

УДК 621.891.67

Д.И. Богданович, А.А. Волчик

(УО «Брестский государственный технический университет»)

Научный руководитель – В.М. Голуб, кандидат технических наук, доцент

РАСЧЕТ ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ С КОНТАКТНЫМИ КОЛЬЦАМИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

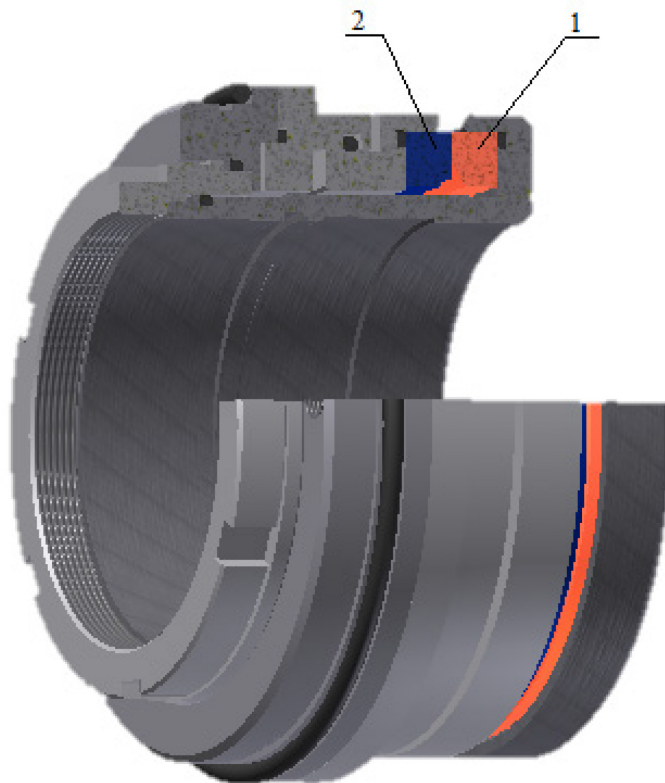
Произведено моделирование торцового уплотнения типа УТН-120С в среде Autodesk Inventor и получение оптимальной геометрии контактных колец трения, а так же создание надежного, удобного при монтаже и эксплуатации торцового уплотнения, обеспечивающего герметизацию вала при давлении в камерах уплотнений работающего насоса. Проведено исследование прочностных характеристик контактных колец из карбида вольфрама. А так же проведено сравнение с контактными кольцами из силицированного графита.

С развитием современного машиностроения требования, предъявляемые к уплотнительным устройствам, все время повышается. Важное значение имеет узел уплотнения нефтяных магистральных насосов. Бесперебойный транспорт нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам во многом зависит от надежной работы насосного агрегата и, в частности, наиболее ответственного узла центробежных магистральных насосов торцового уплотнения. Анализ работы насосного оборудования показывает, что число его отказов вследствие выхода из строя торцовых уплотнений в последние годы заметно снизилось [1].

Целью настоящей работы является моделирование торцового уплотнения типа УТН-120С в среде Autodesk Inventor и получение оптимальной геометрии контактных колец трения, а так же создание надежного, удобного при монтаже и эксплуатации торцового уплотнения, обеспечивающего герметизацию вала при давлении в камерах уплотнений работающего насоса.

Торцовое уплотнение включает основной рабочий узел уплотнения и резервный узел защиты от выброса нефти в насосное помещение.

На рисунке 1 представлена 3D модель торцового уплотнения типа УТН-120.



1 – кольцо неподвижное; 2 – кольцо вращающееся

Рисунок 1 – 3D модель торцового уплотнения типа УТН-120

Проведем исследование прочностных характеристик контактных колец в программе Autodesk Inventor. На рисунке 2 изображено сборка кольца из силицированного графита с кромкой из карбида вольфрама.

Контактное кольцо выполнено в виде сборки из двух частей, одна часть выполнена из силицированного графита, а в местах трения между кольцами сделана кромка из карбида вольфрама.



Рисунок 2 – Приложенная нагрузка в 3D модели контактных колец

На рисунке 3 изображено кольцо с приложенной на него нагрузкой.

Таблица 1 – Полученные результаты в Autodesk Inventor

Имя	Минимальная	Максимальная
Напряжение по Мизесу	0,639097 МПа	20,9775 МПа
1-ое основное напряжение	-12,4931 МПа	5,12405 МПа
3-е основное напряжение	-31,9058 МПа	0,575795 МПа
Смещение	0 мм	0,0010198 мм
Кoeff. запаса прочности	13,1474	15
Эквивалентная деформация	0,00000543419	0,000100696
Контактное давление	0 МПа	23,964 МПа

В результате полученных данных в программе можно сделать вывод что контактные кольца рассматриваемого исполнения являются наиболее благоприятными для использования.

Проведем исследование прочностных характеристик контактных колец из карбида вольфрама. Композиционные материалы и покрытия на основе смесей, состоящих из тонкодисперсных порошков карбида вольфрама и кобальта (ВК-6, ВК-8). А так же в качестве сравнения возьмём контактные кольца из силицированного графита и проведем сравнительный анализ. Под действием приложенного внешнего давления p контактное кольцо испытывает (рисунок 3):

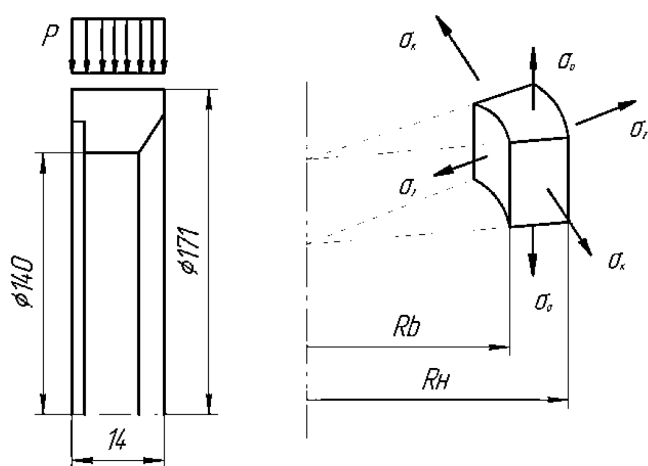


Рисунок 3 – Приложенные нагрузки

Проведем исследование прочностных характеристик контактных колец из карбида вольфрама. Композиционные материалы и покрытия на основе смесей, состоящих из тонкодисперсных порошков карбида вольфрама и кобальта (ВК-6, ВК-8). А так же в качестве сравнения возьмём контактные кольца из силицированного графита и проведем сравнительный анализ.

Свойства рассматриваемых материалов приведем в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства рассматриваемых материалов

Показатели	Силицированный графит		Карбид вольфрама	
	СГ-П	СГ-Т	ВК6	ВК8
Плотность, г/см ³	2,5	2,4	280-360	280-360
Предел прочности при сжатии, МПа	300-320	420-450	1550	1700
Предел прочности при изгибе, МПа	90-110	110-120	122-135	122-135
Модуль упругости при сжатии, МПа	95	127	280-360	280-360

Под действием приложенного внешнего давления p контактное кольцо испытывает (рисунок 3): радиальное напряжение

$$\sigma_z = -p \quad (1)$$

кольцевые растягивающие напряжения

$$\sigma_k = p \cdot \frac{R_b^2}{R_n^2 - R_b^2} \cdot \left(1 + \frac{R_n^2}{R^2}\right) \quad (2)$$

Осевые напряжения от расклинивающего давления на контакте

$$\sigma_0 \cong \frac{1}{2} \cdot p \quad (3)$$

На внутренней поверхности контактного кольца при $R = R_b$ кольцевые напряжения достигают максимума

$$\sigma_k = p \cdot \frac{R_n^2 + R_b^2}{R_n^2 - R_b^2} \quad (4)$$

Согласно теории наибольших нормальных напряжений расчет ведут по максимальному растягивающему напряжению. Условие прочности по этой теории выражается неравенством:

$$\sigma_k \leq [\sigma_p] \quad (5)$$

Расчет для контактного кольца сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет для контактного кольца

Давление p , МПа	Кольцевые растягивающие напряжения σ_k , МПа	Максимальный растягивающее напряжение $[\sigma_p]$, МПа	
		ВК-6	ВК-8
5	23,5	280-360	280-360
6	30,4		
7	35,5		
8	40,5		
9	45,6		
10	50,7		

Исходя из уравнения прочности, определим рабочее давление уплотняемой среды для композиционных материалов. Уравнение прочности имеет вид:

$$n \cdot \rho \cdot D_b \leq 2 \cdot \delta \cdot \sigma_1 \quad (6)$$

где δ – толщина стенки кольца;

$n = 1,15$ – коэффициент перезагрузки, значение которого принято с учетом пульсаций давления и динамической нагрузки контактного кольца;
 ρ – рабочее давления в камере уплотнения;
 σ_1 – расчетное сопротивление материала кольца;

$$\sigma_1 = \sigma_1^H \cdot k_1 \cdot m_1 \cdot m_2 \quad (7)$$

где σ_1^H – нормальное сопротивление растяжения, равное пределу прочности;
 $k_1 = 0,85$ – коэффициент однородности материала;
 $m_1 = 0,8$ – коэффициент условий работы материала при разрыве;
 $m_2 = 0,9$ – коэффициент условий эксплуатации.
 Из формулы 6 находим допустимое рабочее давление.

$$\rho_{\text{доп.}} \leq \frac{2 \cdot \delta \cdot \sigma_1}{n \cdot D_b} \quad (8)$$

Для колец торцового уплотнения из карбида вольфрама (ВК-6):

$$\rho_{\text{доп.}} = \frac{2 \cdot 0,0155 \cdot 280 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{1,15 \cdot 0,14} = 32,99 \text{ МПа.}$$

Для колец торцового уплотнения из карбида кобальта (ВК-8):

$$\rho_{\text{доп.}} = 32,99 \text{ МПа.}$$

Произведем сравнение карбида вольфрама с силицированным графитом. По формуле 6 рабочее давление для силицированного графита СГ-П равно $\rho_{\text{доп.}} = 2,83$ МПа и СГ-Т равно $\rho_{\text{доп.}} = 3,54$ МПа [2].

Можно сделать вывод что, контактные кольца из силицированного графита следует применять при давлении не более 3,5 МПа, что неудовлетворительно для современных магистральных трубопроводов, в которых максимальное давление может достигать 10 МПа. Торцовые уплотнения с контактными кольцами из композиционного материала на основе карбида вольфрама являются наиболее благоприятными для использования, так как применение данного материала позволяет выдерживать рабочие давления до 32 МПа.

Список литературы

1. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник. / Л.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.В. Гордеев и др. Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1994. – 448 с.
2. Голуб М.В. Отчет по научно-исследовательской работе. Исследование условий работы уплотнений нефтяных магистральных насосов, обоснование параметров уплотнений. Брест, 1986.

Modeling of UTN-120C end seal in Autodesk Inventor environment and obtaining the optimal geometry of contact friction rings, as well as creation of reliable mechanical seal, ensuring the sealing of the shaft at the pressure in the chambers of the seals of the operating pump, is ensured. The strength characteristics of the contact rings of tungsten carbide are studied. As well as a comparison with contact rings made of siliconized graphite.

УДК 674.8

В.Л. Воцило

(УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»)

Научный руководитель – Г.Я. Мусафирова, кандидат технических наук, доцент

ТОПЛИВНЫЕ ГРАНУЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МДФ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ КЛЕЕМ УНИВЕРСАЛЬНЫМ «EMCOL»

Разработаны составы топливных гранул на основе отходов МДФ модифицированные клеем универсальным «Emcol», что позволило утилизировать мелкодисперсные отходы МДФ и улучшить технические характеристики модифицированных пеллет по сравнению с немодифицированными.

В работе показано, что предел прочности при сжатии топливных пеллет, модифицированных клеем универсальным увеличивается на 50-60 % по сравнению с гранулами немодифицированными, что объясняется повышением адгезионных свойств древесных частиц за счёт клевого компонента и давления запрессовки. Сорбционная влажность модифицированных пеллет уменьшилась на 38-40 %, по сравнению с гранулами немодифицированными, истинная плотность модифицированных