

ШПАРГАЛКА: УПЛОТНЕНИЯ — ТЕОРИЯ

Справочные цифры по всей группе «Уплотнения». Держи под рукой, запоминать не нужно: сверяй перед тем, как отправить предложение.

МАТЕРИАЛЫ В ЦИФРАХ

Материал	Температура	Масла	Вода и пар
NBR — нитрил	−30...+110 °C	Отлично	Слабо
H-NBR	−20...+130 °C	Отлично	Хорошо
FKM — фторкаучук	−20...+200 °C	Отлично	Нет
EPDM	−50...+150 °C	Нет	Отлично
VMQ — силикон	−60...+220 °C	Нет	Хорошо
PU — полиуретан	−30...+110 °C	Отлично	Нет
PTFE — фторопласт	−200...+260 °C	Отлично	Отлично
POM — полиацеталь	−40...+110 °C	Хорошо	Хорошо
PEEK	до +250 °C, низ уточнять	Хорошо	Хорошо

Заявленные пределы из каталогов. В подвижном узле рабочий потолок берут примерно на 20 % ниже (у нитрила около +100 °C), в статике работает весь диапазон. Полиуретан: +110 °C только у хороших марок, базовые составы около +80 °C. Два предела из таблицы одновременно не берут: рабочая зона примерно три четверти от любого предела.

МАТЕРИАЛЫ КОЛЕЦ, КОТОРЫЕ НЕ УПЛОТНЯЮТ

Деталь	Материал и предел
Направляющие	полиацеталь до +110 °C; фторопласт до +260 °C; PEEK до +250 °C; полиамид до +120 °C
Опорные	полиуретан до +100 °C (обычная гидравлика); фторопласт до +260 °C (агрессивные среды, пищевая)

ДАВЛЕНИЕ ПО РЕЖИМАМ

Гидравлика	сотни бар
Пневматика	около 7 бар, изредка до 16
Сальник на валу	до 0,5 бар (0,05 МПа, ГОСТ 8752-79)
Подвижный узел	допустимое давление примерно вдвое ниже, чем у неподвижного
Опорное кольцо	тот же типоразмер с опорным кольцом держит 700 бар вместо 400
Уплотнительные шайбы	до 1000 бар

Цилиндр	Лёгкий	Средний	Тяжёлый
Максимальное	350 бар	500 бар	700 бар
Рабочее	160 бар	250 бар	400 бар

ДОПУСТИМЫЙ ЗАЗОР (ДИАМЕТРАЛЬНЫЙ, МАКС.)

Диаметр штока или поршня	До 200 бар	200–400 бар
30–50 мм	0,30 мм	0,20 мм
80–120 мм	0,48 мм	0,32 мм
180–250 мм	0,56 мм	0,37 мм
400–500 мм	0,75 мм	0,50 мм

Радиальный зазор вдвое меньше диаметального. Считать на худший случай: шток лежит на одной стороне. Нет боковой нагрузки: допуск можно увеличить примерно на четверть. Материал твёрже (93 вместо 85 по Шору): примерно плюс 15 %. Зазор в замке направляющего кольца (макс. радиальный): толщина 1,55 мм → 0,50 мм; 2,50 мм → 0,90 мм; 4,00 мм → 1,50 мм.

МЕТАЛЛ ВОКРУГ УПЛОТНЕНИЯ

Шток, Ra	0,1–0,4 мкм (ниже 0,1 для фторопласта уже слишком гладко)
Канавка, Ra	до 1,6
Доля опорной поверхности	примерно 50–80 %, точное значение по каталогу профиля
Основа штока	от 300 HB, около 31 HRC
Закалённый слой	от 45 HRC на глубину 2,5 мм
Хром	55–67 HRC, толщина 20–30 мкм, Ra 0,1–0,3 мкм
Фаска	от 2 мм на малых диаметрах до 8 мм на больших
Отверстие корпуса (алюминий, магний)	Rz примерно 10–25 мкм: гладкое сальник не держит
Фаска на входе в отверстие	15–20° без заусенцев

ШПАРГАЛКА: УПЛОТНЕНИЯ — ТЕОРИЯ

Справочные цифры по всей группе «Уплотнения». Держи под рукой, запоминать не нужно: сверяй перед тем, как отправить предложение.

КОГДА ЗАДАЧУ ПЕРЕДАЮТ ИНЖЕНЕРУ

Давление	выше 400–500 бар
Диаметр	больше 500 мм
Нагрузки	сильные боковые и ударные
Вал	сильное биение; замена без снятия вала
Среда	агрессивная при высокой температуре

Сработал хотя бы один признак: подбор идёт вместе с инженером, а не по таблице.

МОНТАЖ В ЧИСЛАХ

Прогрев на морозе	до +20...+40 °С перед монтажом
Растяжение кольца	не больше 5–10 % от исходного диаметра
После сборки	красить и сушить не выше 70 °С
Руками или с оправкой	диаметр больше глубины в 10 раз и более: руками; от 6 до 10 раз: с оправкой; меньше 6 раз: разборная канавка
Оправка для калибровки	конус 10–15°, скос около 30 мм, из полиамида
Приработка полиуретана	первые часы при температуре около +80 °С, затем рабочая около +110 °С
Глубина уплотнения	не больше длины хода, делённой на 2,5
Стик-слип	ниже примерно 0,05 м/с плёнка не успевает образоваться
Трение U-манжеты	резко растёт при 50–150 бар

О-КОЛЬЦО

Сжатие в статике	15–30 % от диаметра сечения: меньше течёт, больше передавливает
Твёрдость по Шору А	50 мягкое; 70 стандарт (по умолчанию); 90 жёсткое для высокого давления и абразива
Размер	сечение × внутренний диаметр; стандарты ГОСТ, ISO 3601, AS568

ХРАНЕНИЕ: СРОК И УСЛОВИЯ

Материал	Основной срок	После осмотра
Полиуретан	4–5 лет	+2 года
NBR — нитрил	6–7 лет	+3 года
EPDM	8–10 лет	+5 лет
FKM — фторкаучук	10 лет	+5 лет
PTFE, полиацеталь, полиамид	не ограничен	—

Срок вышел: значит осмотреть, а не выбросить. Тонкие детали (меньше 1,5 мм) проверять чаще. Температура хранения 5–25 °С, влажность около 60–65 %, без сквозняка. Без прямого солнца и УФ, без электрооборудования и сварки рядом (озон), без контакта с медью, латунью, марганцем. Упаковку вскрывать перед монтажом. Мороз резину не портит, портит работа с замёрзшей деталью.

КАКОЙ ГОСТ ОТКРЫТЬ

Стандарт	Что нормирует
ГОСТ 9833-73	размеры колец круглого сечения
ГОСТ 18829-2017	условия работы колец: –60...+200 °С; масла, топливо, вода до 50 МПа неподвижно и до 32 МПа подвижно; воздух до 40 МПа неподвижно и до 10 МПа подвижно. Заменил ГОСТ 18829-73
ГОСТ 8752-79	сальники (манжеты армированные), до 0,05 МПа
ГОСТ 24811-81	грязесъёмники штоков
ГОСТ 22704-77	шеvronные комплекты: до 2000 мм, до 63 МПа, до 3 м/с, –50...+100 °С (кратковременно до +120 °С)
ГОСТ 5152-84	сальниковая набивка
ГОСТ 32600-2013	торцовые уплотнения насосов (аналог API 682), валы 20–110 мм
ГОСТ 15180-86 / 481-80	плоские прокладки 0,1–20,0 МПа, проход 10–3000 мм / паронит
ГОСТ 6418-81	технический войлок

Номера стандартов запоминать не нужно: достаточно знать, что стандарт есть, и уметь его открыть. Если ГОСТа нет (направляющие, опорные, буферные, X-кольца, V-ring), берут цифры из каталога и записывают, из чьего.