

Секция 5. ТРИБОЛОГИЯ

УДК 621.891.67

В.М. Голуб, М.В. Голуб

(Брестский государственный технический университет)

ИСПЫТАНИЯ И ДИАГНОСТИКА ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ВАЛОВ ГИДРОМАШИН

Рассмотрены технологические методы повышения надежности и долговечности уплотнений валов гидромашин, результаты их испытания, техническая диагностика, обеспечивающая своевременное выявление отклонения технических показателей от нормативных.

Важным моментом повышения надежности уплотнений является техническая диагностика, позволяющая выявить своевременно отклонения основных технических показателей от нормативных. Такими показателями для уплотнений могут быть допустимые нормы утечки, температурный режим и др. Определяющим показателем надежности является гидравлическая плотность контактной пары трения [1]. Принцип герметизации таких уплотнений основан на создании гидравлического сопротивления течению жидкости в торцовом щелевом зазоре H контактного пояса колец пары трения, сокращающего до минимума (практически до нуля) протечку уплотняемой среды (рисунок 1).

Баланс силы F в торцовой паре трения рассматривается как сумма сил составляющих действующих на аксиально-подвижное контактное кольцо и обеспечивающих минимальную величину щели и толщину разделительной пленки жидкости определяется по формуле:

$$F = F_{\text{пр}} + G - R \pm T,$$

где $F_{\text{пр}}$ – усилие, развиваемое пружиной; $G = p_0 \cdot S_{\text{гидр}}$ – сила гидростатического давления p_0 ; $S_{\text{гидр}} = \pi \cdot (D_2^2 - d^2)/4$ – площадь гидравлической разгрузки; $R = \alpha \cdot p_0 \cdot S_{\text{конт}}$ – сила, расклинивающая контакт; $\alpha = 0,045 \dots 0,055$ – коэффициент, учитывающий отклонение от линейного распределения давления по ширине контактного пояса; $S_{\text{конт}} = \pi \cdot (D_2^2 - D_1^2)/4$ – площадь контакта; T – сила трения аксиально-подвижной втулки по уплотнительному эластичному кольцу.

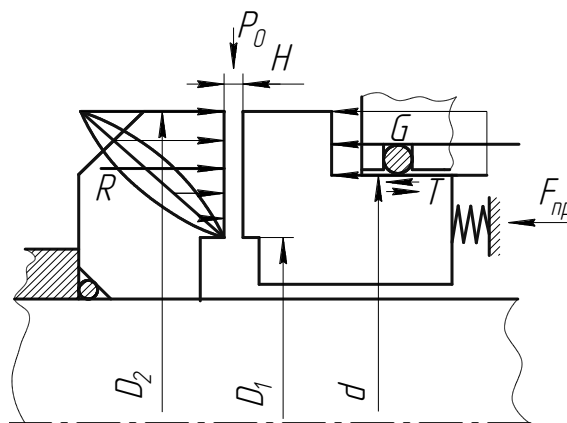


Рис. 1. Баланс сил, действующих на аксиально-подвижную втулку

Торцовое уплотнение (рисунок 2) рассматривается как сложная система [1], состоящая из корпуса 1, контактных колец 2 и 3, кольцо 2 которого связано через гильзу 4 с валом, а кольцо 3 через аксиально-подвижную втулку 5 с корпусом 1; пружин 6, для поджатия контакта; эластичных уплотнительных колец: аксиально-подвижных 7 и 8 и неподвижных 9 и 10 соединений; стояночного уплотнения 11 и др.

Предъявляемые к уплотнениям валов гидромашин требования, в связи с совершенствованием технологических процессов перекачки, все время повышаются. Требуется обеспечить надежную и длительную работу гидромашин при высоких напорах на заданных частотах вращения вала, с учетом агрессивности и абразивосодержания уплотняемой среды.

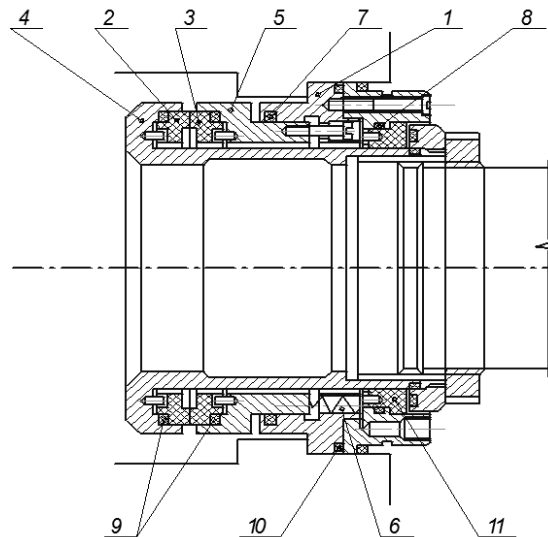


Рис. 2. Моноблочный вариант торцевого уплотнения с резервным узлом защиты

На надежность уплотнений при эксплуатации оказывают влияние различные факторы: конструктивное исполнение, качество изготовления деталей и сборки, режимы работы, рабочая среда, наличие диагностических средств, квалификация обслуживающего персонала и др. Обеспечение надежности уплотнений связано с технической диагностикой, которая позволяет выявить неисправности и возможные отказы уплотнений на ранних стадиях [2].

Следует выделять тестовое и функциональное диагностирование. Методы тестового диагностирования используются для оценки технического состояния отдельных элементов уплотнения и соответствия техническим условиям. Такая проверка выходных параметров уплотнений (гидравлическая плотность при рабочих давлениях и частоте вращения вала, температурный режим, триботехнические характеристики) проводится для новых, после изготовления и сборки уплотнений и уплотнений после ремонта, на стендах и после монтажа на насосах перед их вводом в эксплуатацию.

Методика стендовых испытаний уплотнений включает опрессовку уплотнений на давление, превышающее по величине рабочее в два раза, в течение пяти минут. На стендах уплотнения испытывают в маслах или в рабочих средах. Уплотнение считается выдержавшим испытание, если давление на манометре остается без изменения в течение заданного интервала времени. Во время опрессовки уплотнений периодически вал проворачивают от руки.

Динамические испытания (обкатка) проводятся при вращении вала с частотой, указанной в технических условиях. Испытания начинают при невысоких давлениях (0,1...0,5 МПа) уплотняемой среды. Время обкатки от 30 минут до одного часа.

В дальнейшем давление в испытательной головке стенда ступенчато повышают до рабочего (паспортного). Ведется оценка температурного режима уплотнения и утечки через уплотнение. Величина утечки уплотняемой среды не должна превышать указанную в технических условиях в течение двух часов обкатки.

Принципиальная схема стенда приведена на рисунке 3 а. Стенд включает испытательную головку 1, подшипниковый узел вала 2, электропривод 3, шестеренный насос 11, трубопроводы, регулирующие и измерительную аппаратуру.

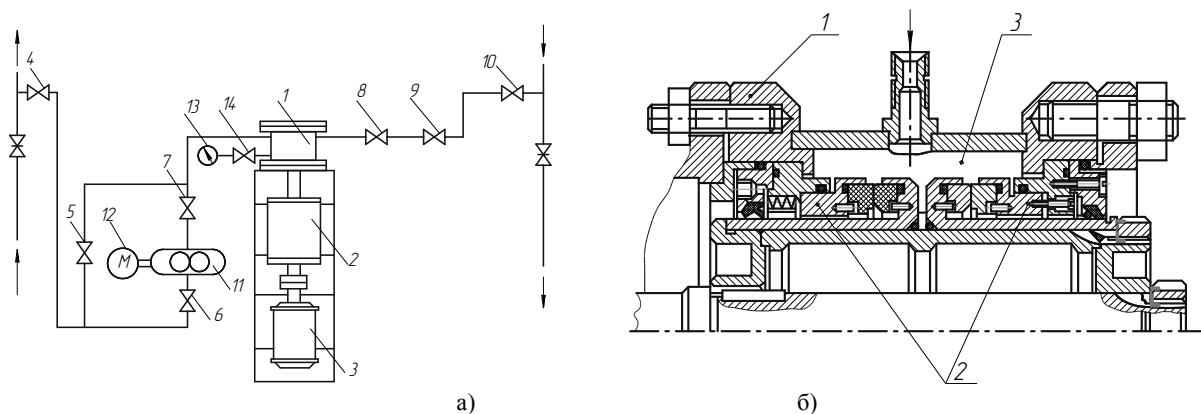
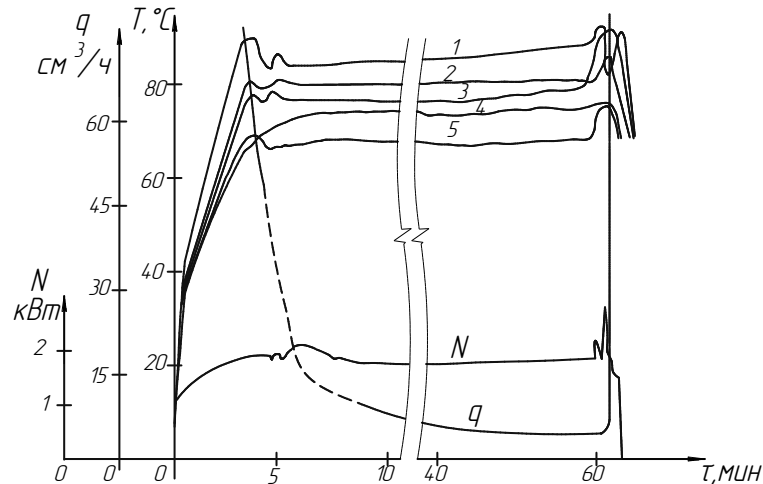


Рис. 3. а) схема стенда для испытаний торцевых уплотнений; б) испытательная головка

Головка станда обязана напорным и сливными трубопроводами (рисунок 3 б), на которых смонтированы запорные и регулирующие вентили. Давление уплотняемой среды в испытательной головке контролируется манометром 13. Температура уплотняемой среды контролируется термопарами на входе и выходе головки. Термопары установлены на контактных кольцах пар трения.

В испытательной головке 1 (рисунок 3 б) монтируются два торцовых уплотнения 2, обеспечивающие герметизацию рабочей камеры 3.

При испытаниях уплотнений на стенде получены температурные кривые, кривая утечки и мощности трения (рисунок 4). Температура на контакте пары трения первые 1...10 минут плавно повышается и стабилизируется на рабочем диапазоне температур 60...80 °С, а утечка за это время сокращается практически до нулевых значений.



- 1 – изменение температуры по внутреннему диаметру контакта; 2 – изменение температуры среды за уплотнением;
3 – изменение температуры около резинового уплотнения; 4 – изменение температуры по среднему диаметру контакта;
5 – изменение температуры по наружному диаметру контакта

Рис. 4. Изменение температуры T , °С, контактных колец уплотняемой среды, величины утечки q и мощности трения N во времени

При создании критических ситуаций (сокращение или отсутствие циркуляции уплотняемой среды в испытательной головке, повышение нагрузки на контакт) температура на контакте пары трения в начальный момент возрастает, а затем снижается. Объем утечки через контакт увеличивается, гидравлическая плотность уплотнения нарушается со снижением температуры. В случае разгерметизации аксиально-подвижного и неподвижного соединения в результате разрушения резиновых уплотнительных колец, температурный режим уплотнения не изменятся. Не оказывает влияния на температурный режим уплотнения поломка пружин, поводков и других деталей. Поэтому диагностика уплотнений по изменению температурного режима ненадежна. Определяющим диагностическим параметром рабочего состояния торцового уплотнения является величина утечки рабочей жидкости через уплотнение. Контроль по утечке жидкости осуществляет в системе аварийной защиты датчик-сигнализатор уровня утечки через уплотнение. При объеме утечки, превышаемом допускаемые значения, система защиты отключает насосный агрегат.

Список литературы

1. Голуб, В.М. Гидравлическая плотность контактной пары трения торцового уплотнения / В.М. Голуб, Ю.М. Плескачевский // Трение и износ. – 2001. – Т. 22. – № 3. – С. 271 – 277.
2. Голуб, В.М. Повышение износостойкости и герметичности контактных колец пар трения торцовых уплотнений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. / В.М. Голуб. – Гомель, ИММС имени В.А. Белого, 2002. – С. 22.

We consider technological methods to improve the reliability and durability of the shaft seals hydraulic machines, the results of their tests, technical diagnostics to ensure the timely performance of technical deviations from the regulations.