

процесса измельчения: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д. В. Семененко; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2014. – 20 с.

3. Вайтехович П.Е., Боровский Д.Н. Разрушающее воздействие мелющих тел в горизонтальной планетарной мельнице при различных способах обкатки помольных барабанов / П.Е. Вайтехович, Д.Н. Боровский // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2019. – № 2. – С. 3–6.

4. Вайтехович П.Е. Определение скорости движения технологических машин планетарного типа / П.Е. Вайтехович, Н.Н. Сидоров // Труды БГТУ. Сер. химии и технологии неорганич. Вып. 12. – 2004. – С. 28–35.

5. Вайтехович П.Е. Определение основных параметров эффективного планетарного смесителя / П.Е. Вайтехович, Г.М. Хвесько, Д.Н. Боровский, Д.В. Семененко // Труды БГТУ. Серия 2. Химические технологии, биотехнология и геоэкология. – 2019. – №2 (223). – С. 114–119.

УДК 620.178.162

Ю. Я. Жепицкий, маг. (ОАО «Гродно Азот»);  
П. С. Гребенчук, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

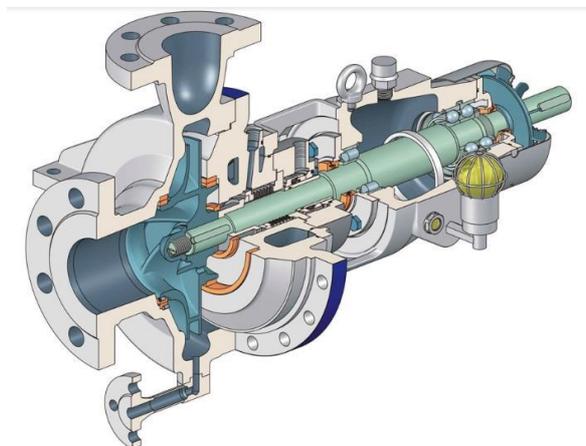
## **ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНОСА ВКЛАДЫШЕЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ НАСОСОВ**

Повысить рабочий ресурс узлов трения в гидродинамическом оборудовании можно с помощью замены применяемого антифрикционного материала на более эффективный. Ранее [1, 2] были рассмотрены физические закономерности процессов изнашивания и подходы к оценке их интенсивности.

Далее был проведен расчет ресурса подшипников скольжения по методике [3] и экспериментальные исследования интенсивности износа вкладышей из трех различных антифрикционных материалов. Здесь остановимся на данных экспериментальных исследований и сделаем вывод по целесообразности использования того или иного материала для вкладышей подшипников скольжения химических насосов.

Изучение условий работы подшипников скольжения производилось на трёх одинаковых по техническим параметрам центробежных электронасосных агрегатах (рисунок 1), которые находятся в цехе “Циклогексанон-2” на ОАО “ГродноАзот”. В качестве смазки, которой является сама перекачиваемая жидкость, при проведении экспе-

римента по исследованию работоспособности подшипников скольжения, использовалась эмульсия в виде циклогексана и циклогексанола.



**Рисунок 1 – Исследуемый центробежный электронасосный агрегат**

Эксперимент проходил при постоянных условиях работы трёх насосов, в каждом из которых установлены по два подшипника скольжения, и применялся различный материал вкладыша подшипника и скользящего кольца. На первом агрегате в два подшипника скольжения были запрессованы вкладыши и установлены скользящие кольца из антифрикционного материала суперфлувис 10+; на втором агрегате – из антифрикционного материала флубон -ЛО; на третьем агрегате – из антифрикционного материала суперфлувис +.

Три вышеизложенных материала до эксперимента были погружены в ёмкость с эмульсией из циклогексанона-циклогексанола в лабораторных условиях на семь дней для подтверждения, что данная агрессивная среда практически не воздействует на материалы, и это было подтверждено визуально и весовым методом.

Эксперимент проходил в четыре этапа, между которыми 2160 часов работы насосов, так как межремонтный период по графику планово – предупредительных ремонтов на данные центробежные насосы составляет: текущий – 2160 ч, капитальный – 17280 ч. В общем насосы на экспериментальных материалах подшипников наработали 8640ч, при этом каждые насосы разбирались четыре раза в текущий ремонт, тогда и производились замеры вкладышей подшипников скольжения в шести различных точках внутреннего диаметра, так как износ вкладыша происходит неравномерно [4]. Из шести точек замеров принималось среднее значение.

Также производились замеры посадочного места на валу – размеры всё время оставались прежними. Таким образом, износом на валу можно пренебречь. Замеры производились поверенным, высоко-

точным, индикаторным электронным нутромером НИЦ-ПТ 35-50 с точностью отсчёта 1 мкм производства ЧИЗ (Челябинский Инструментальный Завод).

Произведя визуальный осмотр вкладышей из фторопластовых антифрикционных материалов после 6480 часов работы насосных агрегатов, видно, что вкладыши из материала суперфлувис+ (рис. 2, а) износились меньше всех остальных материалов. Несмотря на это, можно сказать, что материалы из суперфлувис 10+ (рис. 2, б) и флу-бон-ЛО (рис. 2, в) также неплохо себя показали в работе трущейся пары насоса.

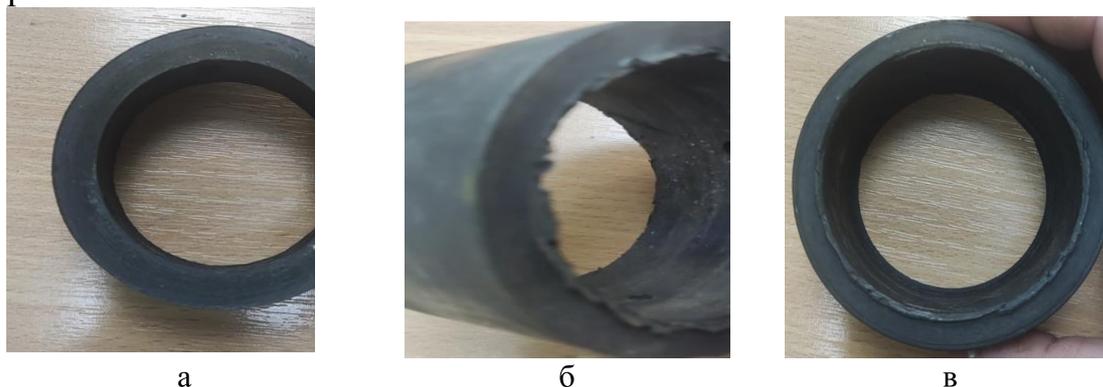


Рисунок 2 – Степень износа вкладышей после 6480 часов работы:  
а) суперфлувис+; б) суперфлувис 10+; в) флу-бон-ЛО.

Результаты замеров вкладышей нутромером представлены в виде графических зависимостей внутреннего диаметра вкладышей от времени работы (рисунок 3).

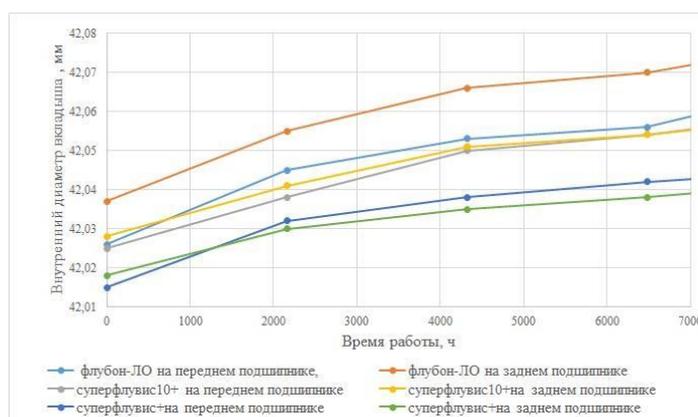


Рисунок 3 – Зависимости износа материала вкладышей от времени работы

Также была определена средняя скорость износа как результат интегрирования функций усреднённых значений до точки перегиба [3]. По расчётным данным видно, что наибольший ресурс  $R_h = 6591$  ч у подшипника скольжения со вкладышем из антифрикционного материала суперфлувис +. Также у этого материала скорость изнашивания поверхностей трения минимальная и составляет  $v_w = 2,988 \cdot 10^{-13}$  м/с.

Для сравнения, у подшипника скольжения со вкладышем из антифрикционного материала флубон-ЛО ресурс равен 3769ч и скорость изнашивания поверхностей трения равна  $5,225 \cdot 10^{-13}$  м/с и у подшипника скольжения со вкладышем из антифрикционного материала суперфлувис 10+ ресурс равен 4083ч и скорость изнашивания поверхностей трения равна  $4,823 \cdot 10^{-13}$  м/с.

Таким образом, имея минимальную скорость изнашивания и большой ресурс, вкладыши из антифрикционного материала суперфлувис + подходят для применения их в подшипниках скольжения на центробежном электронасосном агрегате, который перекачивает эмульсию (циклогексанон, циклогексанол) в колонну ректификации. Оригинальные вкладыши из вольфрам карбида кремния из практики “выхаживают” в среднем 1,5–2 года, являются очень дорогостоящими и труднодоступны для закупки.

Вкладыши из антифрикционного материала суперфлувис +, исходя из экспериментальных данных, работают 9 месяцев. Полное производство вкладыша, а именно изготовление материала и протачивание в размер осуществляется на ремонтно-механическом цеху ОАО “ГродноАзот”. Следовательно, можно сделать вывод о целесообразности применения данного материала для изготовления элементов подшипников, работающих в вышеозначенном и подобных химических производствах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жепицкий, Ю.Я. Механизмы износа элементов химического оборудования и способы его оценки / Ю.Я. Жепицкий, П.С. Гребенчук // Химическая технология и техника : материалы 87-й науч.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 31 января – 17 февраля 2023 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 92–95.

2. Жепицкий, Ю.Я. Выбор и применение подшипниковых узлов на динамическом оборудовании / Ю.Я. Жепицкий, П.С. Гребенчук // Нефтегазохимия – 2023: материалы VI Междунар. науч.-техн. форума по хим. технологиям и нефтегазоперераб., Минск, 1–3 ноября 2023 г. – Минск : БГТУ, 2023. – С. 216–220.

3. Чернин, И.М., Расчёты деталей машин. / И.М. Чернин, А.В. Кузьмин, Г.М. Ицкович. // Минск. “Высшая школа” – 1974. 496 с.

4. Анурьев, В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: в 3-х т.: Т. 2.–Изд. 9-е, перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. –М.: Машиностроение, 2006.–912 с.