

УПЛОТНЕНИЯ ТНА

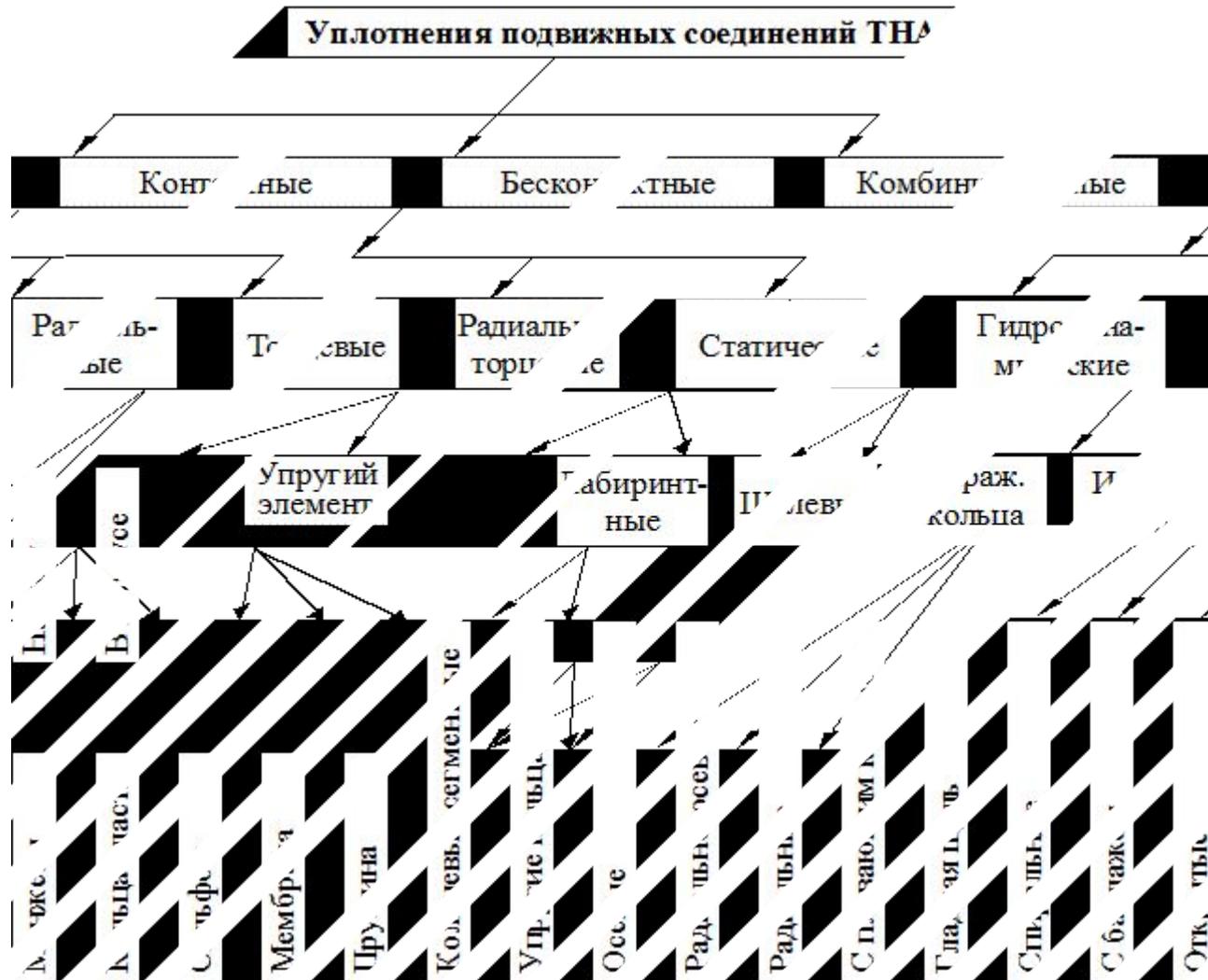
Общая информация

- Важную роль в конструкции ТНА играют уплотнения. Согласно статистике, около 60 % выхода из строя узлов современных ЖРД связано с нарушением работы уплотнительных устройств. Проблема состоит в том, что в корпусе ТНА в непосредственной близости друг от друга находятся компоненты, которые могут при смешивании вступать в химическую реакцию со взрывом.

Общая информация

- При разработке конструкции уплотнительных узлов ТНА необходимо решить следующие задачи:
- герметизировать газовую полость турбины от насосов окислителя и горючего;
- надежно разделить полости насосов окислителя и горючего;
- уплотнить полость подшипников, отделяя ее от рабочих полостей турбины и насосов.

Классификация уплотнений подвижных соединений ТНА



Классификация уплотнений подвижных соединений ТНА

Уплотнения любой конструкции не могут обеспечить полную изоляцию полостей ТНА, поэтому в системе уплотнений предусматривается ряд конструктивных мероприятий, направленных на локальное уменьшение утечек. В этой связи в конструкции ТНА появляются дополнительные элементы, дренажи, перепуски и т.д.

Контактные уплотнения

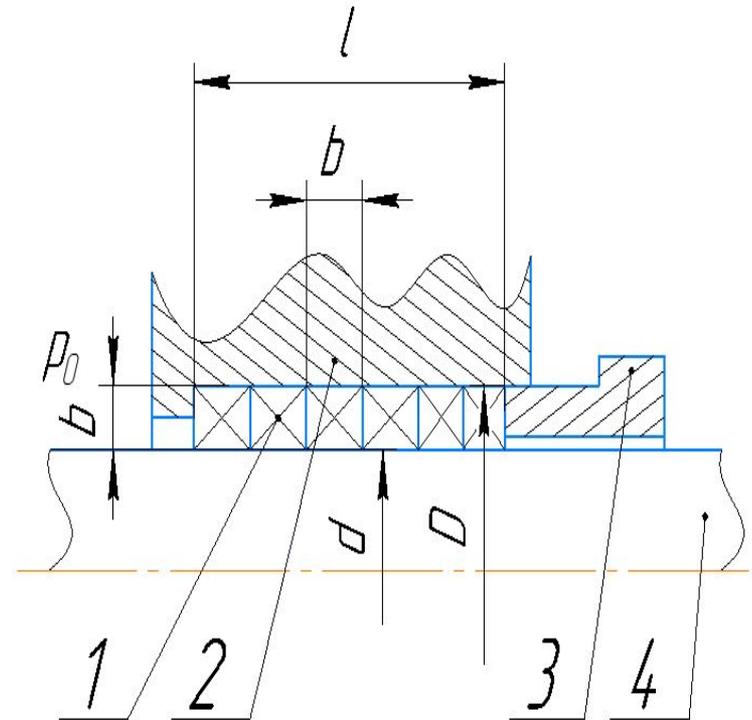
- **Контактные уплотнения** герметизируют соединения за счет плотного прилегания уплотнения к сопрягаемым поверхностям. Контактные уплотнения имеют наиболее высокую степень герметичности, ограниченную долговечность и значительные потери энергии привода ТНА на преодоление сил трения между контактирующими поверхностями. Такие уплотнения быстро изнашиваются и требуют периодической замены. Однако при герметизации соединений с очень малыми допустимыми утечками рабочей среды контактные уплотнения незаменимы. В ТНА такие уплотнения широко применяются для герметизации по валу ротора.
- Типы контактных уплотнений: сальниковые, манжетные, эластичные кольца, упругие кольца, сегментные кольца, торцевые уплотнения.

Сальниковые уплотнения

- Благодаря простоте и дешевизне сальниковые уплотнения получили широкое распространение. Основным недостатком сальникового уплотнения, является повышенный износ, сопровождающийся потерей уплотнительных свойств и непригодностью к высоким окружным скоростям.

Сальниковые уплотнения

- Для набивки сальниковых уплотнений применяются:
хлопчатобумажные ткани, очесы, шнуры, вываренные в масле, фетр, асбест и подобные материалы с добавлением металлических порошков (свинца, баббита), графита, дисульфида молибдена и других самосмазывающихся веществ



Сальниковые уплотнения (утечки)

- Для жидкости величина утечек равна:

$$Q_{л} = \frac{9 \cdot 10^{-3} \cdot d \cdot p_{к}}{\rho \cdot v \cdot l} \quad 3 /$$

- Для газа величина утечек равна:

$$Q_{г} = \frac{10^2 \cdot D \cdot \delta^3 \cdot p_{к}}{7 \cdot \rho \cdot v \cdot l} \quad 3 /$$

- Зазор между валом и набивкой, согласно экспериментальным данным $\delta = 0,006 \dots 0,015 \text{ мм}$
- среднее контактное давление:

$$p_{к} = p_o \cdot \exp \left[\frac{2 \cdot a \cdot f \cdot (0,5 \cdot l)}{b} \right], \quad a \approx 0,5;$$

$$b = (1,5 \dots 2,5) \cdot \sqrt{d}, \quad .$$

Сальниковые уплотнения

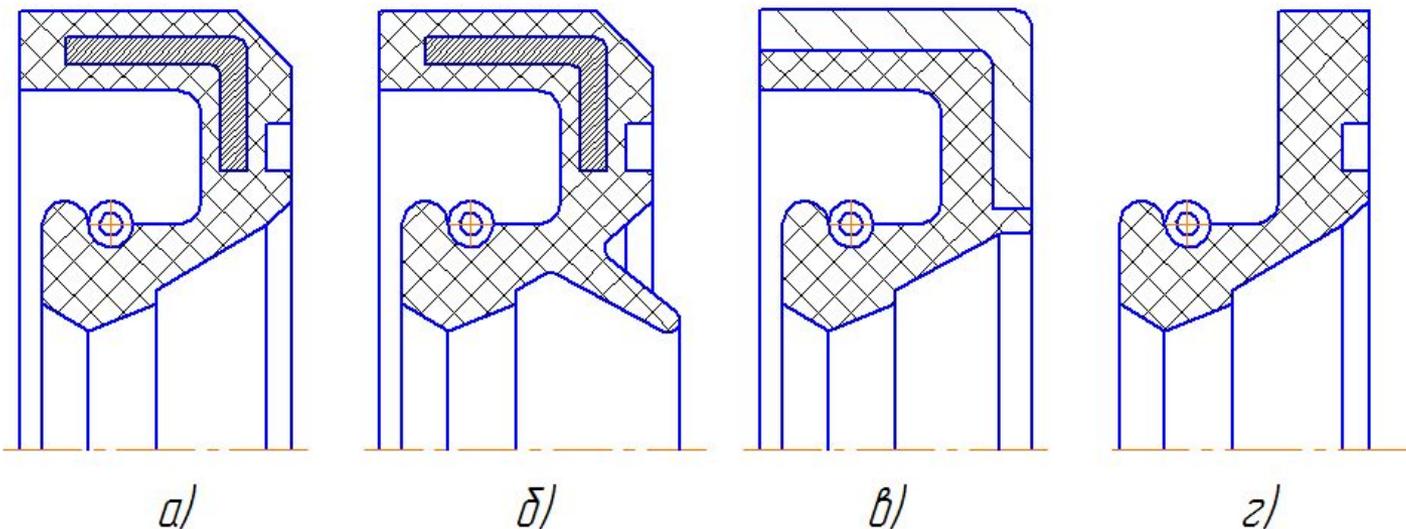
- Как правило, набивки выпускают квадратного сечения со стороной b , согласно ГОСТ 5152–84.
- В некоторых случаях надежности одинарного сальникового уплотнения недостаточно, тогда применяют двойные сальники, расположенные друг за другом или, при ограниченности осевых габаритов, друг над другом. Компенсация износа осуществляется затяжкой набивки.
- Для того чтобы повысить долговечность и надежность сальника применяют смазку. Смазка позволяет уменьшить коэффициент трения, тепловыделение и повышает герметичность. В сальниках, установленных в ТНА, обычно смазка подводится из уплотняемой полости через радиальные отверстия в корпусе сальника.

Манжетные уплотнения

Манжета представляет собой выполненное из мягкого упругого материала кольцо с воротником, охватывающим вал. Под действием давления в уплотняемой полости воротник манжеты плотно охватывает вал с силой, пропорциональной давлению. Для обеспечения постоянного натяга воротник стягивают на валу кольцевой пружиной.

Для выполнения своей функции манжетное уплотнение должно быть расположено воротником навстречу уплотняемому давлению, т.к. при обратном расположении давление отжимает воротник от вала. Если возникает необходимость двустороннего уплотнения, тогда устанавливают две манжеты с воротниками, направленными в разные стороны. Наружную сторону манжеты плотно крепят к корпусу

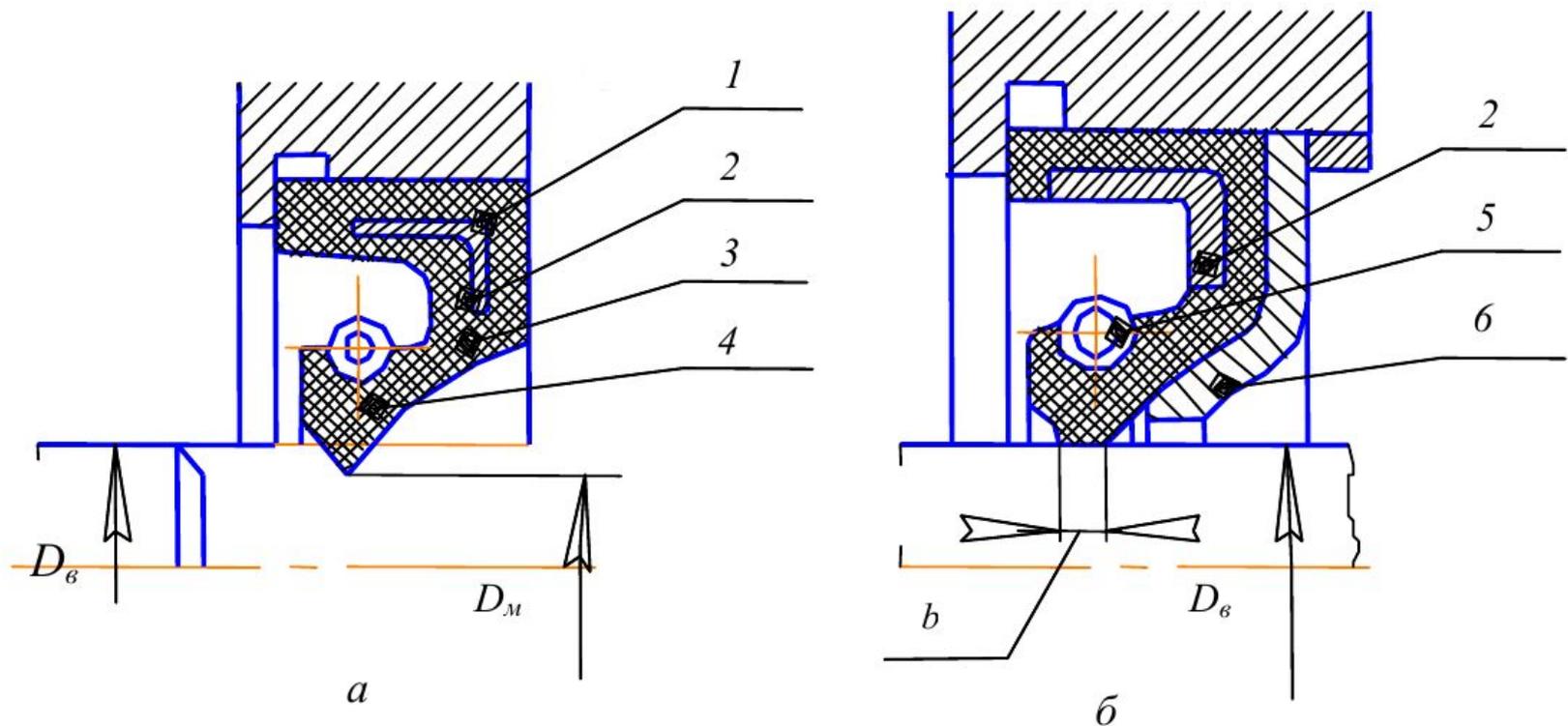
Манжетные уплотнения



Эластомерные радиальные манжеты с пружинами:

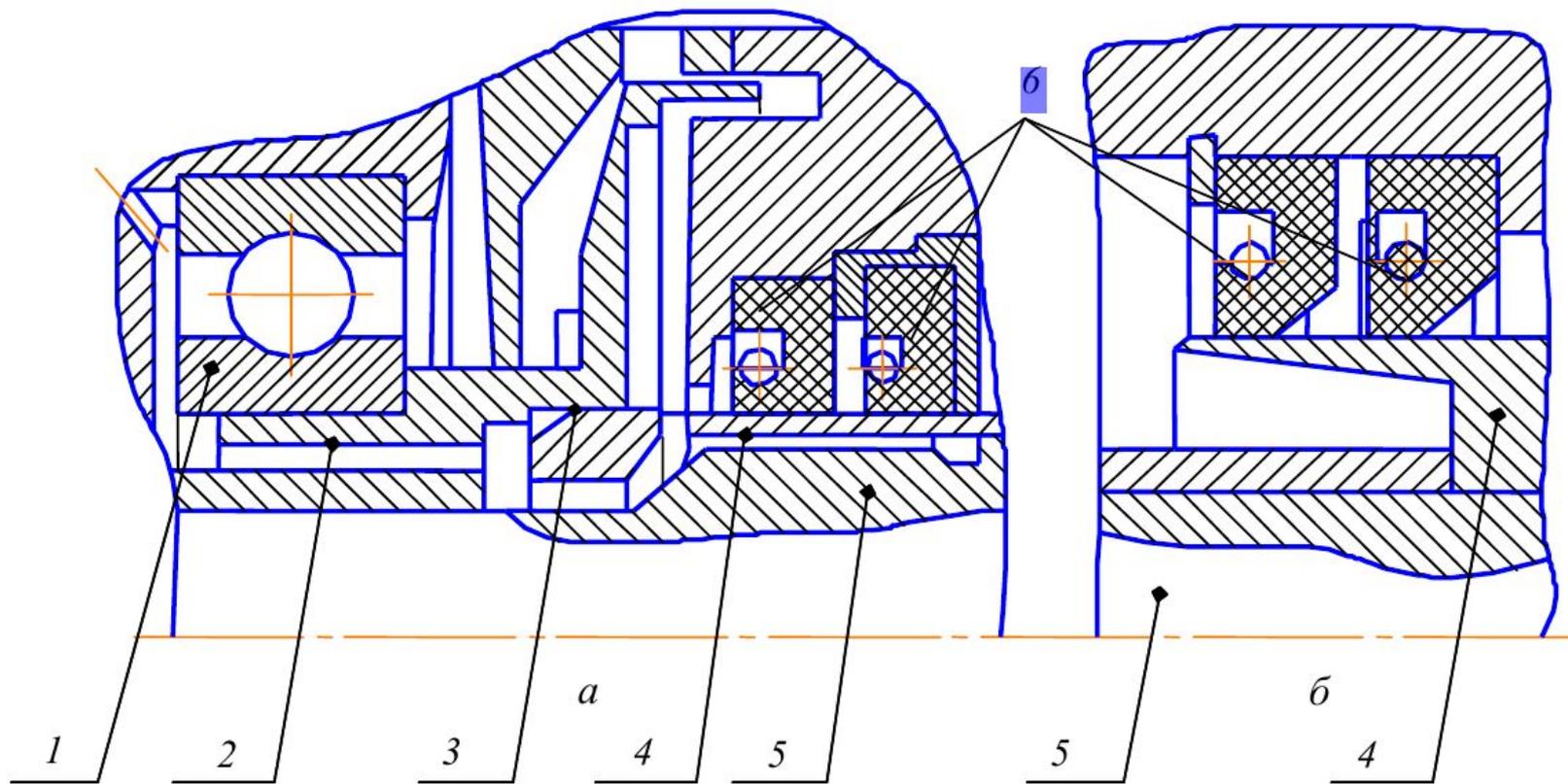
а – армированная; б – армированная с пыльником;

в – армированная с открытым корпусом; г – армированная



Элементы манжетного уплотнения:

- a* – манжета армирования; *б* – манжета армированная с опорной шайбой;
 1 – корпус; 2 – конто арматуры; 3 – мостик; 4 – губка; 5 – пружина;
 6 – опорная шайба

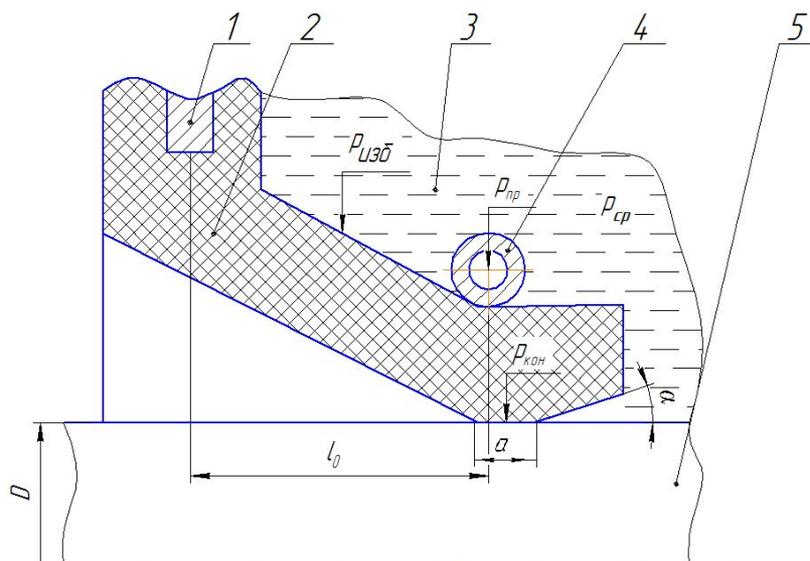


Узлы уплотнений с манжетами при охлаждении зоны трения циркулирующей компонентой:

a – по канавкам на валу; *б* – в тупиковой зоне; 1 – подшипник; 2 – ступица;
3 – импеллер; 4 – втулка; 5 – вал; 6 – манжета

Манжетные уплотнения

- Герметизация вращающихся валов осуществляется в результате заполнения микронеровностей уплотняемой поверхности и их перекрытия резиной, что предотвращает вытекание уплотняемой среды из рабочей полости.

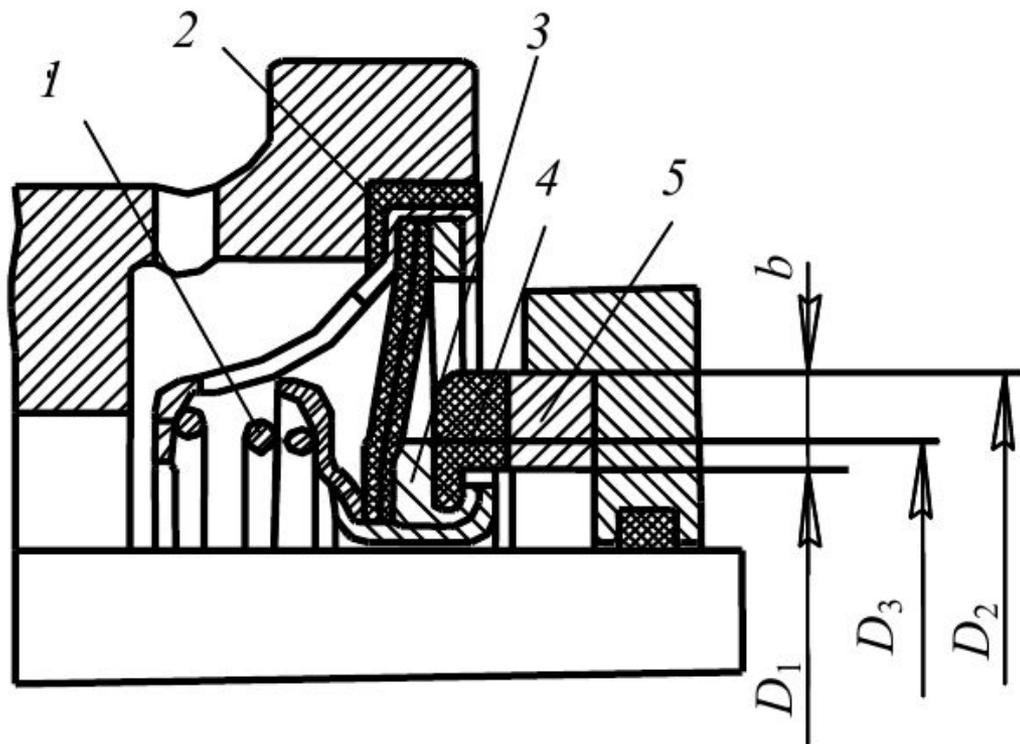


- Расчётная схема манжетного уплотнения:
- 1 – арматура;
 - 2 – эластомерный материал;
 - 3 – уплотняемая среда;
 - 4 – браслетная пружина;
 - 5 – вал

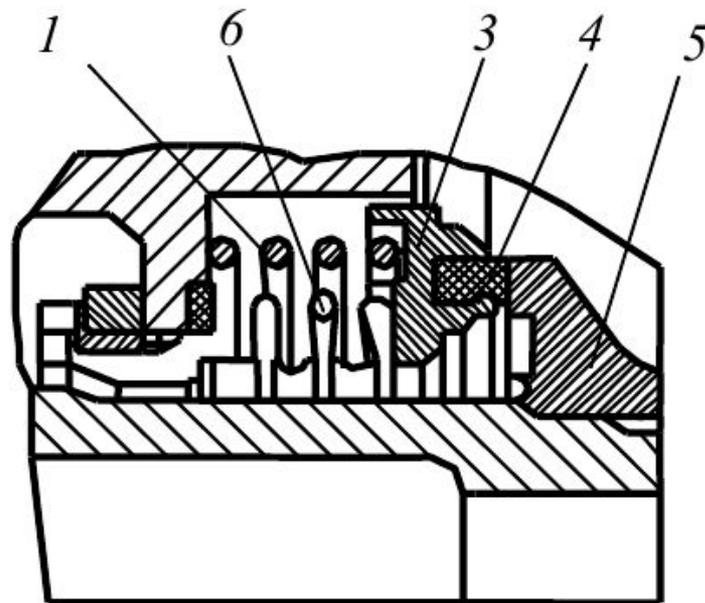
Манжетные уплотнения

- С валом контактирует узкая кромка губки манжеты, на которой создаётся необходимое для герметизации контактное давление. При частоте вращения выше предельной, кромка отрывается от вала, в результате чего появляются утечки.

Торцевые уплотнения



a



б

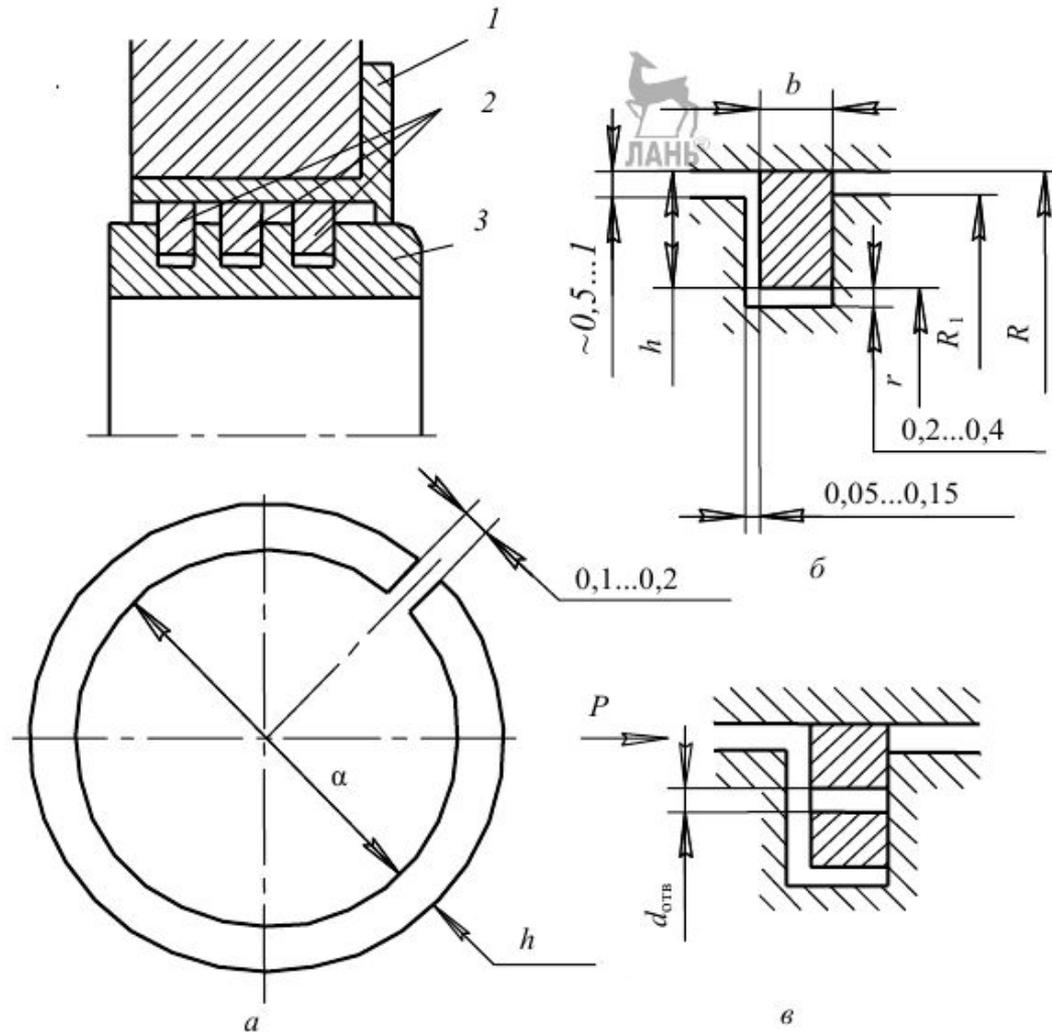
Торцевые уплотнения:

a – с мембраной; *б* – с сильфоном; 1 – пружина; 2 – мембрана; 3 – втулка;
4 – контактное кольцо; 5 – опорное кольцо; 6 – сильфон

Торцевые уплотнения

- Достоинства торцевых уплотнений:
- - износ трущихся поверхностей компенсируется перемещением уплотняющего диска в осевом направлении под действием пружины;
- - самоприробатываемость;
- - при правильном выборе материала трущихся поверхностей и подводе незначительного количества смазки уплотнения могут работать в течение долгого времени при хорошем состоянии поверхностей контакта, обеспечивающем надежное уплотнение.

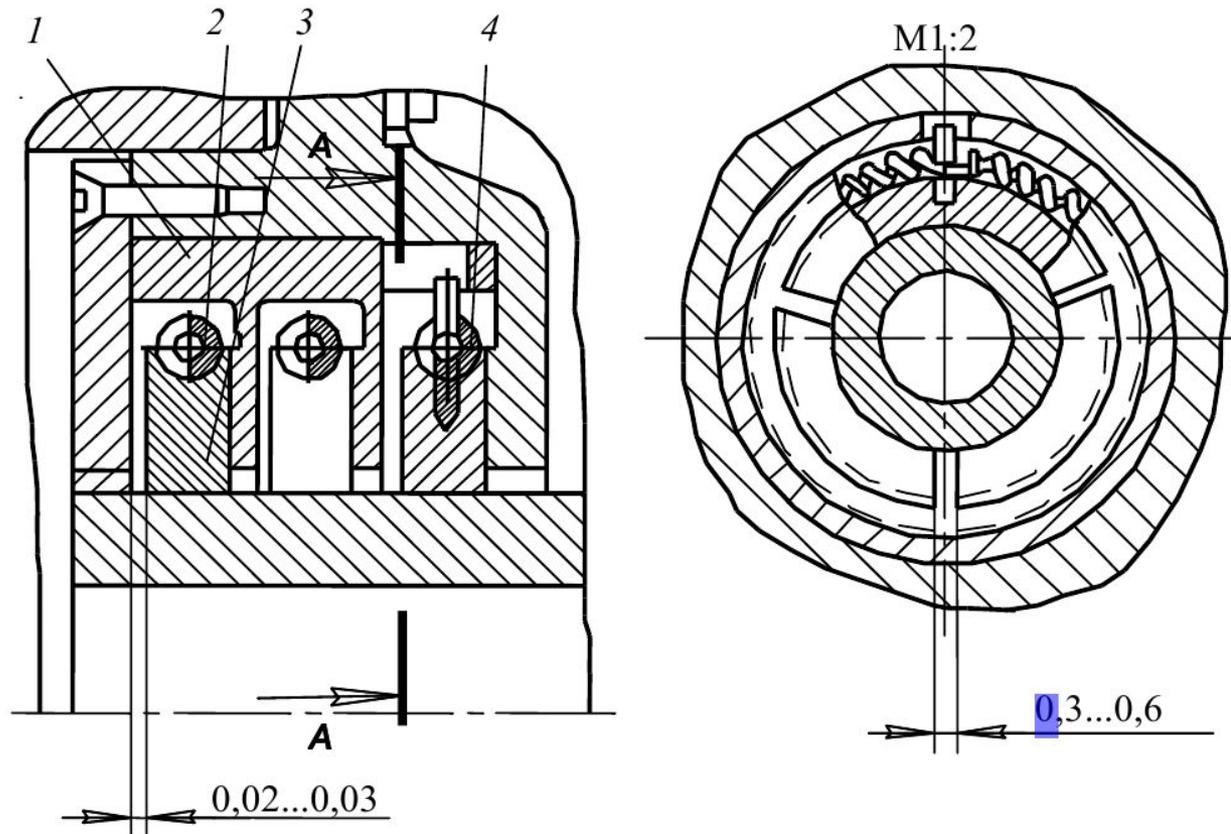
Упругие кольца



Уплотнения с упругими кольцами:

- a – упругое кольцо; b – установка упругого кольца в паз;
 $в$ – упругое кольцо с разгрузочным отверстием; 1 – опорная втулка;
 2 – упругие кольца; 3 – втулка

Сегментные кольца



Уплотнения с кольцевыми сегментами:

1 – опорное кольцо; 2 – браслетная пружина; 3 – сегменты кольцевые;
4 – штифт

Бесконтактные уплотнения

- Классификация бесконтактных уплотнений. Бесконтактные уплотнения подразделяют на бесконтактные статические уплотнения и бесконтактные гидродинамические уплотнения.
- Бесконтактные статические уплотнения: щелевые, с плавающим кольцом, лабиринтные, спиральные.
- Бесконтактные гидродинамические уплотнения: уплотнения отражательными кольцами, импеллерные уплотнения.

Лабиринтные уплотнения

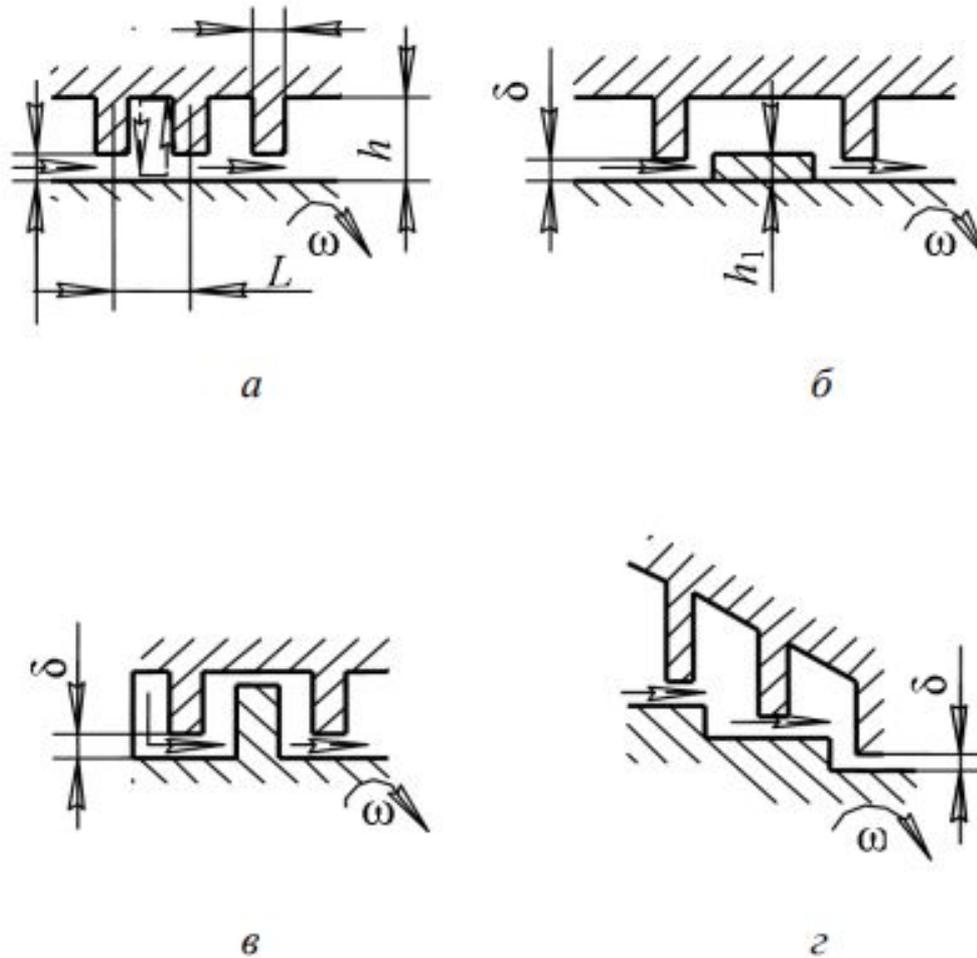


Схема статических лабиринтных уплотнений:
a – ступенчатое; *б* – ступенчатое со встречным барьером;
в – аксиально-ступенчатое; *г* – радиально-ступенчатое

Щелевые уплотнения

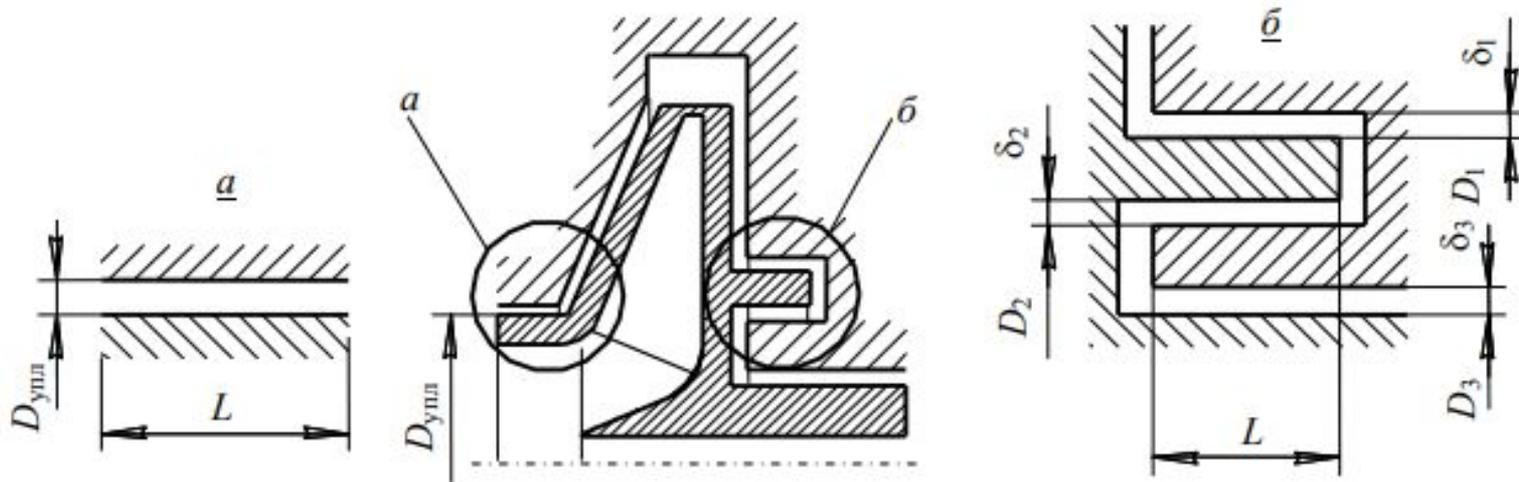
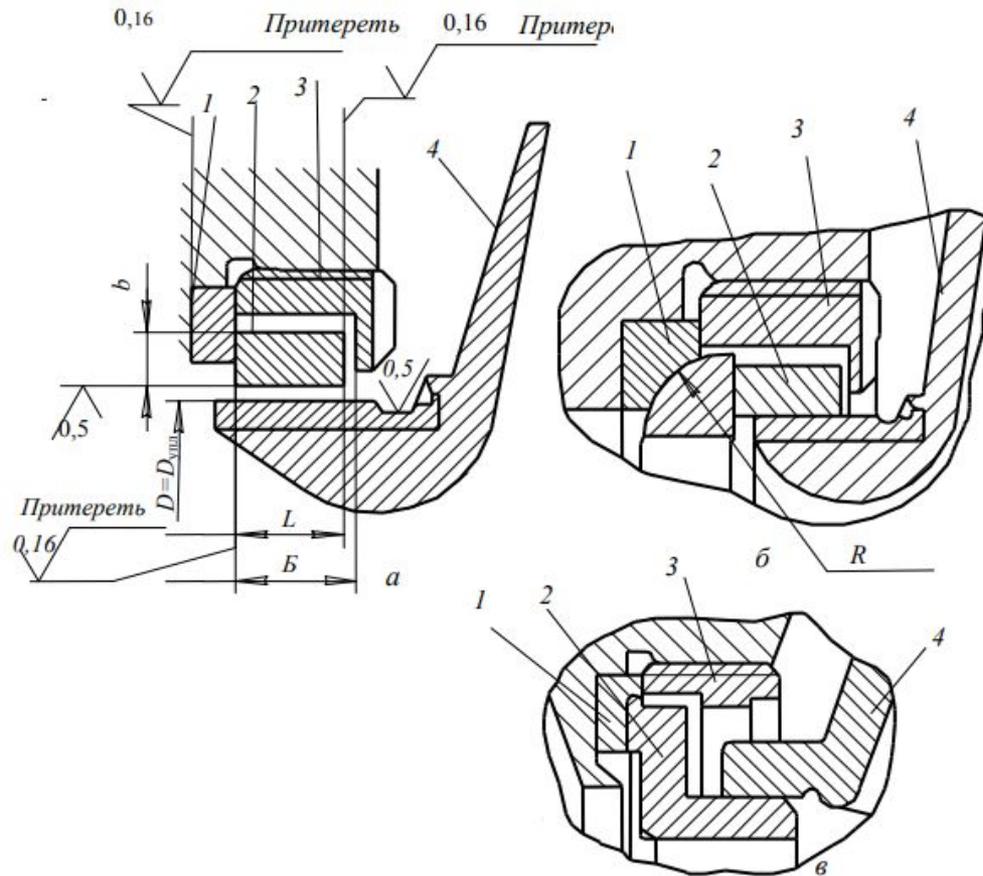


Схема бесконтактных уплотнений колеса
центробежного насоса в виде:
a – гладкой щели; *б* – многоступенчатой щели

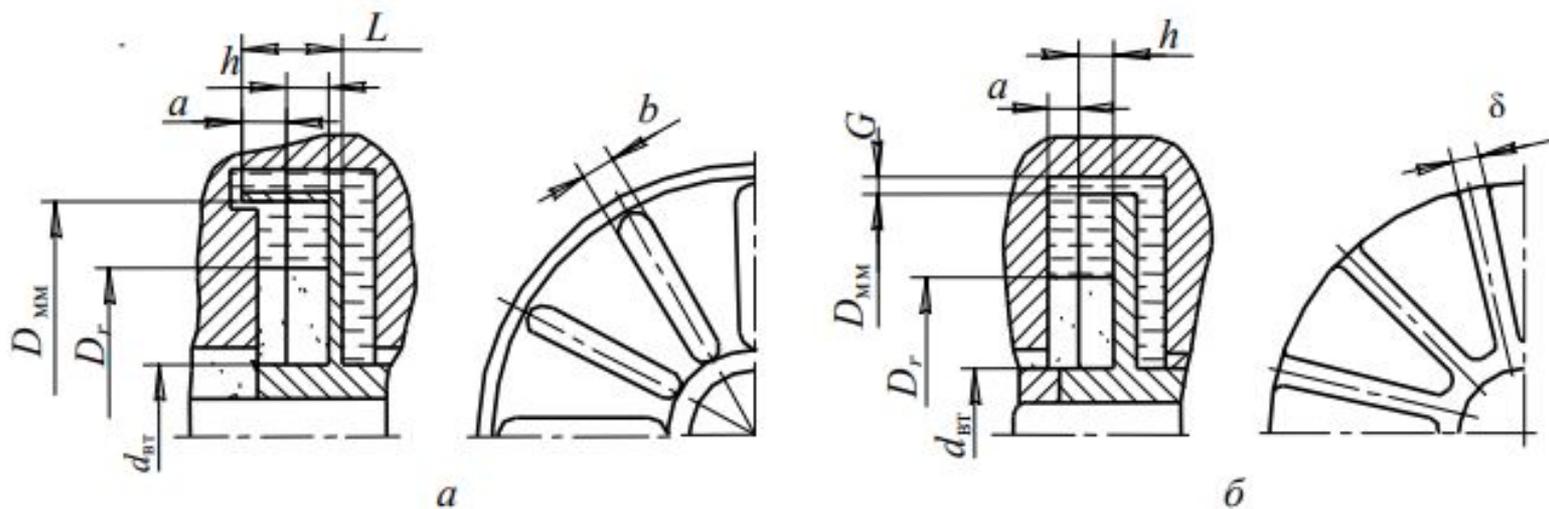
Плавающие кольцо



Конструктивные схемы щелевого уплотнения
и зазора сил давления на плавающем кольце:
a, в – прижатого по гладкому торцу; *б* – прижатого по сферической
 поверхности; 1 – опорное кольцо; 2 – плавающее кольцо; 3 – гайка;
 4 – центробежное колесо

Гидродинамическое

УЗЛОМОНА



Схемы ГДРУ:

a – импеллер с бандажом и пазами; *б* – импеллер открытый с лопатками

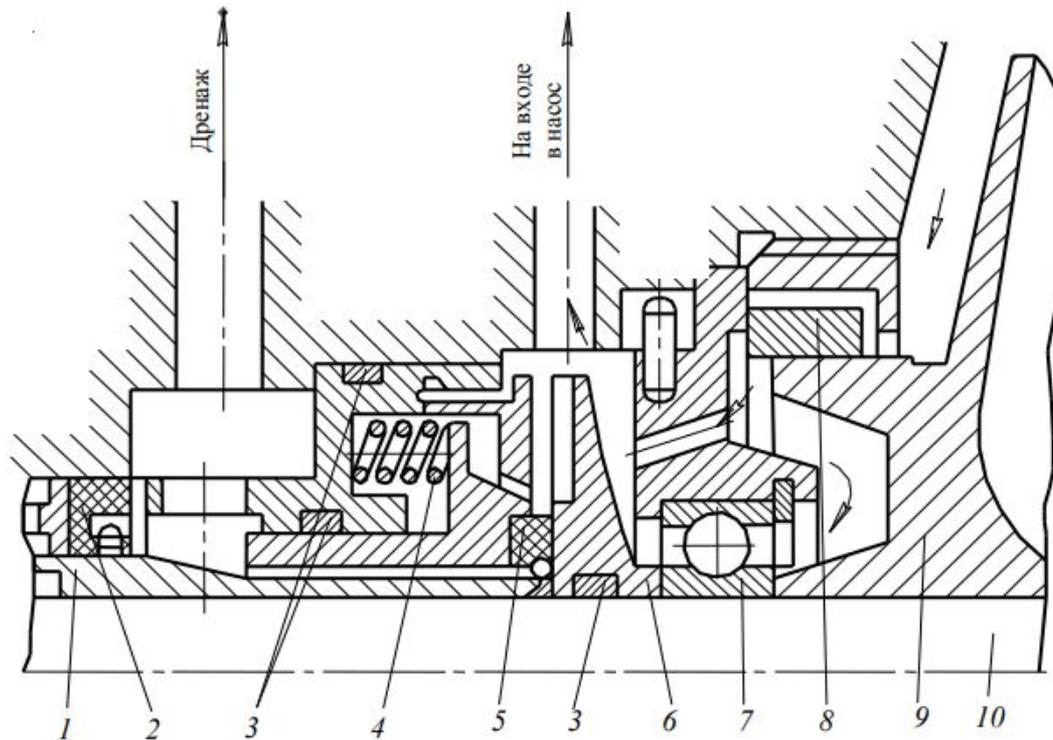
$$\Delta p = p_{\text{ИМ}} - p_{\text{Г}} = \frac{\rho_{\text{ж}} \omega^2 \varphi^2}{4} (D_{\text{ИМ}}^2 - D_{\text{Г}}^2),$$

где $p_{\text{ИМ}}$ – давление на диаметре $D_{\text{ИМ}}$; $p_{\text{Г}}$ – давление в газовой полости (дренажа); φ^2 – коэффициент закрутки для существующих конструкций и режимов работы равен 0,83...0,9; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости.

Максимальное давление, которое удержит импеллер, при приложении границы жидкости на диаметр ($D_{\text{Г}} - d_{\text{ВГ}}$) будет равно

$$p_{\text{ИМ}} = \frac{\rho_{\text{ж}} \omega^2 \varphi^2}{4} (D_{\text{ИМ}}^2 - d_{\text{ВГ}}^2).$$

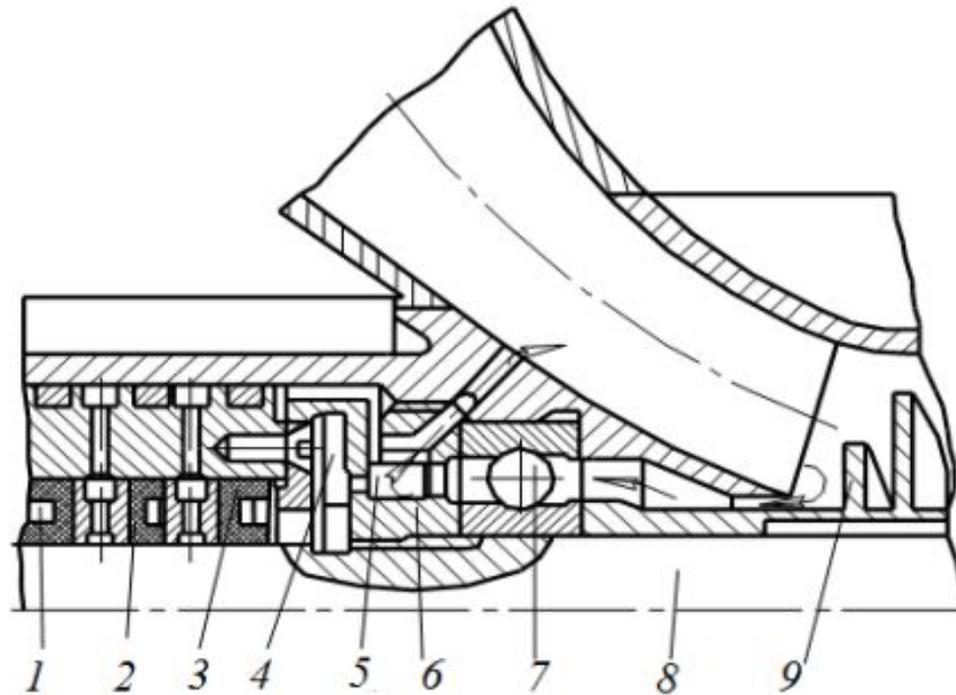
Комбинированные уплотнения



Комбинированное уплотнение многорежимного насоса:

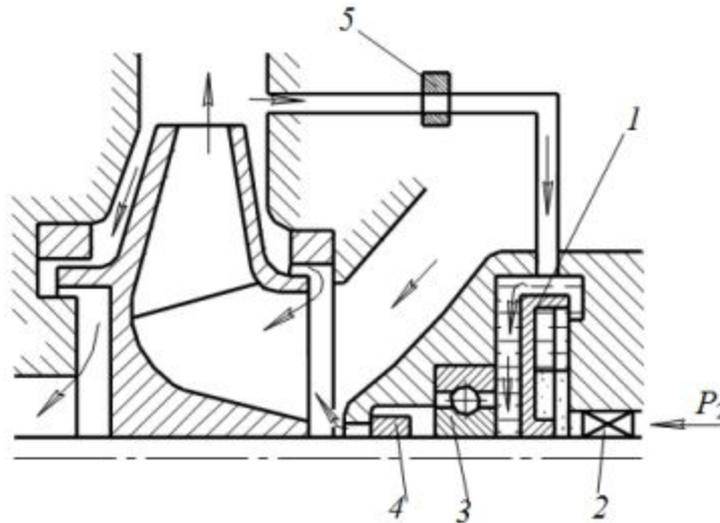
- 1 – втулка; 2 – манжета; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – пружина;
5 – контактное кольцо; 6 – импеллер; 7 – подшипник; 8 – плавающее кольцо;
9 – центробежное колесо; 10 – вал

Комбинированные уплотнения



Комбинированное уплотнение со стороны входа в насос:
1, 2, 3 – манжеты; 4, 5 – лопатки импеллера; 6 – импеллер; 7 – подшипник;
8 – вал; 9 – шнек

Комбинированные уплотнения



Конструктивная схема системы уплотнений
для герметизации газовой полости высокого давления:
1 – импеллер; 2 – стояночное уплотнение; 3 – подшипник;
4 – плавающие кольцо; 5 – настроечное гидросопротивление
(шайба)