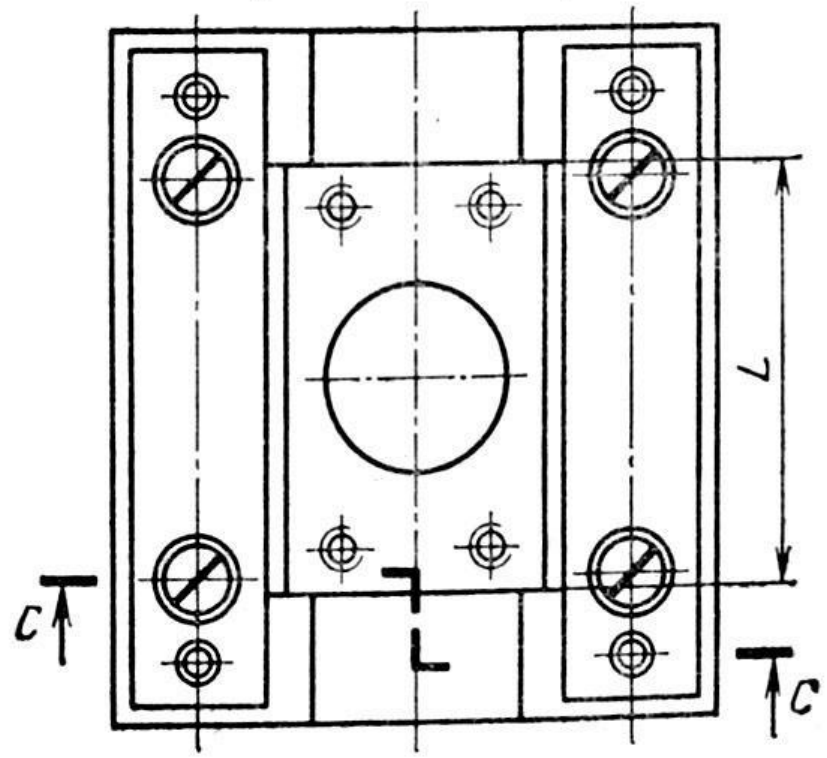
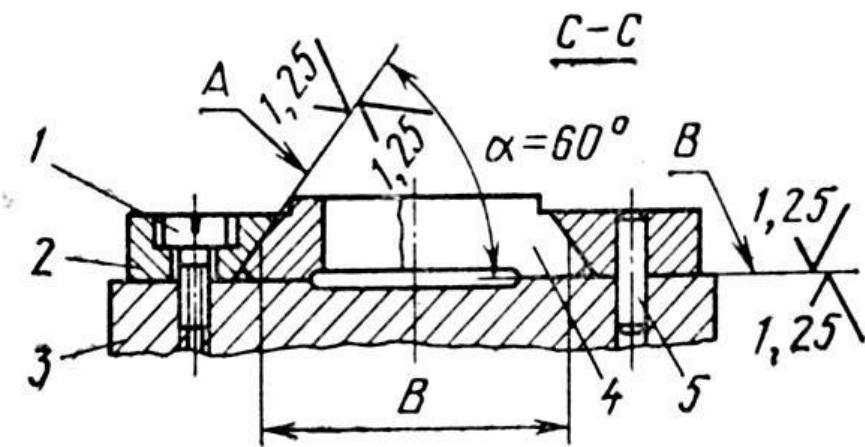
Нерегулируемые

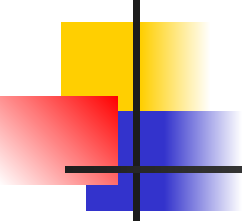


Регулируемые

A-A



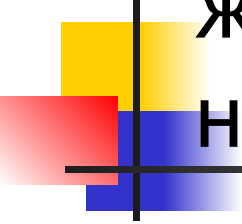




---

Треугольные направляющие находят применение в различных приборах, стендах, станках и т.п., где отсутствует необходимость изменения их пространственного положения.

Они характеризуются простотой конструкции, высокой точностью, технологичностью.



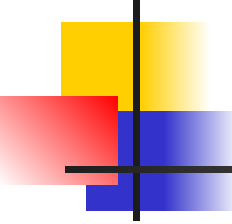
Из других типов НПД с трением скольжения наибольшее применение имеют направляющие типа «ласточкин хвост».

Их **достоинства**:

- универсальность применения;
- высокая точность работы;
- возможность регулировки зазоров;
- разборность конструкции, облегчающая изготовление и сборку.

К **недостаткам** относятся:

- сложность технологии изготовления;
- высокая стоимость.

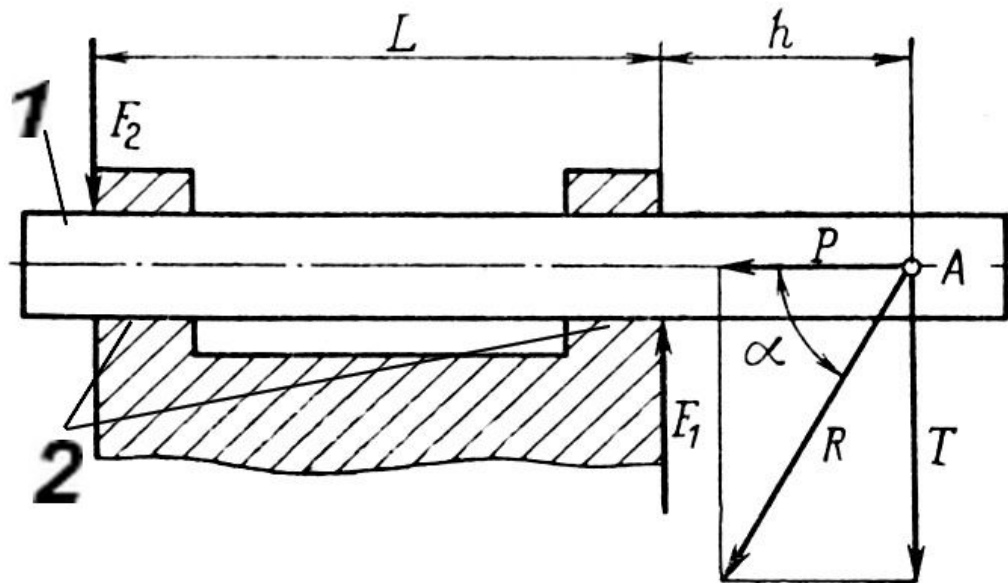


**Общим недостатком НПД с трением скольжения закрытого типа является возможность их заклинивания при несоблюдении правил конструирования.**

Заклинивание НПД бывает силовым и температурным.

Силовое заклинивание может возникнуть при неправильном выборе размеров и материалов, а также без учёта направления действия движущей силы.

Заклинивание возможно при двух схемах нагружения направляющей.



При такой схеме происходит перекос направляющей и имеют место реакции в точках контакта ползуна(1) и направляющей (2)  $F_1$  и  $F_2$

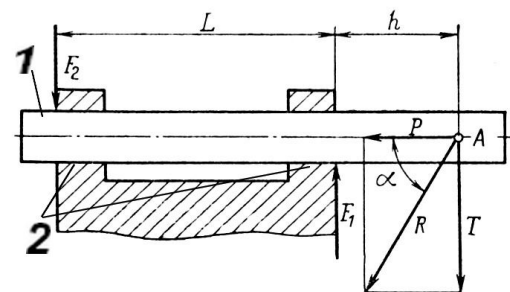
При воздействии силы  $R$  возникнут реакции

$F_1$  и  $F_2$  .

Сила  $R$  может быть разложена на осевую составляющую  $P$  и перпендикулярную ей  $T$  .

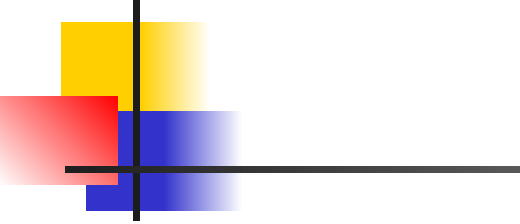
Сила  $P$  приводит в движение ползун, а сила  $T$  прижимает ползун к направляющим, препятствуя движению за счёт трения в опорах.

Уравнения равновесия ползуна:



$$\begin{cases} F_1 = F_2 + R \sin \alpha \\ F_2 L = R h \sin \alpha \end{cases}$$

Тогда реакции опор:


$$F_1 = \frac{h+L}{L} \sin \alpha$$

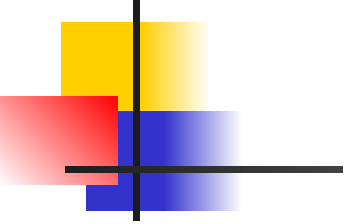
$$F_2 = R \frac{h}{L} \sin \alpha$$

Реакции в опорах приводят к возникновению силы трения:

$$Q = (F_1 + F_2) f$$



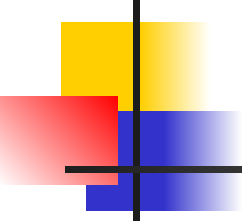
Заклинивание не произойдёт, если:


$$Q < P ; P = R \cos \alpha$$

Используя приведенные выше зависимости,  
получим:

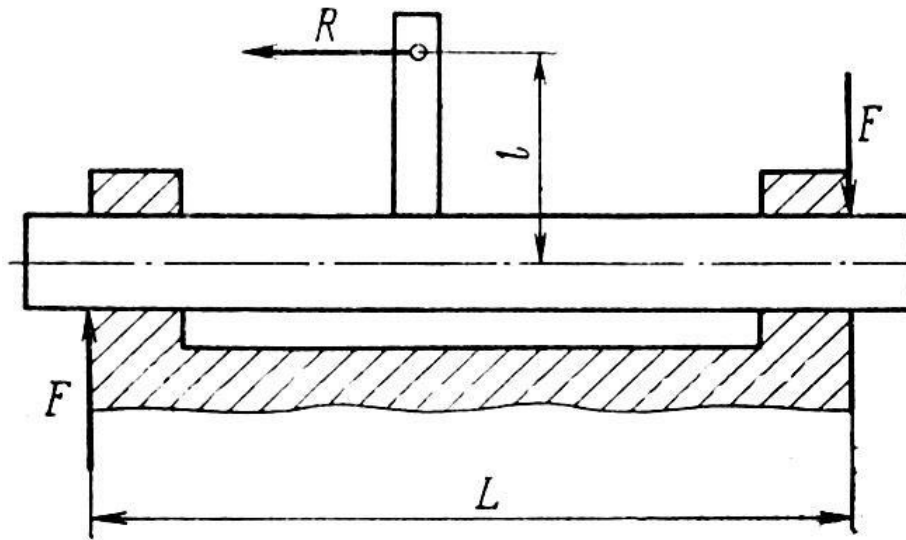
$$R \frac{2h+L}{L} f \sin \alpha < R \cos \alpha$$

Откуда:


$$\operatorname{tg} \alpha < \frac{L}{(2h+L)f}$$

Таким образом заклинивание не случится, если будет выполнено условие:

$$\frac{L}{h} > \frac{2f \operatorname{tg} \alpha}{1 - f \operatorname{tg} \alpha}$$



В данном случае имеет место консольное нагружение направляющих.

Сила  $R$  создаёт момент  $M = Rl$  который уравнивается моментом от реакций  $F$  в опорах  $Rl = FL$ .



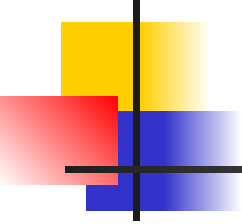
Две реакции в опорах создают силу трения  
в направляющих:

$$Q = 2Ff = \frac{2Rl}{L} f$$

Движение ползуна возможно при условии:

$$R > Q \quad \frac{2Rl}{L} f < R$$

или  $\frac{2l}{L} f < 1$



При конструировании таких направляющих следует стремиться к минимальному значению плеча  $l$ .

---

Опыт эксплуатации приборов показывает, что для обеспечения плавности хода, минимизации износа и отсутствия заклинивания рекомендуется использовать следующие соотношения:

для плоских направляющих Н- и Т-типа:

$$\frac{l}{L} f < 0,25$$

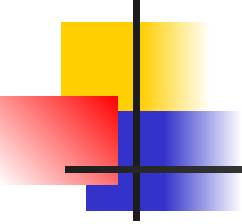


для направляющих типа «ласточкин хвост»  
при угле профиля  $\alpha$ :

$$\frac{l}{L \sin \alpha} f < 0,25$$

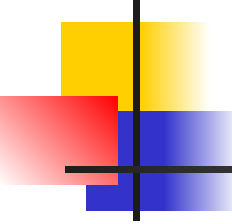
для цилиндрических направляющих:

$$\frac{l}{L} f < 0,2$$



---

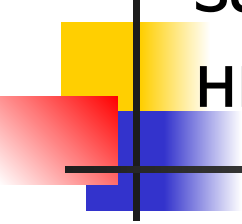
Для уменьшения износа, обеспечения плавности хода, уменьшения усилий при движении необходимо выбирать пары материалов с наименьшими коэффициентами трения и близкими температурными коэффициентами линейного расширения  $\alpha_T$  (ТКЛР).



При изготовлении НПД применяется широкая номенклатура материалов: конструкционные и инструментальные стали, бронзы, латуни, чугун, полимерные материалы (фторопласты, полиэтилен НД (по технологии низкого давления)).

Чаще всего используются сочетания: сталь – бронза, сталь – латунь, сталь – чугун, сталь – полимеры.





Точность работы НПД с трением скольжения зависит прежде всего от качества изготовления сопрягаемых деталей.

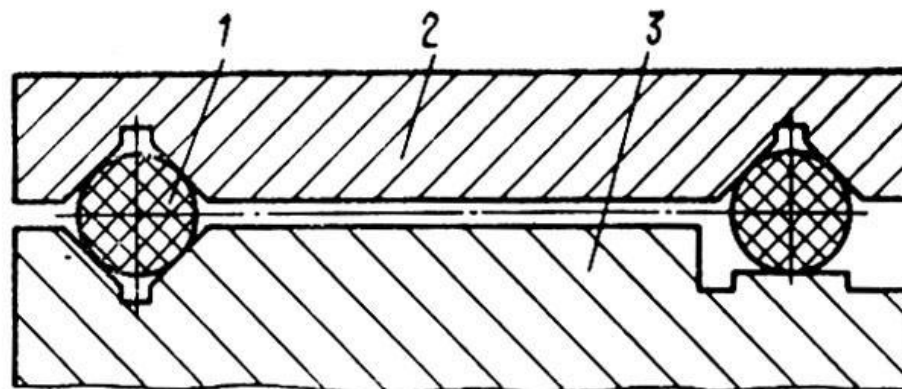
Чем выше требуемая точность, тем плотнее должны быть посадки и точнее обработка.

Для точных направляющих рекомендуются посадки  $H7/h6$  или  $H7/f7$ .

При малых температурных колебаниях –  $H7/h6$ .


Для высокоточных и особоточных НПД применяют посадки  $H7/h6$ ,  $H7/k6$  или  $H7/n6$  с последующей притиркой ползуна и направляющей.

Высокую точность, плавность хода и малое трение обеспечивают НПД с фторопластовыми стержнями (1)



Точность перемещения составляет 0,05 мкм на длинах 60...100 мм.

Такие направляющие не нуждаются в смазке.

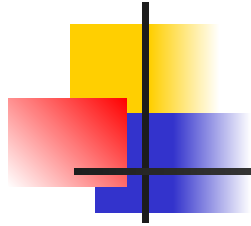


Помимо точности выполнения размеров деталей большое влияние на качество работы направляющих оказывают **отклонения формы и отклонения расположения рабочих поверхностей.**

Допуски на эти отклонения у направляющих высокой точности составляют единицы микрометров.

Шероховатость рабочих поверхностей обеспечивают в пределах  $R_a = 0,1 \dots 0,16$  мкм.

а



---

В прецизионных плоских НПД рабочие поверхности контролируются с оптической точностью с помощью пробного стекла – технический интерференционный метод.

интерференционный метод контроля  
отклонения формы плоской поверхности  
направляющей .

