

Исследование трибологических свойств подшипников скольжения из стеклоэпоксидного материала

Прожега М.В., Смирнов Н.Н., Лешаков И.А., Волченкова П.Н.

Аннотация

В работе изучено влияние антифрикционных добавок на трибологические свойства подшипников скольжения из стеклоэпоксидного материала. Испытания проводились на специализированном стендовом оборудовании по схеме «вал-втулка» при комнатной температуре при возвратно-вращательном движении контробразца по неподвижному образцу с максимальным углом поворота контробразца 52° и частотой вращения до 0,5 Гц. В исследовании проанализированы результаты испытаний экспериментальных образцов при различных режимах нагружения.

Материалы и методика испытаний

Испытания на трение и износ проводили на специально разработанной машине трения шарнирного типа «ИМАШ-ШАРНИР». Кинематическая схема машины трения представлена на рис. 1а. Усилие на образец подавали с помощью пневмоцилиндра 1 и рычага 2. Образец 3 устанавливали в обойму 4, на которую передавалась сила N. Контробразец 5 устанавливали на вал, совершающий возвратно-вращательное движение с частотой ω. Стенд снабжен камерой 6 для испытаний в жидкости. При испытаниях регистрировали коэффициент трения f, силу N, износ h и температуру жидкости T. Износ сопряжения «вал-втулка» измеряли в процессе опыта с помощью датчика перемещения 7, рис. 1б. Датчик позволяет измерять износ сопряжения вал-втулка по линии действия силы N. Удельное давление рассчитывалось по формуле:

$$p = \frac{N}{d \cdot l},$$

где d – внутренний диаметр образца, l – длина образца.

Для определения износостойкости исследуемых пар трения провели серию испытаний в воде при комнатной температуре и удельном давлении p=8,3 МПа с частотой вращения ω = 0,25 Гц. По результатам этих опытов рассчитывали скорость изнашивания I, формула 1, которая позволяет оценить удельную величину износа за один период колебаний шарнира. Эта величина может использоваться конструкторами при расчете ресурса подшипника при работе в реальном узле агрегата.

$$I = \frac{h}{n},$$

где n – количество циклов поворота шарнира при испытаниях.

Опытный образец представлял из себя втулку из стеклоэпоксидного материала, рис. 1 (г, е). Проводили испытания трех типов образцов с различными антифрикционными добавками в составе: ПТФЭ в виде муки или гранул, а также графита. Базовый СК имеет следующий состав: эпоксидно-диановая смола – 100 г, стеклоткань – 15 г, полиэтиленполиамин – 15÷20 г и дибутилфталат – 10 г в расчете на один образец. В качестве контробразца использовали втулку из нержавеющей стали X18H10T, рис. 2 (в, д).

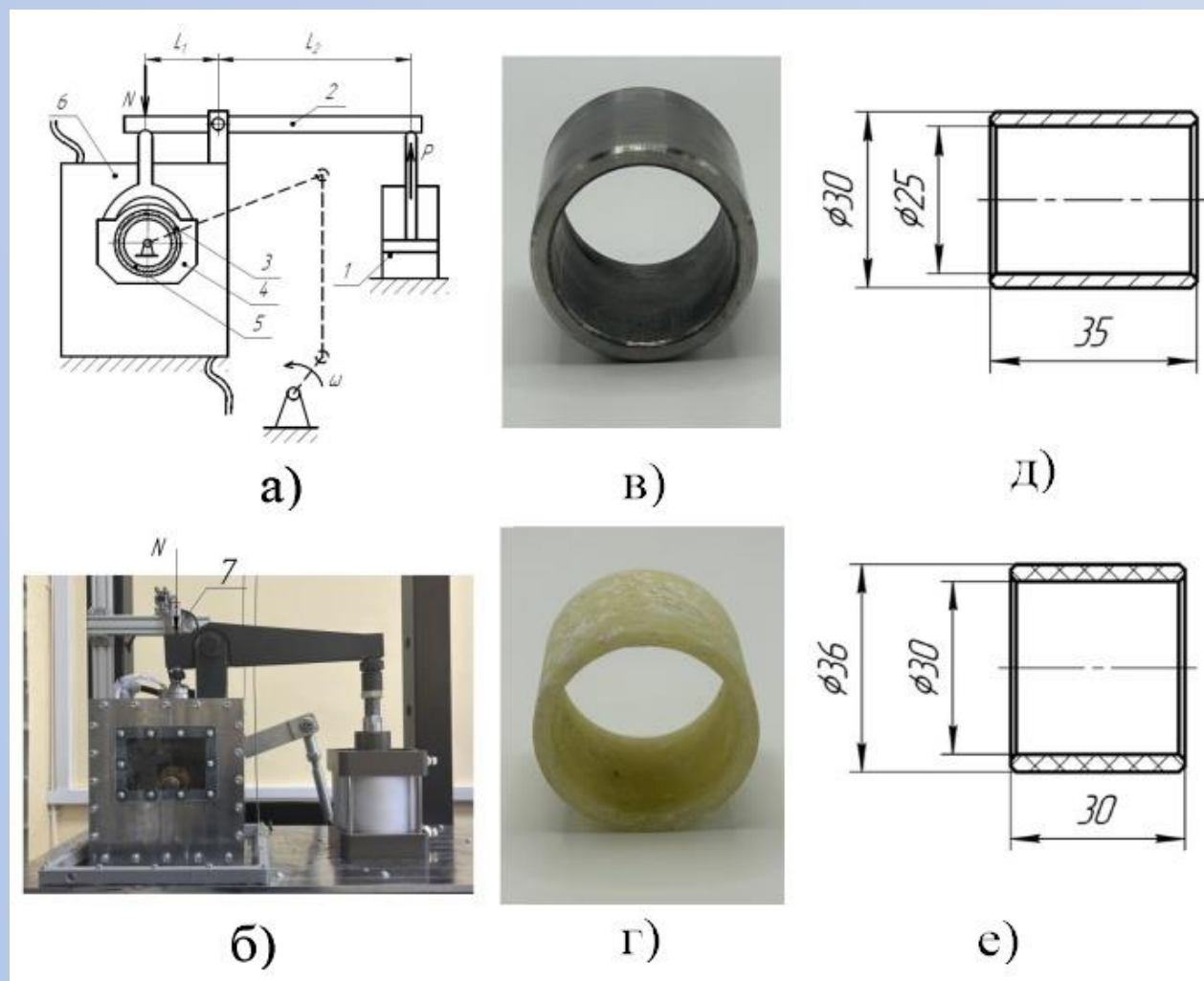


Рис.1 Кинематическая схема стенда (а) и внешний вид камеры для испытаний (б) машины трения «ИМАШ - ШАРНИР». Чертежи и фото контробразца (в и д соответственно) и образца (г и е соответственно)

Табл. 1 Режимы испытаний

№ режима	Сила N, кН	Удельное давление p, МПа	Среда	Длительность, мин
1	2,5	2,7	Воздух	30
2			Вода	
3	7,5	8,3	Воздух	180
4			Вода	240

Результаты

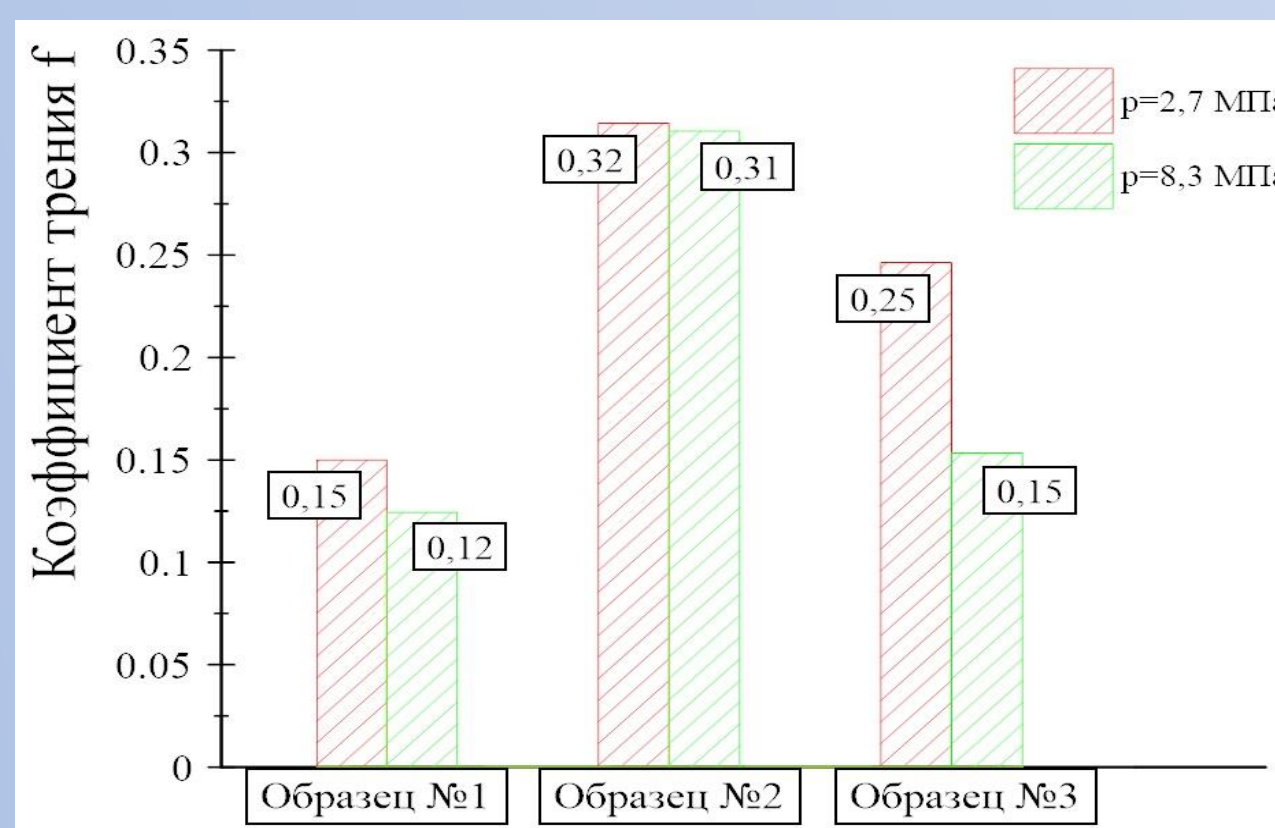


Рис. 2 Коэффициент трения f при сухом трении и удельном давлении 2,7 и 8,3 МПа

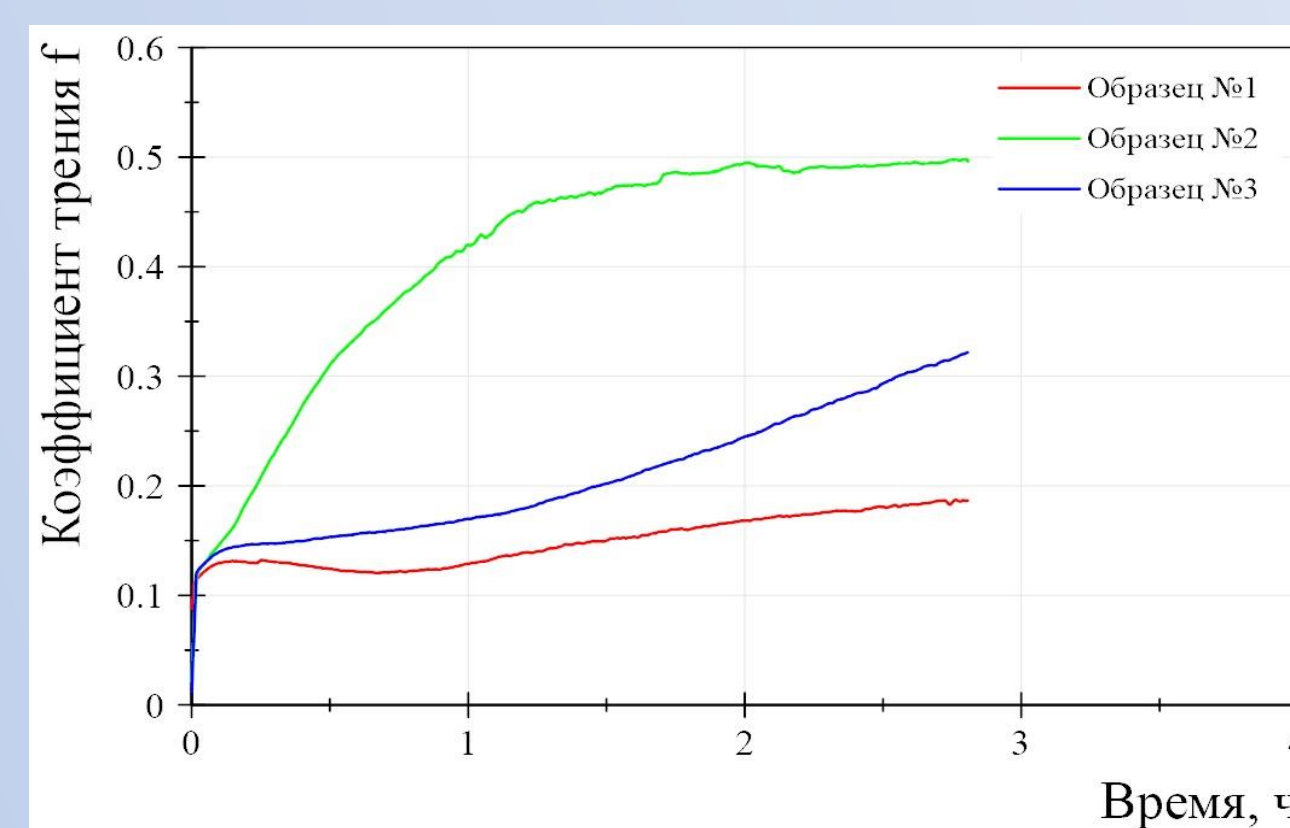


Рис. 3 Сравнительные графики f(t) при сухом трении и удельном давлении 8,3 МПа

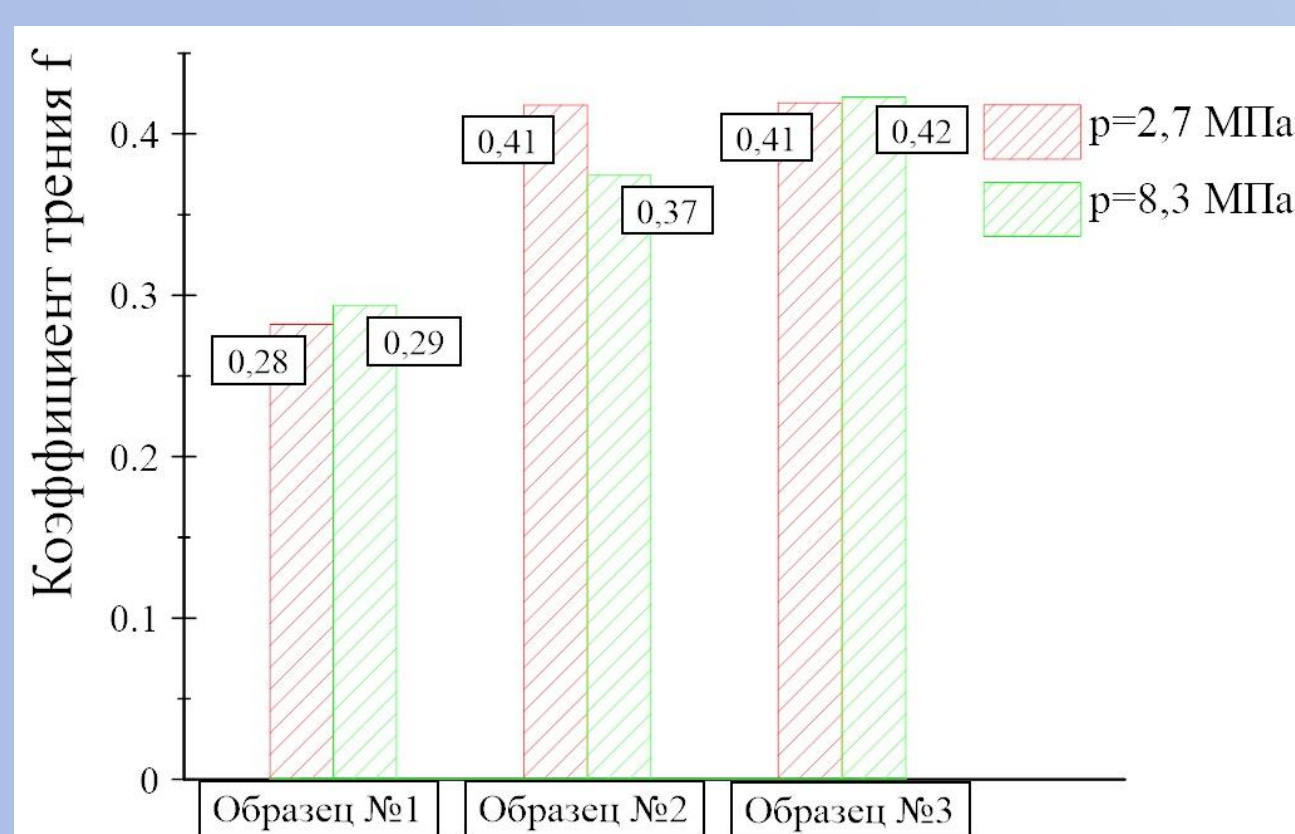


Рис. 4 Коэффициент трения f при трении в воде и удельном давлении 2,7 и 8,3 МПа

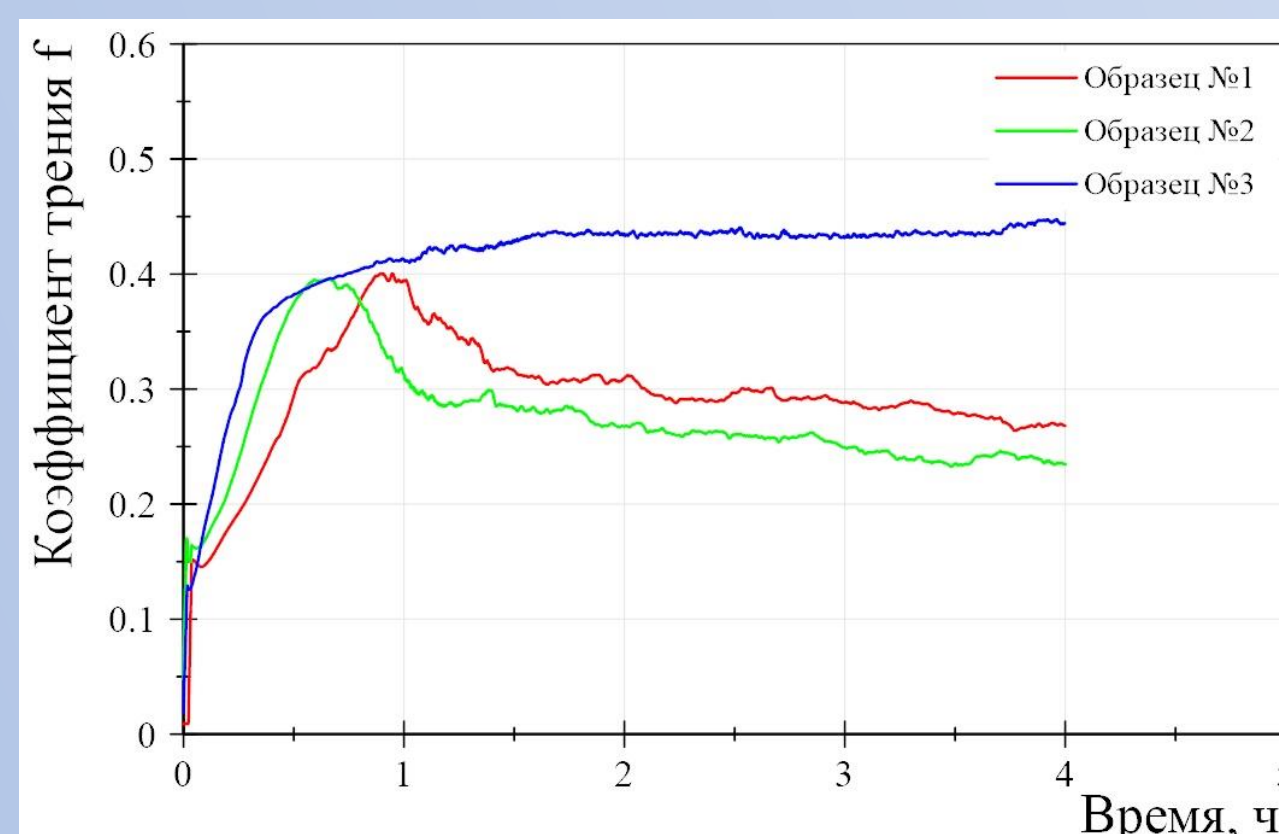


Рис. 5 Сравнительные графики f(t) при трении в воде и удельном давлении 8,3 МПа

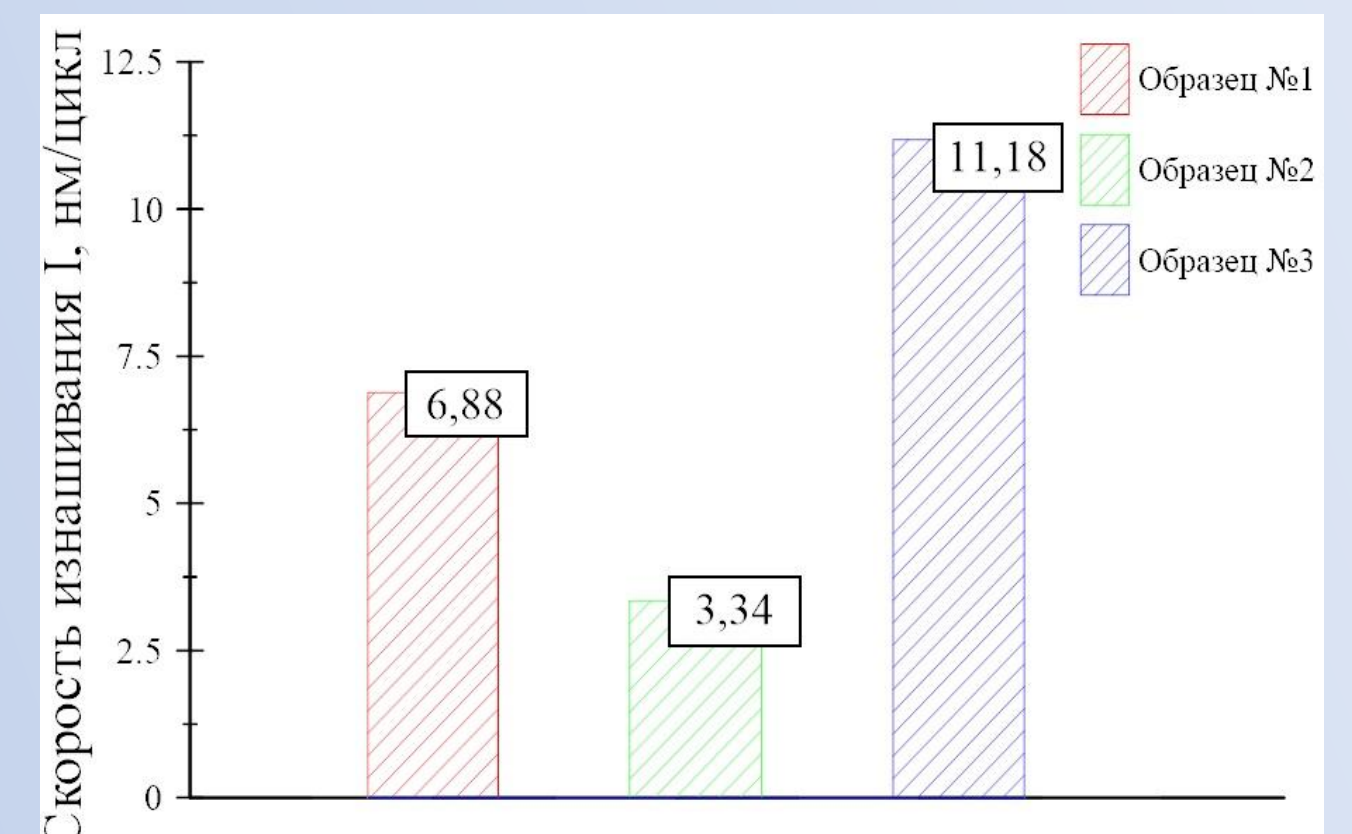


Рис. 6 Результаты испытаний на износ при трении в воде и удельном давлении 8,3 МПа

Выводы

- Добавка ПТФЭ в виде муки в объеме 30 г смеси благоприятно сказывается на коэффициенте трения шарнирного подшипника скольжения при работе на воздухе и в воде в диапазоне нагрузок 2,7...8,3 МПа и частоте вращения до 0,5 Гц.
- Коэффициент трения образца №1 имеющего в своем составе ПТФЭ в виде муки в объеме 30 г при в сухом трении при длительных испытаниях (до 3 часов) и больших нагрузках (8,3 МПа) не превышает значение f=0,2.
- Использование добавки в виде гранул приводит к повышению коэффициента трения и снижению износостойкости шарнирного подшипника скольжения из стеклоэпоксидного композиционного материала в диапазоне нагрузок 2,7...8,3 МПа, частоте вращения до 0,5 Гц, работающего при сухом трении и в воде.
- Добавка в виде муки ПТФЭ (40 г) и графита (10 г) изменяет кинетику коэффициента трения подшипника скольжения. В указанных условиях коэффициент трения образца №3 монотонно возрастает вне зависимости от величины нагрузки и среды. Зафиксированное пониженное значение скорости изнашивания образца №3 при сухом трении требует дополнительного подтверждения и исследований.