

Фалалеев С.В., Седов В.В., Мидюкин В.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

UNIFICATION OF THE DESIGN OF SEALS

Falaleev S.V., Sedov V.V., Midyukin V.V. In the report scientifically well-founded offers for choice the geometrical sizes of rings of seal are formulated. The unified number of pairs a friction is chosen. It is applicable to all superchargers of natural gas. Gasdynamik seal, friction pair, unification, the diametrical sizes.

В ОАО «ГАЗПРОМ» из более 4000 агрегатов различной мощности около 260 оборудованы системами газодинамических уплотнений (ГДУ) различных производителей (John Crane, Eagle-Burgmann, СНПО им. М.В. Фрунзе, НПФ «ГРЕЙС ИНЖИНИРИНГ», ООО «ЛНПК», ЗАО «ТРЭМ-Казань»), причем ГДУ имеют разные размеры пар трения. Создание ГДУ является высокотехнологическим и трудоёмким процессом. Разработка унифицированного ряда пар трения позволит существенно снизить сроки и стоимость проектирования ГДУ, так как разработка пары трения является наиболее трудоёмким этапом при проектировании.

При проектировании ГДУ необходимо задать первоначальные геометрические размеры пары трения для последующей их оптимизации. При этом необходимо учитывать следующие основные требования к уплотнениям: требуемая герметичность; высокая надежность; приемлемые динамические свойства; малые габариты и вес. Нами были конкретизированы требования к выбору геометрических размеров уплотнений:

1. Обеспечение баланса осевых сил в ГДУ;
2. Обеспечение баланса изгибающих моментов в ГДУ;
3. Обеспечение требуемых величины и формы уплотнительного зазора;
4. Обеспечение высокой жесткости газового слоя;
5. Обеспечение работоспособности вторичного уплотнения;
6. Обеспечение малых габаритов па-

ры трения;

7. Снижение влияния технологических допусков на геометрические размеры.

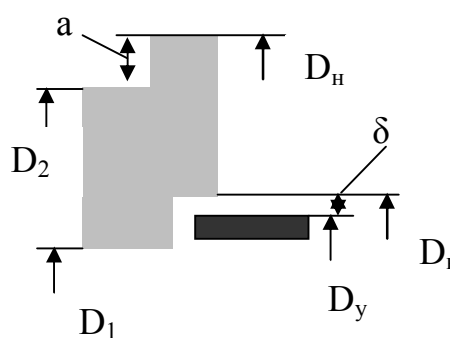


Рис.1. Схема графитового кольца

Для выбора диаметральных размеров графитового кольца (рис.) на предварительном этапе проектирования были сформулированы следующие критерии:

1. Геометрический критерий, представляющий собой коэффициент разгрузки пары трения $k = (D_2^2 - D_y^2) / (D_2^2 - D_1^2)$. Рекомендуемое значение параметра $k = 0,83 \dots 0,835$. При данных значениях обеспечивается высокая осевая жесткость газового слоя и многорежимность ГДУ.

2. Прочностной критерий, представляющий собой радиальную усадку графитового кольца в месте расположения вторичного уплотнения $\Delta r = \Delta p D_e D_n^2 / (E (D_n^2 - D_e^2))$. Рекомендуемое допустимое значение параметра $\Delta r = 0,75 \delta$, где δ – монтажный радиальный зазор между графитом и втулкой. В этом случае обеспечивается работоспособность вторичного уплотнения и подвижность графитового кольца. Следует учесть,

что $D_6 = D_y + 2\delta$, $D_n = D_2 + 2a$. Размер a необходим для размещения штифта от проворота и определяется конструктивно.

3. Газодинамический критерий, представляющий собой изгибную жесткость газового слоя $C_\theta = -\Delta M_{изз} / \Delta \theta = -\Delta M_{изз} \Delta r / \Delta h$. Рекомендуемое значение данного критерия – не менее 10^4 нм/рад. В этом случае будет обеспечен баланс изгибающих моментов на графитовом кольце, которое является самым слабым элементом пары трения, при минимальном искажении формы зазора. Также будут обеспечены приемлемые динамические характеристики ГДУ. Также при данном значении параметра будет сведено к минимуму влияние технологических допусков на геометрические параметры пары трения.

Предлагается следующий алгоритм определения диаметральных размеров пары трения.

1. По известному диаметру вала по конструктивным соображениям выбирается внутренний диаметр графитового кольца D_1 .

2. Проводится серия газодинамических расчетов пары трения и определяется ширина уплотнительной поверхности ($D_2 - D_1$), исходя из условия обеспечения рекомендуемого значения газодинамического критерия C_θ .

3. Выбрав значение геометрического критерия k , определяем (с учетом выражения $D_6 = D_y + 2\delta$) внутренний диаметр графитового кольца $D_6 = 2\delta + \sqrt{(D_2^2 - k(D_2^2 - D_1^2))}$.

4. Выбрав значение прочностного критерия Δr , рассчитаем минимальное значение $D_n = \sqrt{(\Delta r E D_6^2) / (\Delta r E - \Delta p D_6)}$. Далее проверяем условие $D_n = D_2 + 2a$.

Диаметральные размеры графитового кольца однозначно определяют диаметральные размеры узла ГДУ. Так, максимально возможный внутренний диаметр втулки вала $D_{вн.вал} = D_1 - 10$ мм. Минимально возможный наружный диаметр корпуса $D_{нар.корп.} = D_n + 7$ мм.

Таким образом, разработана научно обоснованная методика определения габаритных

размеров ГДУ на этапе предварительного проектирования.

Для случая использования ГДУ необходимо отметить, что стандартный ряд диаметров валов применяется только для посадочных мест под подшипники и определяется величиной передаваемого крутящего момента. Диаметры валов под установку уплотнений могут быть отличными по величине от диаметров под подшипники из-за конструктивных требований, например удобства монтажа или потребности упорных буртов.

Все посадочные размеры под ГДУ для отечественных нагнетателей, используемых в ОАО «Газпром», рассортированы по группам. За характерные размеры приняты диаметры вала под уплотнением. В качестве размера, ограничивающего группу, принят посадочный диаметр по корпусу ГДУ, который определяется конструктивно-технологическими возможностями создания пары трения.

Внутренний диаметр графитового кольца лимитируется диаметром вала, размером поперечного сечения резинового уплотнительного кольца по валу и толщиной роторных втулок и должен быть на 10 мм гарантированно больше диаметра вала.

Графитовое кольцо по наружному диаметру фиксируется от вращения штифтовым соединением. Диаметр штифтов выбирается из условий прочности графита на излом и износ. Учитывая необходимые зазоры и толщину корпусной втулки для установки штифта, получаем, что потребный посадочный диаметр по корпусу ГДУ должен быть на 7 мм больше наружного диаметра графитового кольца.

Проведенный анализ посадочных поверхностей под корпус ГДУ в существующих ГПА отечественного производства показал, что все они могут быть разбиты на четыре группы. С учетом этих данных с применением отработанной технологии проектирования был спроектирован унифицированный ряд пар трения ГДУ, который был изготовлен и успешно испытан.